

APLICACIÓN DEL LEAN CONSTRUCTION DENTRO DE LA GUÍA PMBOK, INCORPORADO EN BIM

AUTOR/A:

Cinta Ruiz Arias

TUTOR ACADÉMICO:

Fernando José Cos-Gayón López

[Departamento: Construcciones Arquitectónicas]

Máster en Edificación, especialidad en Gestión

ETS de Ingeniería de Edificación

Universitat Politècnica de València

Curso 2016-17



RESUMEN

Muchos autores aseguran la incompatibilidad de Lean Construction con Project Management, debido a las grandes diferencias que existen entre ellas, pero la realidad es que se aprecian muchas similitudes. En este Trabajo Final de Máster se pretende hacer una conexión entre la filosofía Lean Construction y los principios del Project Management, unificándolos sus puntos en común e incorporándolo en el modelado de información para la edificación (BIM, Building Information Modeling).

Al inicio de esta tesina se plantea un Estado del Arte, donde se profundiza y se desarrolla las tres metodologías, definiendo todas las herramientas a utilizar en cada una de ellas. En primer lugar se definirá y desarrollará el Building Information Modeling, posteriormente la Guía Project Management Body of Knowledge (PMBOK GUIDE), y finalmente la filosofía Lean Construction. Una vez descrito todas ellas, se introducirán las herramientas de Lean dentro de las Áreas de Conocimiento de la Guía PMBOK, conservando algunas herramientas tradicionales de Project Management, y todo ello incluido en BIM. En la parte experimental del Trabajo se desarrollará la nueva metodología aplicándolo a un caso práctico, para su posterior análisis. Una vez obtenidos los resultados de este estudio, se especificará las pertinentes conclusiones y futuras líneas de investigación.

PALABRAS CLAVE

PMBOK, BIM, Lean Construction, Áreas de conocimiento, Gestión, Valor, Éxito, eliminar desperdicios, herramientas tradicionales, dimensiones BIM.

ABSTRACT

Many authors assure the incompatibility of Lean Construction with Project Management, due to the great differences that exist between them, but the reality is that many similarities are appreciated between them. In this Final Master's Work, a connection is made between the Lean Construction philosophy and the principles of Project Management, unifying their points in common and incorporating it into Building Information Modeling (BIM).

At the beginning of this thesis a state of the art is posed, where the three methodologies are deepened and developed, defining all the tools to be used in each one of them. First, the Building Information Modeling, later the Project Management Body of Knowledge Guide (PMBOK GUIDE), and finally the Lean Construction philosophy will be defined and developed. Once all of them have been described, the Lean tools will be introduced into the PMBOK Knowledge Areas, retaining some traditional Project Management tools, all included in BIM. In the experimental part of the Work the new methodology will be developed applying it to a practical case, for its later analysis. Once the results of this study are obtained, the relevant conclusions and future lines of research will be specified.

KEY WORDS

PMBOK, BIM, Lean Construction, Areas of knowledge, Management, Value, Success, eliminate waste, traditional tools, BIM dimensions.

RESUM

Molts autors asseguren la incompatibilitat de Lean Construction amb Project Management, a causa de les grans diferències que existeixen entre elles, però la realitat és que s'aprecien moltes similituds. En aquest Treball Final de Màster es pretén fer una connexió entre la filosofia Lean Construction i els principis del Project Management, unificant els seus punts en comú i incorporant-lo en el modelatge d'informació per a l'edificació (BIM, Building Information Modeling).

A l'inici d'aquesta tesina es planteja un Estat de l'Art, on s'aprofundeix i es desenvolupa les tres metodologies, definint totes les eines a utilitzar en cadascuna d'elles. En primer lloc es definirà i desenvoluparà el Building Information Modeling, posteriorment la Guia Project Management Body of Knowledge (PMBOK GUIDE), i finalment la filosofia Lean Construction. Una vegada descrit totes elles, s'introduiran les eines de Lean dins de les Àrees de Coneixement de la Guia PMBOK, conservant algunes eines tradicionals de Project Management, i tot això inclòs en BIM. A la part experimental del Treball es desenvoluparà la nova metodologia aplicant-lo a un cas pràctic, per al seu posterior anàlisi. Una vegada obtinguts els resultats d'aquest estudi, s'especificarà les pertinents conclusions i futures línies d'investigació.

PARAULES CLAU

PMBOK, BIM, Lean Construction, Àrees de coneixement, Gestió, Valor, Èxit, eliminar deixalles, eines tradicionals, dimensions BIM.

“En la vida el trabajo una vez se va y otras veces vuelve, pero siempre está ahí, en cambio las personas no, las personas nos vamos en algún momento de nuestra vida y no volvemos”

A Mercedes Arias Tomás

AGRADECIMIENTOS

Mi especial y gran agradecimiento a mi Tutor Fernando José Cos-Gayón López, por su grandísimo apoyo, interés, dedicación, consejos, y por brindarme la oportunidad de realizar este Trabajo Final de Máster. Agradecerle también todos los conocimientos que gracias a él he aprendido, tanto los de las asignaturas del Máster de Gestión de la Edificación, como los adquiridos durante mi periodo de trabajo del TFM.

También quiero agradecer a todos los profesores del Máster por todo lo que me han enseñado, ya que sin sus conocimientos, no habría podido realizar este Trabajo Final de Máster.

ACRÓNIMOS UTILIZADOS

- AC:** Coste Real
- AEC:** Certificación de Profesionales de Calidad
- AIA:** American Institute of Architects
- AOA:** Actividad en Flecha
- AON:** Actividad en Nodo
- BAC:** Presupuesto hasta la conclusión
- BEP:** BIM Execution Plan
- BIM:** Building Information Modeling
- BM:** BIM Manager
- BMO:** BIM Management Office
- BSSCH:** BuildingSMART Spanish Chapter
- CC:** Comienzo-Comienzo
- CCB:** Comité de Control de Cambios
- CCM:** Critical Chain Management
- CF:** Comienzo-Final
- COQ:** Coste de Calidad
- CPAF:** Contrato de Coste Más Honorarios por Cumplimiento de Objetivos
- CPFF:** Contrato de Coste Más Honorarios Fijos
- CPI:** Índice de Desempeño del Coste
- CPIF:** Contrato de Coste Más Honorarios con Incentivos
- CPM:** Critical Path Method
- CPTP:** Coste Programado del Trabajo Previsto
- CPTR:** Coste Programado del Trabajo Realizado
- CRTR:** Coste Real del Trabajo Realizado
- CV:** Variación del Coste
- DP:** Desviación de Programa
- EAC:** Estimate at completion
- EDC:** Estructura de Desagregada de Costes
- EDO:** Estructura de Desagregada de la Organización

EDR: Estructura de Desagregada de Recursos

EDT: Estructura Desagregada de Tareas

ETC: Coste estimado para terminar

EV: Valor Ganado

EVM: Earned Value Management

FC: Final-Comienzo

FF: Final-Final

FFP: Contrato de Precio Fijo Cerrado

FMEA: Análisis de modos de fallo y efectos

FP-EPA: Contrato de Precio Fijo con Ajuste Económico de Precio

FPIF: Contratos de Precio Fijo más Honorarios con Incentivos

FTA: Análisis de árbol de fallos

ID: Identificador de la Actividad

IFB: Invitación a licitación

IFC: Industry Foundation Classes

IPD: Integrated Project Delivery

IRC: Índice de Rendimiento de Coste

IRCP: Índice de Rendimiento Coste/Programa

IRP: Índice de Rendimiento de Programa

ITE: Inspección Técnica de Edificios

IVE: Instituto Valenciano de la Edificación

JAD: Sesiones conjuntas de desarrollo/diseño de aplicaciones

LBMS: Location-Based Management System

LBS: Based Scheduling Scheduling

LOB: Line of Balance

LOD: Level Of Detail

LOI: Nivel de Información del Modelo

LPDS: Lean Project Delivery System

LPDS: Lean Project Delivery System

LPS: Las Planner System

MOUs: Memorandos de entendimiento

OBS: Estructura de Desglose de la Organización

OEE: Overall equipment effectiveness

PAC: Porcentaje de Actividades Completadas

PAS 1192-2: Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling

PDM: Precedence Diagram Method

PDPC: Gráficas de programación de decisiones de proceso

PERT: Project Evaluation and Review Techniques

PM: Project Manager

PMB: Línea base para la medición del desempeño

PMBOK: Project Management Body of Knowledge

PMI: Project Management Institute

PMIS: Información para la Dirección de Proyectos

PMO: Project Management Office

PPC: Porcentaje de Programa Cumplido

PV: Valor Planificado

QFD: Quality Function Deployment

RACI: Persona responsables de ejecutar una tarea

RAM: Matriz de asignación de responsabilidades

RBS: Resources Breakdown Structure

RFI: Solicitud de información

RFP: Solicitud de propuesta

RFQ: Solicitud de cotización

SLA: Acuerdos de Nivel de Servicio

SMED: Single Minute Exchange of Die

SMEs: Expertos en la materia

SOW: Enunciado del Trabajo Relativo a Adquisiciones

SPI: Índice de Desempeño del Cronograma

SUP: Sistema de Último Planificador

SV: Variación del Cronograma

TCPI: Índice de Desempeño del Trabajo por Completar

TCPI: Índice desempeño a la terminación

TPM: Total Productive Maintenance

TPS: Toyota Production System

VAC: Variación a la terminación

VOC: Voz del Cliente

VSM: Value Stream Mapping

WBS: Work Breakdown Structure

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	1
RESUM	2
AGRADECIMIENTOS.....	5
ACRÓNIMOS UTILIZADOS	6
1. OBJETIVO Y PLANTEAMIENTO	15
1.1. INTRODUCCIÓN	15
1.2. OBJETIVOS	16
1.3 ALCANCE Y DELIMITACIONES	17
2. ESTADO DEL ARTE.....	19
2.1. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM).....	19
2.1.1. DEFINICIÓN.....	19
2.1.3. LAS DIMENSIONES DEL BIM.....	25
2.1.4. LOS ROLES DEL BIM	29
2.2. PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE (PMBOK).....	31
2.2.1. DEFINICIÓN.....	31
2.2.2. ORGANIZACIÓN DE UN PROYECTO.....	32
2.2.3. EQUIPO DEL PROYECTO.....	33
2.2.4. CICLO DE VIDA DEL PROYECTO.....	34
2.2.5. GRUPO DE PROCESOS DE DIRECCIÓN DE PROYECTOS	35
2.2.5.1. Grupo de Procesos de Inicio	35
2.2.5.2. Grupo de procesos de Planificación	36
2.2.5.3. Grupo de procesos de Ejecución	36
2.2.5.4. Grupo de procesos de Seguimiento y Control.....	37
2.2.5.5. Grupo de procesos de Cierre.....	37
2.2.6. ÁREAS DE CONOCIMIENTO DE DIRECCIÓN DE PROYECTOS	38
2.2.6.1. Gestión de integración del proyecto	41
2.2.6.2. Gestión del alcance del proyecto	53
2.2.6.3. Gestión del tiempo del proyecto	67
2.2.6.4. Gestión de costes del proyecto	90
2.2.6.5. Gestión de la calidad del proyecto	104
2.2.6.6. Gestión de recursos humanos del proyecto.....	114
2.2.6.7. Gestión de comunicaciones del proyecto	126
2.2.6.8. Gestión de riesgos del proyecto	133
2.2.6.9. Gestión de adquisiciones del proyecto.....	152

2.2.6.10. Gestión de interesados del proyecto	164
2.3. LEAN CONSTRUCTION.....	173
2.3.1. SISTEMA LEAN. DEFINICIÓN	173
2.3.2. ORIGEN DEL SISTEMA LEAN: EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN TOYOTA	173
2.3.3. LOS PRINCIPIOS LEAN	174
2.3.5. ¿QUÉ ES LEAN CONSTRUCTION? DEFINICIÓN Y ORIGEN	176
2.3.5. CONCEPTO DE MUDA O DESPERDICIO	176
2.3.6. TIPOS DE DESPERDICIOS	177
2.3.6.1. Sobreproducción	177
2.3.6.2. Esperas.....	178
2.3.6.3. Transportes.....	180
2.3.6.4. Sobreprocesamiento	180
2.3.6.5. Inventario	181
2.3.6.6. Movimientos.....	182
2.3.6.7. Defectos.....	183
2.3.7. DEFINICIÓN DE LEAN MANUFACTURING	185
2.3.8. HERRAMIENTAS LEAN.....	186
2.3.8.1. Las 5S	186
2.3.8.2. Kanban.....	186
2.3.8.3. Single Minute Exchange of Die (SMED)	187
2.3.8.4. Jidoka.....	188
2.3.8.5. Andon	188
2.3.8.6. Poka yoke.....	189
2.3.8.7. Total productive maintenance (TPM).....	189
2.3.8.8. Kaisen.....	190
2.3.8.9. Overall equipment effectiveness (OEE).....	191
2.3.8.10. Value Stream Mapping (VSM)	191
2.3.9. LEAN PROJECT DELIVERY SYSTEM (LPDS) O INTEGRATED PROJECT DELIVERY (IPD).....	192
2.3.9.1. Definición.....	192
2.3.9.2. Las diferentes fases de un proyecto Lean según el LPDS	192
2.3.9.3. Target Costing o coste objetivo	194
2.3.9.4. Integrated Project Delivery (IPD).....	195
2.3.9.5. El papel que juegan los principales actores según el IPD	198
2.3.9.6. Integración del BIM dentro del IPD	200
2.3.10. LAST PLANNER SYSTEM (LPS) Ó SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR (SUP).....	201
2.3.10.1. Principios básicos.....	201
2.3.10.2. Programación en cascada.....	204

2.3.10.3. Master schedule (plan maestro)	205
2.3.10.4. Lookahead (planificación intermedia)	205
2.3.10.5. Weekly Work Plan (plan de trabajo semanal)	206
2.4. PMBOK (PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE) VS LEAN CONSTRUCTION	208
2.5. PMBOK (PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE) DENTRO DEL MODELADO BIM (BUILDING INFORMATION MODELING).....	212
2.6. LEAN CONSTRUCTION DENTRO DEL MODELADO BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)	217
2.7. BIM (BUILDING INFORMATION MODELING), PMBOK (PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE) MÁS LEAN CONSTRUCTION.....	219
3. MARCO EXPERIMENTAL.....	268
3.1. APLICACIÓN CASO PRÁCTICO BIM (BUILDING INFORMATION MODELING), PMBOK (PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE) MÁS LEAN CONSTRUCTION	268
3.3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	268
3.3.1. ÁREA DE GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN DEL PROYECTO.....	272
3.3.1.1. Acta de Constitución del Proyecto.	272
3.3.2. ÁREA DE GESTIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO.	278
3.3.2.1. Estructura Desagregada de Tareas (EDT).	278
3.3.2.2. Estructura Desagregada de Costes (EDC).	279
3.3.2.3. Estructura Desagregada de Recursos (EDR).	280
3.3.2.4. Estructura de Desglose de la Organización (EDO).....	281
3.3.3. ÁREA DE GESTIÓN DEL TIEMPO DEL PROYECTO.	283
3.3.3.1. Planificación.....	283
3.3.3.2. Red de Precedencias.....	288
3.3.3.3. Nivelación y Asignación.	290
3.3.3.4. Método del Valor Ganado-EVM.	295
3.3.3.5. Líneas de Balance-LOB.....	306
3.3.4. ÁREA DE GESTIÓN DEL COSTE DEL PROYECTO.	307
3.3.4.1. Time-Cost Tradeoff Problem-TCTP.	307
3.3.5. ÁREA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL PROYECTO.	312
3.3.5.1. Herramientas Básicas de la Calidad.....	312
3.3.5.2. Herramientas Lean. Aplicación del VALUE STREAM MAPPING y 5S.....	313
3.3.6. ÁREA DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS DEL PROYECTO.	318
3.3.6.1. Estructura IPD.....	318
3.3.6.2. Matriz de responsabilidades.....	320
3.3.7. ÁREA DE GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES DEL PROYECTO.....	321
3.3.7.1. Pull Session.	321
3.3.7.2. Matriz de Comunicación.....	336
3.3.8. ÁREA DE GESTIÓN DE LOS RIESGOS DEL PROYECTO.	337

3.3.8.1. Análisis de Riesgos.....	337
3.3.8.2. Pert.	340
3.3.8.3. Lógica Fuzzy. Tiempo.	342
3.3.8.4. Lógica Fuzzy. Coste.	343
3.3.8.5. Método Montecarlo. Tiempo.	345
3.3.8.5. Método Montecarlo. Coste.	346
3.3.9. ÁREA DE GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES DEL PROYECTO.	347
3.3.9.1. Matriz de Distribución de Información.....	347
3.3.10. ÁREA DE GESTIÓN DE LOS INTERESADOS DEL PROYECTO.	348
3.3.9.1. Funciones y Responsabilidades de la Organización.	348
3.3.11. building information modelin (bim).	349
3.3.11.1. Descripción del Proyecto en BIM.	349
3.3.11.2. Navisworks.....	351
4. CONCLUSIONES.....	355
5. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	356
6. ANEXOS.....	357
6.1. ANEXO 1: ESTRUCTURA DESAGREGADA DE TAREAS.....	357
6.2. ANEXO 2: ESTRUCTURA DESAGREGADA DE COSTES.....	358
6.3. ANEXO 3: ESTRUCTURA DESAGREGADA DE RECURSOS.....	359
6.4. ANEXO 4: ESTRUCTURA DESAGREGADA DE LA ORGANIZACIÓN.....	360
6.5. ANEXO 5: MASTER SCHEDULE (PLAN MAESTRO).....	361
6.6. ANEXO 6: MATRIZ CON PRECEDENCIAS GENERALIZADAS.....	362
6.7. ANEXO 7: MATRIZ CON PRECEDENCIAS SIMPLES.....	363
6.8. ANEXO 8: LOOKAHEAD (PLANIFICACIÓN INTERMEDIA).....	364
6.9. ANEXO 9: WEEKLY WORK PLAN (PLAN DE TRABAJO SEMANAL).....	365
6.10. ANEXO 10: RED DE PRECEDENCIAS.....	366
6.11. ANEXO 11: RED LEAN.....	367
6.12. ANEXO 12: CÁLCULO DE LÍNEAS DE BALANCE (LOB).....	368
6.13. ANEXO 13: VALUE STREAM MAPPING-SITUACIÓN ACTUAL.....	369
6.14. ANEXO 13.1: APLICACIÓN DE LAS 5S.....	370
6.15. ANEXO 14: VALUE STREAM MAPPING-SITUACIÓN FUTURA.....	371
6.16. ANEXO 15: MATRIZ DE RESPONSABILIDADES.....	372
6.17. ANEXO 16: MATRIZ DE COMUNICACIÓN.....	373
6.18. ANEXO 17: LÓGICA FUZZY. TIEMPO.....	374
6.19. ANEXO 18: LÓGICA FUZZY. COSTE.....	375
6.20. ANEXO 19: MONTECARLO. TIEMPO.....	376
6.21. ANEXO 20: MONTECARLO. COSTE.....	377

6.22.	ANEXO 21: MATRIZ DE DISTRIBUCIÓN DE INFORMACIÓN	378
6.23.	ANEXO 22: FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES DE LA ORGANIZACIÓN	379
7.	BIBLIOGRAFÍA	380
8.	ÍNDICE DE FIGURAS.....	386
9.	ÍNDICE DE TABLAS.....	390
10.	ÍNDICE DE ECUACIONES.....	392

1. OBJETIVO Y PLANTEAMIENTO

1.1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo, se pretende establecer las conexiones entre la metodología Lean Construction y Project Management unificando sus puntos en común, y todo ello incorporándolo en el modelo Building Information Modeling. Muchos autores aseguran la incompatibilidad de Lean Construction con Project Management, debido a las grandes diferencias que existen entre ellas, pero lo que nunca se ha planteado es que existen muchas similitudes entre ellas.

Al inicio de esta tesina se plantea un Estado del Arte, dónde se profundiza y se desarrolla las tres metodologías, definiendo todas las herramientas a utilizar en cada una de ellas. Más adelante, en la Parte Experimental del Trabajo se interconexionan los puntos en común, unificándolos durante el desarrollo del proyecto.

1.2. OBJETIVOS

El principal objetivo de este Trabajo Final de Máster es el de poder llegar a unificar las herramientas tradicionales en la construcción con las generadas por la filosofía Lean. Es decir, en lo que respeta a al pasado, existen elementos que son aún de utilidad y que no hay que desecharlos, sino que hay que adherirlos a las nuevas metodologías como el Building Information Modeling y el Lean Construction.

1.3 ALCANCE Y DELIMITACIONES

Autores como Howell y Koskela (2000), (2002), han llegado a afirmar que las técnicas de Lean Construction son incompatibles con el modelo de Dirección de Proyectos que desarrolla el PMBOK por los siguientes motivos:

- Discrepancias sobre la necesidad de una base teórica: Según Howell y Koskela (2002) el Project Management no tiene una base teórica explícitamente expresada, pudiéndose solamente apreciar de forma implícita, estando además obsoleta, porque solo se alimenta de dos teorías:
 - Teoría de proyectos entendiendo el proyecto meramente como la transformación de unos recursos de entrada en un producto de salida. A su juicio la Teoría de la Transformación estaba tomada de la industria, y es en ella donde ha quedado obsoleta, existiendo mejores teorías como la Lean Production.
 - La Teoría de la Gestión, entendiéndose como “Planificación”. En este sentido estiman que el PMBOK da el mayor énfasis al grupo de procesos de Control y nula atención a la Ejecución. Es decir, a su juicio, el PMBOK entiende la gestión básicamente como Planificación, minimizando la importancia de los demás procesos, resultando además que la base teórica implícita es además insuficiente.
- Discrepancia sobre los métodos utilizados: Howell & Koskela (2002) y Howell & Ballard (2004) se oponían a la utilización de las técnicas tradicionales del Project Management porque prestaban demasiada atención al Método del Camino Crítico (CPM) en el que se controlan los inicios y finales de cada actividad para compararlos con los previstos y tomar medidas correctoras en caso de desviación. En su opinión las técnicas CPM se olvidan de lo más importante, que es reducir la variabilidad, ya que se centran en el control de la variabilidad después de que han ocurrido las desviaciones, consistiendo de hecho una gran variabilidad por falta de esfuerzos en la reducción de la misma. Por contraposición, el Sistema de Último Planificador (SUP) (Last Planner System LPS) defendido por Howell, Koskela y Ballard (2002), (2004), controla las desviaciones de forma preventiva y por ello reduce la variabilidad.

Una vez comentadas las discrepancias de diversos autores, se procede a analizar las razones de porqué Lean Construction y Project Management pueden ser complementarios, proponiéndose un método que permita la utilización conjunta de ambos.

Las discrepancias expresadas por Howell y Koskela (2002) y la necesidad aducida por ellos de que el Project Management incluya de forma implícita una base teórica es ciertamente un asunto opinable. Sin embargo, el PMBOK es un compendio de prácticas generalmente aceptadas, que contiene solo aquellos elementos cuya utilidad ha sido reconocida por la comunidad de Project Managers asociada a PMI. Por este motivo, si cierto grupo de proyectistas (como en el caso de Lean Construction) defienden ciertos fundamentos teóricos, deberían demostrar a la comunidad de proyectistas la bondad de sus aportaciones. El PMBOK recogerá dichos fundamentos teóricos de forma explícita solo cuando los mismos sean generalmente aceptados. Pero esto no ha de interpretarse en clave de antagonismo, ni tampoco la imposibilidad de compatibilizar el modelo de Dirección de Proyectos del PMBOK con al menos algunas de las prácticas de Lean Construction que se han demostrado exitosas (Sánchez_Losada, 2012).

Por otro lado, y según Sánchez Losada (2012), el PMBOK no presta especial atención al Grupo de Procesos de Planificación, pero ese hecho no debería verse como un defecto. Es totalmente cierto que un proyecto está sujeto a muchos imprevistos, pero no es menos verdad que una adecuada planificación puede ayudar a reducirlos. Sin embargo, si los procesos de Ejecución y Control pueden ser mejorados aplicando otras técnicas, como podrían ser las del Lean Construction, pudiéndose utilizar para mejorar o completar dichos procesos.

Con respecto a las discrepancias de los métodos de Planificación, tanto en Lean Construction como en Project Management, ésta se centraba en la discusión acerca de cuál es la mejor herramienta de Planificación, es decir, si el Sistema del Último Planificador (SUP) ó el Método del Camino Crítico (CPM). Pero sin embargo este aspecto está quedando superado. El hecho de que tradicionalmente en el PMBOK se haya mencionado el camino crítico no ha de entenderse de manera excluyente de otras metodologías de planificación. De hecho, en la 4ª edición del PMBOK realizada en el 2008, se menciona otro método de planificación (como es el método de la Cadena Crítica CCM) (Sánchez_Losada, 2012). En este sentido, en la última reunión de International Group for Lean Construction IGCL (2010), Koskela, Stratton y Koskenvesa presentaron una ponencia en la que realizaban un análisis comparativo entre los métodos SUP (Sistema Último Planificador) y Cadena Crítica. En ella decía:

- Ambos métodos de planificación abordan el trabajo como un flujo, si bien haciéndolo desde diferentes puntos de vista:
 - La Cadena Crítica (CCM) protege el flujo de trabajo mediante la reducción del impacto de la variación por medio de colchones agregados.
 - SUP (LPS) proyege el flujo de trabajo mediante la reducción de la causa de la variación.
- Ambos métodos son complementarios.

Por lo tanto, no parece existir incompatibilidades entre Lean Thinking y Project Management. El Lean Thinking trata de definir el valor desde la perspectiva del Cliente, mientras que el Project Management suministra un modelo de referencia para la gestión de proyectos.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

2.1.1. DEFINICIÓN

Existen varias definiciones acerca del Building Information Modeling (BIM) detalladas por diversos autores. Una de ellas, mencionada por Eastman, Teicholz, Sacks y Liston (2011), dice que con esta tecnología se pueden construir uno o varios modelos virtuales de un edificio, de los cuales nos sirven de apoyo para el diseño en todas sus etapas, consiguiendo así un mejor análisis y control de los procesos manuales. Una vez finalizado el modelado por ordenador, éstos mismos contienen una geometría precisa y datos que son imprescindibles para poder llevar a cabo la construcción del edificio, su fabricación, y las actividades relacionadas que hacer crear el edificio.

Cada letra que está compuesta la palabra BIM representa un concepto y una función que gestiona un modelo. Empezando por la sigla “B” la cual hace referencia a “Building”, la que significa Edificio, se entiende como un proyecto cooperativo compuesto por áreas que están en constante diálogo, donde se discuten las posibles opciones y se deciden soluciones críticas de diseño, procurando prevenir futuros problemas en fases posteriores. Una de las utilidades es la de la visualización en tres dimensiones, lo que ayuda a comprender mejor las decisiones tomadas de durante el proyecto, además de que nos da una visión global del ciclo de vida del edificio. La siguiente sigla que simboliza con la letra “I”, haciendo referencia a la palabra “Information”, muestra un significado de creación y desarrollo de una base de datos que está en una constante actualización. Toda esta información está siempre disponible a todos los participantes del equipo, los cuales pueden dar un uso, reutilizarla y optimizarla en el caso que sea necesario. La tercera y última letra de este modelo, es la “M”, cuyo significado es de “Modeling”, que significa Modelado, sin embargo existen algunos autores que lo prefieren llamar Management (administración), queriendo decir que la estructura está construida sobre unos datos organizados, pudiendo luego ser dirigido y actualizado por la persona encargada (GRUPPE, 2015).

Cerdán (2013) define el BIM como una *“metodología de trabajo que consiste en la creación, gestión y almacenamiento de información sobre todas las propiedades de cada una de las partes de una construcción. Estas partes no son sólo geométricas o visuales, sino también las relaciones entre dichas partes, las relaciones de las partes con el edificio o construcción, las propiedades del propio edificio o construcción como suma de las partes y del edificio o construcción como identidad de la misma, en una determinada ubicación y con un determinado entorno”*.

El modelado de información de una construcción representa el proceso proyecto-construcción (PPC) en un entorno virtual 3D, teniendo como base un ordenador y como motor un paquete de software que es capaz de interpretar la base de datos que contiene la información del modelo virtual del objeto de la construcción (Oliver Faubel, 2016).

Las características de BIM que hacen posible la adición, gestión, y compartición de la información del edificio y la simulación de su proceso constructivo son (Coloma, 2008), (Fuentes Giner, 2014):

- Toda la información está almacenada en una base de datos interrelacionados, que cuando se comparte la información, toda ella se engloba en un modelo tridimensional, estando esta misma implícitamente.
- La información es bidireccional, es decir, que cuando se comparte y se genera nueva información o se cambia la existente, esta se actualiza en tiempo real y se mantiene íntegra y coherente en el modelo.
- La información es multidisciplinar, en tanto en cuanto es bidireccional y se puede usar y compartir para cubrir todos los aspectos de diseño, tecnología, economía, programación, ejecución y mantenimiento del edificio.

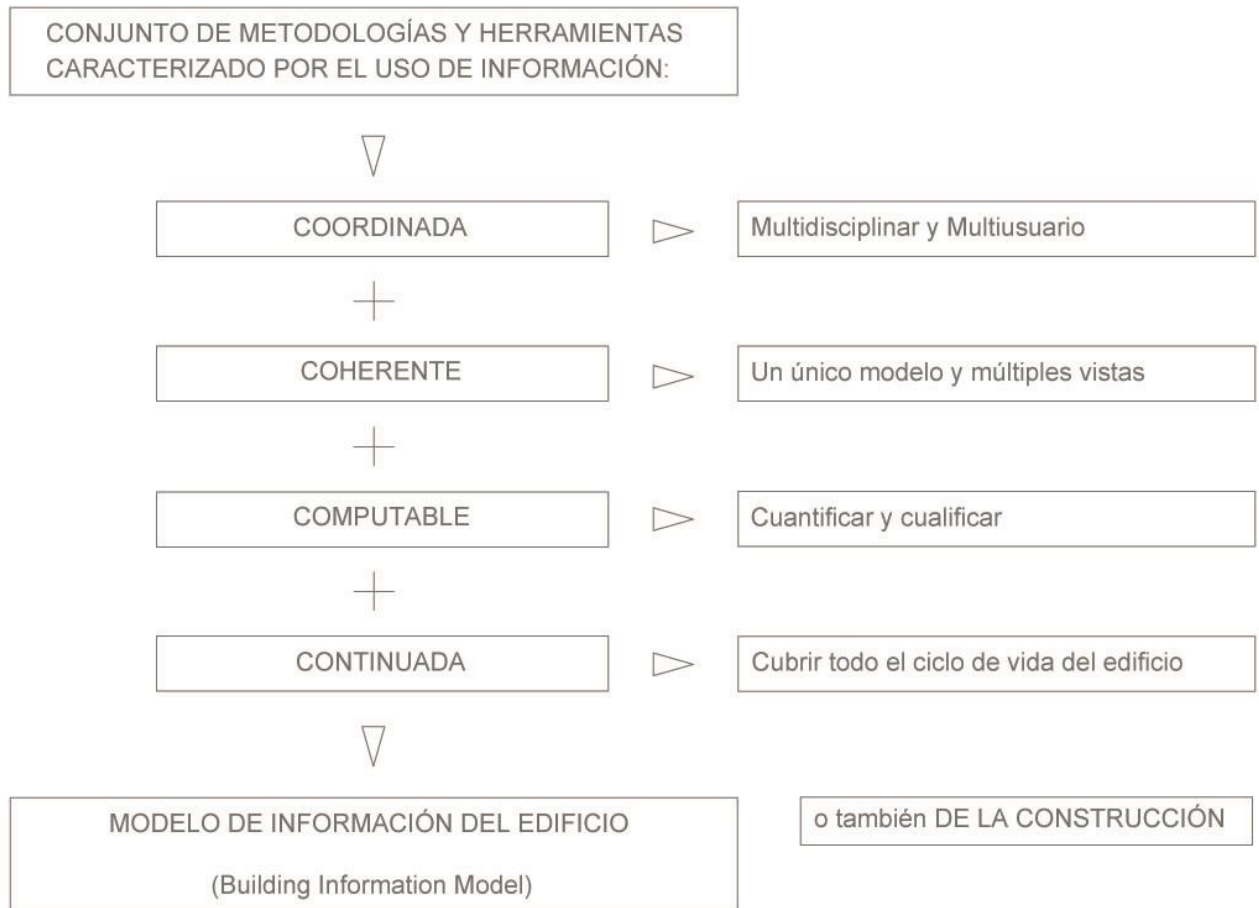


Figura 1: Características del entorno BIM para el tratamiento de la información del proyecto. Elaboración propia a partir de la fuente: (Coloma, 2008)

- La información es parametrizada, esto significa que es editable y agregable, como fundamento para la bidireccionalidad:
 - a) Cada objeto tiene entidad de elemento constructivo del proyecto y se comporta como tal.
 - b) Cada objeto tiene agregadas sus relaciones con respecto a otros elementos constructivos del proyecto.
 - c) Cada objeto tiene la información de su situación en el proyecto.
 - d) El modelo virtual que vemos en la pantalla del ordenador es lo que vamos a obtener en la realidad cuando se ejecute. Con BIM se visualiza el edificio y su proceso frente a la representación esquemática de la idea del edificio.

Por lo tanto la metodología BIM es una metodología de trabajo en la que se crea, gestiona y almacena toda la información de las propiedades y características de las partes de una construcción. BIM construye varios modelos virtuales de un edificio, que será de utilidad para el diseño en todas sus fases. Una vez terminado ese modelado, éstos mismos contienen una geometría precisa y unos datos que son necesarios para construir el edificio.

2.1.2. NIVELES DE INFORMACIÓN DEL MODELO BIM

Según autores como Kymmell (2008), el modelo BIM es una abstracción de la realidad. Su carácter y nivel de detalle requerido para compartir su información dependerá de la finalidad del proyecto y del nivel de entendimiento de quien está visionándolo. Es decir, dependiendo del objetivo final para el que se comparte la información del modelo, éste necesitará más o menos información.

Por ello se definirá el “Nivel de detalle de un modelo”, el cual lo define Vico Software (2016) como *“la cantidad de información que puede proporcionar el modelo virtual. Simplemente es una medida de cantidad, no de calidad, ya que BIM lleva comprendido que toda información contenida en el modelo es relevante para el proyecto y puede confiarse en su precisión”* (Oliver Faubel, 2016), (Fuentes Giner, 2014). Vico Software fue la primera empresa que definió este concepto.

Alonso (2015) también define el Nivel de Detalle (LOD, Level Of Detail) como la evolución lineal de cantidad de información de un proceso constructivo. Hace referencia al modelo de proyecto, los costes y la planificación temporal.

American Institute of Architects (AIA) trató de buscar una forma de identificar los diferentes documentos del proyecto, ya que son de utilidad para garantizar su viabilidad, diseño, constructibilidad y explotación, a la información que debería contener el modelo BIM que generase dichos documentos.

Por tanto, determinó que el sistema establecido por Vico podría ser una elección no solo para medir la cantidad de información que un modelo ha de contener, sino también la calidad de la misma. Cambió la terminología por la de “Nivel de Desarrollo” (Level of Development - Nivel de Desarrollo de un proyecto, en adelante LOD). Se decide valorar para qué sirve la información contenida en el modelo en vez de la cantidad de información (AIA, 2007).

En función de estos parámetros, se han consensuado los siguientes niveles de información básica que ha de contener un modelo BIM (AIA, 2007), (Alonso, 2015):

- **LOD 100:** Es el nivel básico en el que el modelo aporta una visión general de su geometría, altura, área, volumen, localización y orientación. Según autores como Alonso (2015), el grado de definición de los elementos conceptuales de un proyecto son los siguientes:
 - a) **Requerimientos:** Quiere decir que el elemento objeto puede estar representado por un símbolo o representación genérica.
 - b) **Usos:**
 - **Análisis:** Se basa en dimensiones geométricas, de orientación y ubicación, así como relación con otros elementos.
 - **Coste:** Se hace una estimación de costes enfocados a datos como el área, volumen o los que expresen cierta similitud. Este parámetro es el que más se usa en LOD.
 - **Programación:** Puede dar uso para poder determinar las fases y duraciones.
 - **Coordinación:** No es de aplicación
- **LOD 200:** En este nivel se describen ya gráficamente el elemento, definiendo las cantidades, tamaño, forma, localización en relación al conjunto del proyecto, pero también puede incluir información no gráfica. Su utilidad es muy similar al LOD 100, excepto en la programación temporal y en la aproximación de costos donde se puede dividir los capítulos más significativos que contendrán el elemento o pieza primordial del proyecto. Los usos de LOD 200 son los siguientes:

- a) Análisis: Se analizará en función del uso de criterios genéricos del proyecto
 - b) Coste: Se hace una estimación avanzada de costes enfocados a información geométrica y a cantidades de este nivel.
 - c) Programación: Se puede utilizar para planificaciones de tiempos y criterios de prioridades.
 - d) Coordinación: En este nivel ya de aplicación, y en el que se puede coordinar un elemento con otros del proyecto basado en dimensiones, ubicación, trayectorias y distancias respecto a otros.
- **LOD 300:** Es el nivel que aporta ya una información y geometría ya precisa, en el que se concretan ya cantidades, tamaño, forma y/o localización respecto al conjunto global del proyecto. Aquí ya el modelo engloba los diferentes modelos BIM, siendo éstas las diferentes disciplinas que forman parte del objeto del proyecto: Arquitectura, Estructura, Instalaciones (eléctricas, salubridad, climatización) Bim Manager, etc. En este nivel ya se puede generar los documentos necesarios de un proyecto, como pueden ser la memoria técnica y normativa correspondiente aplicar, el presupuesto estimado y una programación inicial de la obra. A continuación se muestra con más detalle los distintos usos de este nivel:
- a) Análisis: El elemento se analizará en función al uso de criterios concretos del propio elemento.
 - b) Coste: Se realiza una valoración más definida y precisa del elemento mediante unos datos concretos de fabricación y puesta en obra.
 - c) Programación: El elemento se utilizará para planificaciones y criterios de prioridades.
 - d) Coordinación: Muy similar al nivel anterior, en el que el elemento se coordina con otros elementos del proyecto, como pueden ser las dimensiones, la ubicación, trayectorias y distancias respecto al resto.
- **LOD 400:** El elemento contiene el detalle necesario para su construcción, con todas las mediciones de unidades de obra exactas y sus materiales, apareciendo aunque sea de manera explícita toda la información necesaria para la fabricación, montaje, ensamblaje y todos los detalles para poder construirse, en el que engloba las diferentes disciplinas, como son la arquitectura, la estructura y las instalaciones. Existe también la opción de no incluir información no gráfica vinculada al elemento. En este nivel el presupuesto y la programación temporal de la obra muestran datos más exactitud y calidad. Por último, los usos correspondientes a este nivel son:
- a) Análisis: Se analiza en base a unos criterios específicos del propio elemento y los sistemas a los que pertenece.
 - b) Coste: Valoración más precisa con datos específicos y concretos de la fabricación y puesta en obra.
 - c) Programación: Aparecen planificaciones de tiempos y criterios de prioridades, plazos de fabricación y tareas vinculadas a esta.
 - d) Coordinación: Al igual que en niveles inferiores, el uso del elemento es el de coordinarse con otros elementos del proyecto en función de las dimensiones, ubicación, trayectorias y distancias respecto a otras. Además se incluye la detección de colisiones entre los elementos.
- **LOD 500:** En este último nivel, el elemento ya está definido con total detalle, representando el proyecto "as-built", es decir, que está ya construido en su totalidad, y con las condiciones conforme a obra y no al proyecto. Los elementos del modelo pueden estar descritos a nivel LOD 500 sin tener que estar ya diseñado en niveles anteriores.

Esta clasificación, por parte de la AIA, estableció una apariencia más definitiva en el 2013 con la publicación de su GS202-2013 Building Information Modeling Protocol Form, en el que documentan el acuerdo sobre los protocolos y procedimientos que regirán el desarrollo, la transmisión, el uso y el intercambio de la construcción de modelos de información en un proyecto, y en el que el propio promotor será quien establezca el nivel de desarrollo del proyecto en cada entregable y además compartirá la información con el resto de agentes que intervengan en obra.

Gran Bretaña, a la hora de establecer sus estándares con el BIM, cambió los mismos, adoptando en su norma PAS 1192-2 (Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modeling) dos componentes para cada nivel de definición, que son los siguientes:

- Nivel (es) de Detalle del Modelo (LOD): Información gráfica del modelo.
- Nivel (es) de Información del Modelo (LOI): Información no gráfica del modelo.

Estos dos componentes se complementan entre sí, ya que un gran nivel de detalle del modelo requerirá de una información no gráfica, y viceversa.

Debido a que en España existe una falta de una iniciativa gubernamental, en la celebración del 2º Congreso Nacional BIM, EUBIM 2013, celebrado en mayo en la Universitat Politècnica de València, se creó por parte de los participantes el proyecto uBIM, siendo este una Guía para los Usuarios BIM en España, elaborándose al año siguiente con la supervisión de la BuildingSMART Spanish Chapter, y publicándose en el 2014. Según esta Guía, la estructura de generación y uso de modelo BIM en cada fase del proyecto se establece desde la perspectiva BIM (**buildingSMART, 2014**), (**Oliver Faubel, 2016**):

- Necesidades y objetivos: En esta primera etapa se analizan cuáles son las necesidades del promotor y usuario final. En ella no es imprescindible una información geométrica, pero si es aconsejable el nivel LOD 100.
- Estudio de alternativas: Aquí se analiza y se estudia cual es la mejor solución, y para ello se emplean diferentes bocetos, para así seleccionar el definitivo. Aquí se emplearía incluso un nivel inferior al LOD 100.
- Diseño inicial (Proyecto Básico): Una vez seleccionado la solución óptima en la etapa anterior, se procede al desarrollo de la misma, y por tanto a la realización del proyecto básico, el cual contendrá toda la información necesaria de los distintos modelos BIM (arquitectura, estructura, instalaciones, etc), para poder presentarlo ante las autoridades competentes para así poder pedir los permisos necesarios de construcción. Según la Guía para los Usuarios BIM en España el nivel para esa fase es el LOD 200.
- Diseño Detallado (Proyecto de Ejecución): Aunque en la Guía no lo contemple así, este nivel se dividirá en dos subniveles, cuya suma de ambos obtendría toda la información necesaria para un proyecto de ejecución:
 - a) En este primer nivel se constituye un mayor grado de exactitud y de fiabilidad en lo que respecta a la información gráfica como la no gráfica del modelo arquitectónico, utilizando el nivel LOD 300.
 - b) En el segundo subnivel, los restantes modelos como son estructura, instalaciones, materiales, coordinación, etc, se añaden al modelo arquitectónico con el mismo nivel de detalle y de información. El nivel empleado sería el LOD 400.
- Licitación y Contratación: Esta etapa consiste en toda la información tanto gráfica como no gráfica del modelo, necesaria para que las empresas constructoras puedan valorar y licitar la ejecución del proyecto. Dentro del proyecto de ejecución, además de los modelos 3D, se incluiría el modelo 4D correspondiente a la planificación y programación temporal inicial de la obra. Cuando ya se haya adjudicado la obra, tendrá obligación la empresa constructora contratista principal de elaborar tanto el

modelo 4D, que corresponde a la planificación y programación, como el modelo 5D, el cual pertenece la gestión presupuestaria. El nivel empleado es el LOD 400.

- Construcción: En esta fase el empleo de los modelos BIM se relacionan con la organización de los procesos de producción. En definitiva, se desarrollan los modelos LOD 400, modificándolos a día a día en la obra, hasta alcanzar el nivel LOD 500.
- Puesta en funcionamiento: En esta última etapa los modelos BIM contienen toda la información del objeto de la construcción tal y como realmente se ha ejecutado. Aquí equivale ya a un nivel LOD 500.

NIVELES DE DESARROLLO DE PROYECTO			PROCESO BIM		MODELO TRADICIONAL
AIA (EEUU)	PAS 1192-2 (RU)	BSSCH (ESPAÑA)	DIMENSIONES BIM		MODELO TRADICIONAL
LOD 100	Brief (Sumario, Resumen):	Necesidades y Objetivos	✗ Modelo		Anteproyecto
		Estudio de Alternativas	3D BIM	6D BIM	
LOD 200	Concept (Concepto)	Diseño Inicial			
	Definition (Definición)				
LOD 300	Design (Diseño)	Diseño Detallado 1			
LOD 400	Build and commission (Ejecución y prescripción)	Diseño Detallado 2	4D BIM		
	Build and commission (Ejecución y prescripción)	Licitación y Contratación			
LOD 500	Handover and close-out (Fin de la construcción y entrega)	Puesta en Funcionamiento	5D BIM		
			7D BIM		
	Operation and in-use (Explotación y uso)				
					Proyecto de Ejecución
					Libro del Edificio/ Protocolo de Mantenimiento

Tabla 1: Relación LOD/D BIM/Modelo Tradicional. 2015. Elaboración propia a partir de la fuente: (Oliver Faubel, 2016)

2.1.3. LAS DIMENSIONES DEL BIM

Un modelo BIM de un proyecto de construcción está formado por tantos modelos como disciplinas intervengan en el proyecto. En Edificación existen como mínimo tres modelos a partir de la fase de diseño (inicial y detallado): arquitectónico, estructural e instalaciones (**Oliver Faubel, 2016**).

- **Modelo arquitectónico:** Contiene la información relacionada con la geometría del edificio y la que se derive de ella, (mediciones), además de todos los datos sobre los materiales y las diferentes soluciones constructivas.
- **Modelo estructural:** Contienen toda la información relacionada con la estructura del edificio, diseño y geometría, materiales, cálculos, dimensionado y cantidad de materiales que lo constituyen.
- **Modelo de instalaciones:** Contiene tanto información gráfica como no gráfica, relacionada con las diferentes instalaciones que existen en un edificio, como son: fontanería, electricidad, saneamiento, confort térmico y acústico.

Estos tres modelos contienen toda la información que el edificio necesita en función del nivel de desarrollo del cual no podamos encontrar. La combinación de los tres modelos se denomina modelo BIM o 3D BIM. Hay que decir que la separación de estas tres disciplinas no es cerrada completamente, ya que en cada proyecto se puede llegar al acuerdo de establecer tantos modelos y sub-modelos como sean necesarios para poder llegar a la definición más completa y exacta del producto de la construcción en sus diferentes aspectos y garantizar la coherencia e integridad de la información ejecutiva (**Oliver Faubel, 2016**).

Según Lee, y otros autores (**2005**), la capacidad para introducir más información al proyecto así como de integrar nuevas disciplinas necesarias para llevar a buen término el proyecto de construcción, reducir su grado de incertidumbre y simular procesos añadiendo un alto nivel de inteligencia y anticipación a los procedimientos de trabajo, es denominado en el entorno BIM mediante la adición de una nueva dimensión a la 3D. Por lo tanto, tendremos nD dimensiones en función de cada una de las disciplinas/áreas/fases que se incorporan al modelo 3D.

3D BIM

Según autores como González Pérez (**2015**), esta dimensión es la menos innovadora de todo el espacio BIM, ya que durante la historia del diseño, hubo un momento en el que se pasó de utilizar representaciones bidimensionales, representadas en ejes cartesianos, a introducir un tercer eje el cual representa las profundidades del objeto. El modelo BIM en 3D representa y muestra todas sus vistas conocidas, pudiendo obtener alzados, secciones, plantas, perfiles, y todo ello a través del modelo tridimensional. Además, el modelo está orientado al objeto, de tal forma que se representa cada uno de ellos con una geometría detallada. Modelar no es solamente dibujar, es también una representación paramétrica, pudiendo introducir datos en forma de dimensiones, materiales, textos o cualquier otra característica que pueda definir el propio objeto.

En BIM 3D se integran tanto los diferentes modelos como los sub-modelos, objetos o elementos que constituyen la construcción el objeto, y que como mínimo en Edificación tendremos el modelo arquitectónico, el estructural y el de instalaciones. Oliver Faubel (**2016**) define el BIM 3D como un modelo orientado a objetos, es decir, a muros, vigas, pilares, tuberías, etc., el cual representa toda la información geométrica del proyecto de forma integrada. Pero esta dimensión tiene más utilidades, pudiendo además obtener las mediciones del proyecto con gran precisión, para así posteriormente poder realizar el presupuesto y la gestión económica de la obra. También nos permite testear los distintos modelos de los que está compuesto y poder descubrir las posibles interferencias o erratas que se producen entre disciplinas y así llegar a corregirlas para su lograr la correcta información del modelo.

Esta dimensión también integran las nubes de puntos, captadas mediante equipos topográficos láser-escáner 3D en el estado previo del solar o construcción sobre el que se va intervenir. Esta utilidad abre la posibilidad de la creación de un catálogo virtual BIM del patrimonio construido, en el que además de la información geométrica, contiene todos los datos importantes para restauraciones e intervenciones realizadas y su alcance, fechas, origen de los materiales introducidos, etc.

En lo que respecta a la parte más artística del BIM 3D, esta dimensión permite la visualización y el renderizado con texturas, materiales, iluminación natural y/o artificial y ambientación muy similar a estar viendo el proyecto tal y como está construido, además de poder realizar recorridos virtuales por la construcción para llegar así a apreciar la sensación de espacio, habitabilidad y funcionalidad.

En definitiva, el 3D BIM va más allá de la obtención de modelos digitales para la construcción, presentando un amplio abanico de posibilidades que presenta.

4D BIM

Al modelo BIM se le añade una dimensión más, que es la dimensión del tiempo. Según autores como González Pérez (2015), Oya Sala (2015) u Oliver Faubel (2016), cuando se modela cualquier elemento es necesario añadirle el parámetro temporal, asignado a cada elemento de construcción su secuencia, lo cual nos permite controlar la dinámica del proyecto y realizar simulaciones de las diferentes fases de construcción, diseñar un plan de ejecución y compartirlo con todos los oficios, empresas, industriales y demás agentes que intervengan en el proceso, además de poder anticiparnos a posibles dificultades que nos podamos encontrar.

En primer lugar se prepara el modelo 3D BIM asignando las fases de ejecución a una tipología común de elementos de cada fase (demolición, nueva construcción: movimiento de tierras, cimentación, estructura, cerramientos, instalaciones, etc) y estableciéndoles un tiempo de inicio y final de ejecución. Esto se podría realizar mediante diagramas temporales convencionales como es el diagrama de Gantt, muy utilizado en construcción, efectuándolo con software específicos del 4D BIM, o bien importándolo de otros programas de planificación y programación temporal de proyectos como son Microsoft Project o Primavera.

La integración de nuevas metodologías en la gestión de proyectos como el Lean Construction, del cual se hablará más adelante, y las nuevas opciones que ofrece BIM, cambian la forma tradicional de la cual se programaban las obras y abre una nueva manera de construir. Frente a la programación temporal de actividades se opone la programación por localización de los trabajos, también llamada LBS ó Location Based Scheduling. Este método se basa en la teoría de la Línea de Flujo o Flowline Scheduling Theory (Vico Software, 2015), más adelante "líneas de balance", en el cual los oficios y las diferentes cuadrillas llegan a trabajar con ratios de productividad óptima y máxima seguridad, debido a que el espacio en el que trabajan está libre de obstáculos, es decir, tanto de materiales y equipos innecesarios que pueden impedir la correcta ejecución de la obra. Según Botero y Vásquez (2015), el sistema de gestión basado en la localización (LBMS) consiste en la incorporación de los componentes de planificación, programación y control, presentes en cada fase de la construcción, desde el inicio, que sería el diseño hasta la finalización del proyecto. Kenley y Seppänen (2010) argumentan que LBMS es la integración de muchos componentes, siendo uno de estos los sistemas de organización y proyecto, y que por tanto hace que el LBMS sea un sistema de gestión. A continuación se muestra los componentes de este sistema:

- Estructura jerárquica fraccionada de localización.
- Cantidades de localización y tasas de consumo, necesarias para poder estimar las horas de trabajo por hombre realizadas de cada tarea.
- Estimación de costes basado en la localización, haciéndose el cálculo mediante la estructura fraccionada de localización (LBS) (Kenley & Seppänen, 2010).
- Planificación fundamentada en la localización, suponiendo la continuidad del trabajo a través de los lugares de localización, determinando los recursos y la organización del equipo, lo cual hace que aumente la productividad al disminuir las interrupciones que se pueden producir.

- Control basado en la localización. Se inicia con la programación base, realizando una programación de acuerdo a la nueva información generada en la obra, y la cual no se encontraba disponible antes de la ejecución del proyecto. Después, de manera periódica, se hace un monitoreo para calcular el consumo de recursos y la tasa de producción hasta la fecha, a través de revisiones de las cantidades, recursos, jornadas de trabajo, días no trabajados, la fecha de inicio y la de finalización.

Para programar obras basada en localizaciones se puede emplear el software Vico o el de Synchro, entre otros, que toman directamente la información a través de espacios de los modelos 3D BIM y la lista de unidades de obra a ejecutar en los mismos.

4D BIM permite además reproducir el proceso de ejecución en un time-line (línea de tiempo), pudiendo visualizar el avance de las obras, el equipamiento y los medios auxiliares, el correcto emplazamiento del mismo, las interferencias que pueden llegar a producirse o las medidas de seguridad y salud que habrá que utilizar (Oliver Faubel, 2016). Esta visualización del proceso en formato película nos permite:

- Localizar errores en la programación, como por ejemplo la no asignación de tiempos a una unidad de obra en concreto, o su ejecución temporal antes que otra se necesite, etc.
- Optimización logística de la obra, como la selección de equipos y medios auxiliares adecuados, o el emplazamiento del centro de trabajo temporal, etc.
- Análisis de los sistemas de protección y seguridad necesarios para cada actividad.
- Cálculo de la distribución de los materiales y recursos en cada zona de la obra.

Por último, una de las ventajas más importantes del 4D BIM es el de poder compartir toda esta información de forma visual con las empresas participantes en el proceso, de tal forma que todos puedan ver la planificación de trabajos, y así poder opinar, proponer y adaptar la mejor solución posible.

5D BIM

Si al modelo 4D BIM se le añade la disciplina de la gestión presupuestaria del proyecto de construcción, estaremos hablando del modelo 5D BIM. Oya Sala (2015) y González Pérez (2015) definen que esta dimensión abarca el control de costes y la estimación de gastos de un proyecto, pudiendo así tener más control sobre la información financiera del proyecto, mejorando su rentabilidad y facilitando el cumplimiento de los presupuestos. A cada elemento representado en el modelo se le asocia un coste, lo cual permite realizar un análisis presupuestario más detallado sin un trabajo añadido, adquiridos directamente del modelo.

Ya que el modelo 3D BIM contiene toda la información sobre las mediciones del proyecto, al afectar estas mediciones por sus costes unitarios, se obtendrá el presupuesto de la obra. Si a este presupuesto lo enlazamos con el coste de contratación de las diferentes unidades de obra con las empresas contratadas, industriales y suministradores, tendremos la estimación de beneficios inicial de la empresa adjudicataria. Y si ahora también lo enlazamos con la programación de ejecución, siendo este el modelo 4D BIM, dispondremos de la planificación de la gestión económica de la misma (Oliver Faubel, 2016).

La mayoría de los principales desarrolladores de mediciones y presupuestos ya han modificado sus programas para que se pueda trabajar en el entorno BIM, con plug-ins que conectan su motor de cálculo con los modelos BIM o incorporando su funcionamiento dentro de los programas de autoría BIM. Tanto Presto de Soft como Arquímedes de CYPE o Gest de Artek ya tienen los plug-ins que los conectan con los principales software de BIM, principalmente con Revit de Autodesk pero también con ArchiCAD de Graphisoft (Oliver Faubel, 2016).

En definitiva, 5D BIM abarca todo el control de costes y estimación de gastos del ciclo de vida del proyecto, mejorando la rentabilidad del mismo. Además no solo se obtiene las mediciones de unidades de obra y con ellas su coste, sino también las cantidades exactas de los materiales necesarios para la correcta ejecución de la obra. La gestión presupuestaria permite también el control económico de la obra o de los

medios auxiliares a emplea, y eso unido a la simulación de procesos 4D BIM, se podrá optimizar los tiempos de alquiler y contratación de recursos.

6D BIM

Esta sexta dimensión de BIM concierne todo lo relativo a la sostenibilidad del edificio, y es por ello que puede ser nombrada como Green o BIM verde. Con 6D BIM se cubren aspectos del edificio tales como el uso energético, la durabilidad en el tiempo de los materiales, el diseño medioambiental y las estrategias energéticas. Algunos parámetros a considerar en esta dimensión son la conductividad térmica, el aislamiento acústico, la viscosidad, los lúmenes, las potencias o reflectividad, entre otras. Cada elemento incorpora sus características por defecto, siendo no necesaria que las introduzca el diseñador. En la metodología actual, para lograr la evaluación y clasificación energética de un proyecto, hay que tener todos los elementos perfectamente definidos, por lo que es de total necesidad que el proyecto se encuentre en una fase más avanzada para así conocer su comportamiento energético. Sin embargo, esta dimensión nos permite testear y simular su comportamiento pasivo desde su concepción, permitiendo la toma de decisiones en lo que concierne al diseño en fases tempranas que luego no producirán la necesidad de rehacer el trabajo ya efectuado. Y en lo que respecta al comportamiento activo, una vez ya se hayan integrado las instalaciones de confort térmico, se podrán realizar tantas simulaciones de rendimiento como se deseen alternando los equipos instalados. La combinación de ambos permite evaluar el modelo BIM creando variaciones e iteraciones en la envolvente, los materiales empleados, el tipo de combustible para enfriar/calentar los espacios del objeto de la construcción, etc. teniendo en cuenta su emplazamiento geográfico, su posición y orientación, el nivel de soleamiento en las distintas estaciones del año, etc. (Oya Sala, 2015), (Oliver Faubel, 2016), (González Pérez, 2015).

También se puede someter a simulación el comportamiento del objeto del proyecto a los vientos dominantes de la zona, siempre que haya mapas de viento. En lo que respecta a la rehabilitación energética del parque inmobiliario existente, en el caso de que se disponga del edificio a rehabilitar el modelo en BIM, el cual se podría obtener a través de la captura de nubes de puntos con un láser-escáner 3D, podría estar sometido a tantas simulaciones de rendimiento como sean necesarias para evaluar la eficacia, la viabilidad, la calificación energética obtenida y el retorno de inversión de los diferentes cambios, mejoras, materiales e instalaciones que se quieran llegar a comprobar y proponer. Como último punto, es importante mencionar que 6D BIM permite conocer la huella de carbono que va a producir tanto la construcción de nuestro proyecto como la de su funcionamiento en un futuro, ya que son se conocen los materiales a emplear y las pertinentes cantidades.

7D BIM

Autores como Oliver Faubel (2016), Oya Sala (2015), González Pérez (2015) describen que esta dimensión, nombrada comúnmente Facility management, se emplea para las operaciones de mantenimiento de las instalaciones durante la vida útil del edificio, siendo esta fase uno de los últimos trabajos concernientes al proyecto. Es en definitiva la que se encarga de la gestión del objeto del proyecto en su fase operativa o de explotación, cuando pasa a ser un activo inmobiliario. El mantenimiento o Facility Management nos permite el control logístico del proyecto durante su uso, alargando la vida útil y eficiencia del mismo. Esta dimensión también posibilita conocer el estado el cual se encuentran las instalaciones, dotar de especificaciones para su mantenimiento, de manuales de uso, fechas de garantía, etc.

La dimensión 7D trabaja a partir del modelo BIM desarrollado a un nivel LOD 500, *as-built*, terminando y perfeccionando con los datos necesarios para la gestión (como pueden ser la conexión y ubicación de sondas, alarmas, etc.) que se acostumbra a nombrarse *Asset Information Model* (AIM), modelo de información del activo (Oliver Faubel, 2016).

La concienciación social sobre el impacto ambiental de las construcciones, las pérdidas de energía por un inadecuado mantenimiento, etc., hizo que se empezase a legislar en favor de incorporar la vida útil de las construcciones desde la fase del proyecto. Esto incitó que la disciplina del mantenimiento se profesionalizase.

El mantenimiento pasaba entonces a ser preventivo y no reparativo, con lo que hacía falta un profesional capaz de comprender el activo como un entidad global, teniendo éstos conocimientos no solo de instalaciones y su funcionamiento, sino también de construcción, seguridad, rendimiento energético, etc., denominándose *Facility Manager* (gestor de la instalación).

A continuación se muestra en la figura siguiente un esquema a modo resumen de las características principales de las dimensiones BIM:

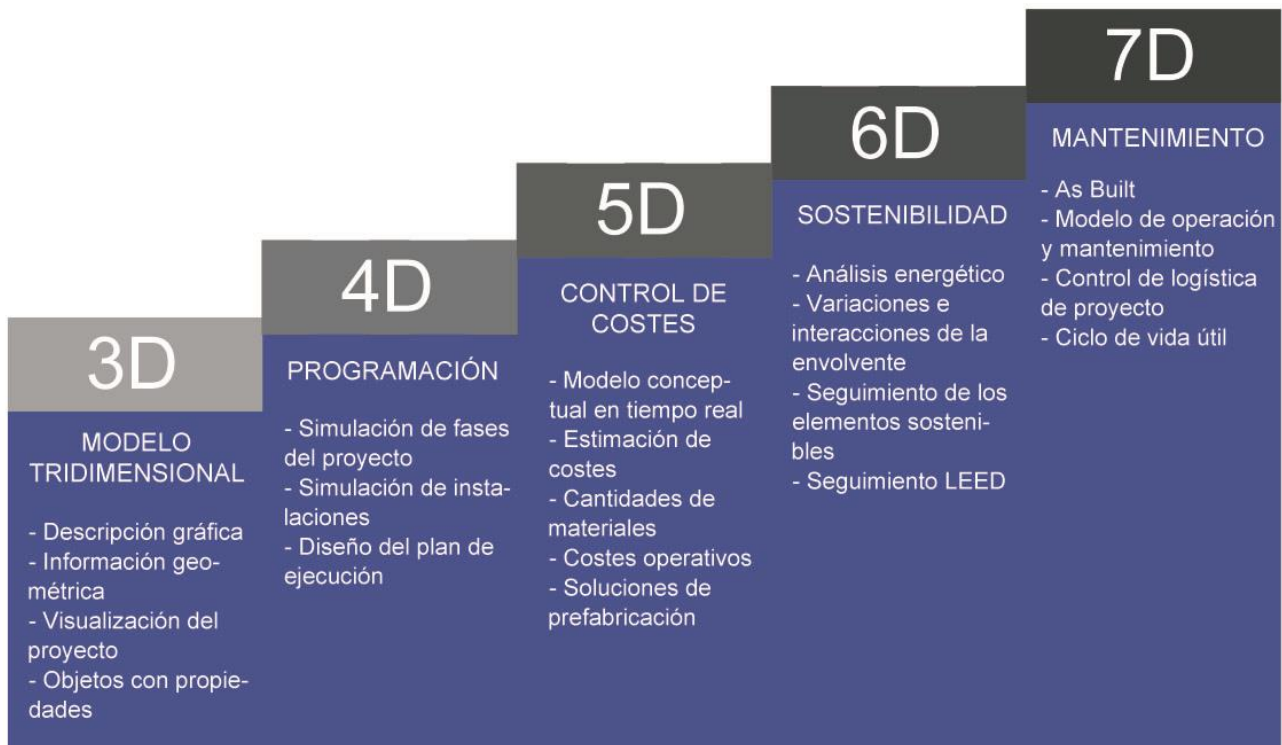


Figura 2: Dimensiones BIM. Elaboración propia a partir de la fuente: (Ibañez Solano, 2016)

2.1.4. LOS ROLES DEL BIM

Aunque la denominación de cada puesto no está claramente consensuada entre los usuarios BIM españoles, sí que están consensuadas las funciones específicas de cada rol. A continuación se muestra los distintos roles de menor a mayor responsabilidad en un entorno BIM (Oliver Faubel, 2016):

- **Modelador/Operador de elementos u objetos BIM:** Una de sus principales funciones es la de crear elementos u objetos BIM que más adelante se introducirán al modelo. Debido a la gran implantación del Revit como programa de autoría, a este rol se le denomina modelador de familias, nombre que reciben los elementos de este software. Al modelador de elementos BIM no se le exige que tenga conocimientos de construcción, solamente los básicos. En lo que respecta a los conocimientos de la tecnología BIM, sí que debe conocer y manejar la información paramétrica, el uso de las restricciones y el de las aplicaciones para el modelado de elementos. Este rol lo asume normalmente los delineantes.
Modelador/Operador BIM: Este rol puede crear modelos BIM y preparar las vistas de los planos. Según en qué nivel de desarrollo puede llegar el modelo, al operador BIM se le requerirán más conocimientos en materia de construcción a más niveles de definición. Tiene que saber controlar las herramientas de software de autoría BIM. En cuanto los niveles de información lleguen a LOD 300, esta función tiene que realizarla un profesional de AEC (Architecture, Engineering & Construction).
- **Analista BIM:** Es quien hace las simulaciones y el análisis sobre los modelos BIM. Tiene que ser un especialista en su disciplina, además de dominar las herramientas específicas BIM que le permitan aplicar los conocimientos sobre el modelo de proyecto. Este rol solo lo pueden desempeñar los profesionales AEC.

- **Especialista en modelos BIM:** Su función es la de mejorar la estructura de ficheros IFC para optimizar el intercambio de información. Tiene que ser experto en interoperabilidad y protocolos de intercambio de datos entre programas. Estas tareas las pueden realizar un técnico informático o un delineante.
- **BIM Manager:** Tiene la responsabilidad de gestionar al resto de miembros del equipo BIM, y de desarrollar y aplicar el manual BIM de la organización. Tiene que tener altos conocimientos en construcción, gestión de proyectos, desarrollo de trabajo en espacios colaborativos y en procedimientos, protocolos, estándares y flujos de trabajo BIM. No es necesario que sea un especialista en el la utilización de herramientas BIM, pero sería recomendable que tuviera un alto nivel de dominio de las más comunes. Este rol solo lo puede acatar un profesional AEC.
- **General BIM Manager:** Es el BIM Manager que dirige a los BIM managers asignados a casa uno de los proyectos, en el caso de una organización trabaje simultáneamente en varios de ellos.
- **Coordinador BIM:** Tiene la responsabilidad de desarrollar, aplicar y gestionar el BEP (Plan de Ejecución BIM) de un proyecto y coordinar a los BIM manager de las diferentes organizaciones que intervienen en el proceso proyecto-construcción. Sería el equivalente del General BIM Manager de una organización en el ámbito de un proyecto de construcción, y por ello se le pide que tenga las mismas capacidades. Este rol hace muchas veces las funciones de BIM manager de una de las organizaciones participantes, asumiendo también el de Coordinador BIM. Solamente puede ser asumido por un profesional AEC.
- **Facilities Manager:** Es el responsable de la gestión del edificio en su fase de explotación, realizando sus tareas en un entorno BIM. Solamente puede asumir estas funciones un profesional AEC.

Es importante destacar que fuera del ámbito del proyecto de construcción, existen también otros roles como son los siguientes:

- **Formador BIM:** Instructor en el uso de herramientas BIM.
- **Consultor BIM:** Asesor que ayuda a la implementación de BIM en una organización, diseñando y acompañando todo el proceso y formación de los miembros de la organización.
- **Investigador BIM:** Tiene la función de investigar sobre el BIM en el ámbito académico o de departamentos I+D+i, con la finalidad de proponer mejoras y avances en cualquiera de las facetas de BIM.

2.2. PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE (PMBOK)

2.2.1. DEFINICIÓN

Antes de describir sobre esta metodología se definirá los conceptos “Project Management” y “Project Manager”, imprescindibles para entender el funcionamiento de la Guía PMBOK.

Según Almela (2009), define que el Director de Proyecto es el que está especializado en planificar, desarrollar y controlar un proyecto. Actúa no mirando sus intereses sino al de sus clientes y el de todas las partes involucradas, satisfaciendo sus necesidades. En el caso de necesitar ayuda de especialistas, es capaz de motivarlos para sepan aplicar sus conocimientos y experiencias, beneficiando al proyecto. Otro autor, como lo es Fuentes Giner (2011), explica que el Project Manager es el máximo responsable del proyecto y lo gestionará durante todo su proceso de vida, siendo además la persona de confianza del cliente. Sus principales características son la capacidad de gestión y organización, la habilidad de poder comunicarse abiertamente sin ningún tipo de obstáculo, el liderazgo, y la negociación y gestión de conflictos. En definitiva, el Project Manager es el responsable principal del proyecto, es el que se encarga de llevar la planificación, control y desarrollo del mismo. Tiene que tener ciertas aptitudes como la de saber gestionar y poder comunicar, para poder tenerlo todo organizado y planificado, con la intención siempre de tener a todos sus clientes satisfechos, para así poder alcanzar el éxito del proyecto.

Con respecto al concepto de “Project Management” o lo que es lo mismo “Gestión de Proyectos, dice Lock (1979) que es una rama especializada en la gestión que se ha desarrollado con el fin de coordinar y controlar algunas de las complejas actividades de la industria moderna, pero la definición más completa es la que ofrece Project Management Institute (PMI) en la que lo define como una *“disciplina que abarca la organización, el planeamiento, la motivación y el control de los recursos con la finalidad de alcanzar los objetivos propuestos para lograr el éxito en uno o varios proyectos dentro de las limitaciones establecidas. Estas limitaciones suelen ser el alcance, el tiempo, la calidad y el presupuesto”*. En definitiva es la especialidad que estudia la forma correcta de poder aplicar los conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a actividades que componen un proyecto, para así lograr satisfacer las necesidades y expectativas de todos los agentes involucrados (tanto clientes externos como clientes internos).

Una vez ya definidos estos dos conceptos, ya se puede desarrollar con total amplitud la metodología PMBOK. Project Management Body of Knowledge (PMBOK GUIDE) no debe entenderse como una metodología sino como una Guía para la Dirección de Proyectos, la cual proporciona los pasos necesarios para poder dirigir proyectos individuales, definiendo los conceptos que engloban la dirección de proyectos. También describe el ciclo de vida de la dirección de proyecto y los procesos relacionados, así como el ciclo de vida del proyecto. Existen dos secciones muy importantes de esta guía, de las cuales se detallará con más detenimiento más adelante, que son los “Grupos de Procesos”, que proporcionan un análisis general de las interacciones entre procesos dentro de las diez “Áreas de Conocimiento” y los “5 Grupos de Procesos”.

2.2.2. ORGANIZACIÓN DE UN PROYECTO.

Adentrándonos en la organización de un proyecto y de todos los agentes que intervienen, según la Guía PMBOK (**Project Management Institute, 2013**), son todos aquellos miembros que participan en un proyecto así como todas las entidades interesadas, ya sean internas como externas de la organización. Este equipo de proyecto identifica a los agentes o interesados, sean tanto internos como externos, positivos y negativos, ejecutores y asesores, con el objetivo de definir las condiciones del proyecto y las expectativas de todas las partes involucradas. Una de las principales funciones del Director de Proyecto es el de saber gestionar las influencias de los diferentes interesados del proyecto para así conseguir con resultado con éxito. En el gráfico siguiente se muestra la relación entre el proyecto, equipo de proyecto y los distintos interesados que lo conforman:

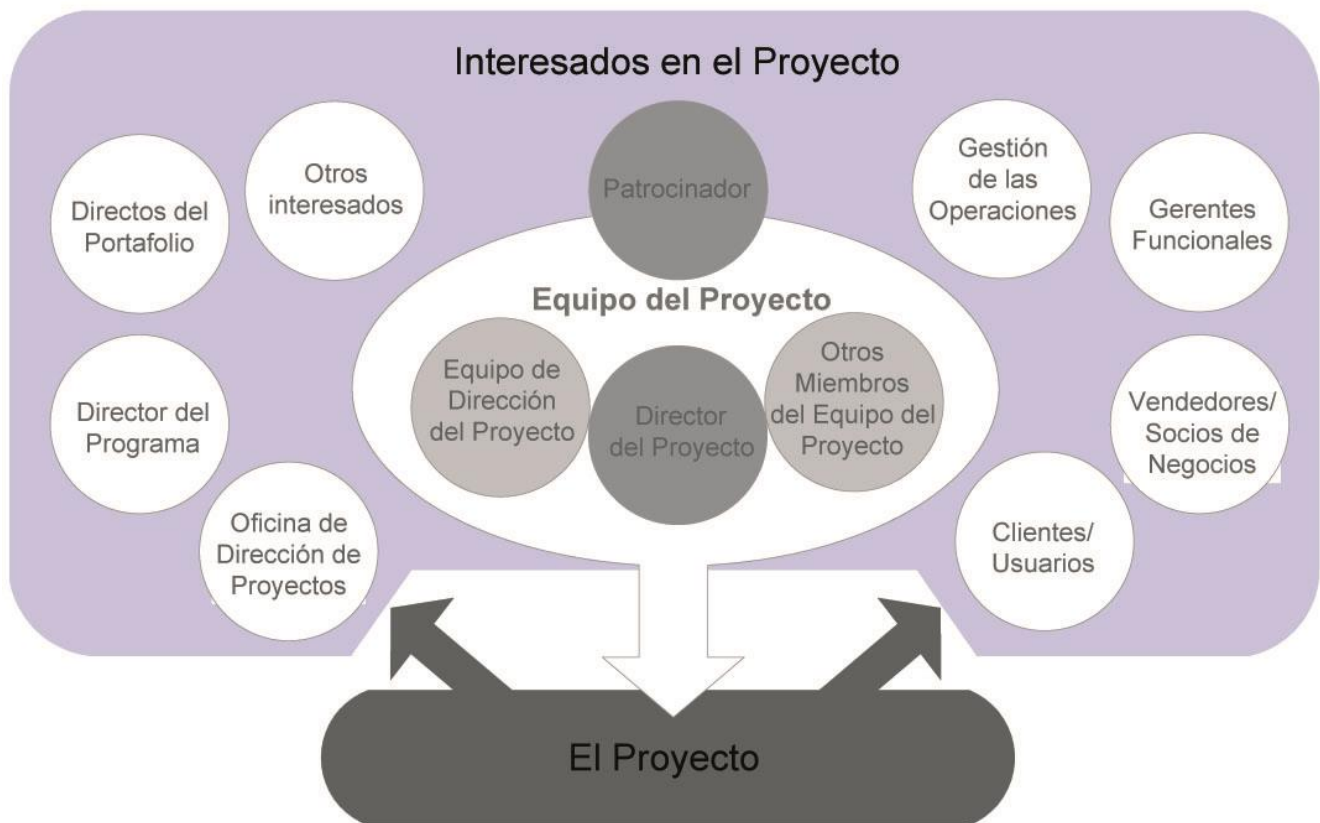


Figura 3: Relación entre los Interesados y el Proyecto. Elaboración propia a partir de la fuente: (**Project Management Institute, 2013**)

Los interesados del Proyecto tienen diferentes escalas en relación a la responsabilidad y la autoridad cuando son partícipes en un proyecto. Sin embargo, estos niveles pueden ir cambiando durante el ciclo de vida del proyecto. A continuación se muestran unos ejemplos de interesados del proyecto (**Project Management Institute, 2013**):

- Patrocinador: Es aquella persona o grupo de personas que proporciona recursos y apoyo suficientes para el proyecto, siendo responsable de garantizar su éxito. Puede ser interno o externo a la organización. El patrocinador lleva el proyecto mediante los procesos de inicio hasta que esté formalmente autorizado, y además tiene un rol importante en el desarrollo del alcance inicial y del acta de constitución del proyecto.
- Clientes y usuarios: Son aquellos que aprobarán y darán uso del producto o servicio, que es en este caso es el proyecto. Tanto los clientes como los usuarios pueden ser tanto internos como externos.

- Vendedores: Son los proveedores, suplidores o contratistas, siendo estas compañías externas que realizan un contrato para suministrar los servicios necesarios para un proyecto.
- Socios de negocios: Son organizaciones externas que tienen una relación con la empresa, recibida en algunos casos mediante un proceso de certificación.
- Grupos de organización: Son grupos internos dentro de la organización que están involucrados en las actividades del equipo de proyecto. Todas estas funciones dentro de una organización puede ser marketing y ventas, recursos humanos, área legal, finanzas, operaciones, producción y servicio al cliente. Estos grupos sostienen el entorno del negocio en el que se elaboran los números proyectos y que por tanto, resultan afectados por las actividades del proyecto.
- Gerentes funcionales: Son aquellas personas que cumplen la función de gestor dentro del área administrativa de una empresa, como puede ser recursos humanos, finanzas, contabilidad o compras/adquisiciones. Este grupo de personas cuenta con personal propio asignado para realizar el trabajo.
- Otros interesados: Pueden ser entidades contratantes, instituciones financieras, organismos reguladores, expertos en la materia, consultores y otros, etc.

2.2.3. EQUIPO DEL PROYECTO.

Dentro de este equipo se encuentra el director de proyectos y el grupo de individuos que trabajan conjuntamente en el proyecto, teniendo las habilidades necesarias para desarrollar el trabajo, siendo éstos el personal de dirección y otros miembros que también colaboran en el proceso pero no participan en la dirección de la misma. A continuación se muestra los roles más habituales dentro de un equipo de proyectos (**Project Management Institute, 2013**):

- Personal de dirección de proyectos: Son aquellos capaces de llevar a cabo las actividades de la dirección de proyectos como pueden ser la elaboración de la planificación de la obra, preparación del presupuesto, presentación de informes y control, comunicaciones, gestión del riesgo y el apoyo administrativo. Este rol puede ser respaldado por la oficina de dirección de proyectos (PMO).
- Personal de proyecto: Su trabajo es el de crear los entregables del proyecto.
- Expertos de apoyo: Son aquellos miembros que desarrollan actividades para ejecutar el plan para la dirección de proyectos. Éstos pueden incluir roles como la contratación, la gestión financiera, la logística, los asuntos legales, la seguridad, la ingeniería o el control de calidad.
- Representantes del Usuario o del Cliente: Son aquellos que aceptan los entregables del proyecto o productos del proyecto, considerándose representantes del Usuario Final o Cliente, para así validar la aceptabilidad de los resultados del proyecto.
- Vendedores: Son los proveedores, suplidores o contratistas, siendo éstos las compañías externas que proporcionan un contrato para suministrar componentes o servicios necesarios para el proyecto.
- Miembros de empresas socio: Son miembros de los socios de negocios que garantizan una coordinación adecuada.
- Socios de negocios: Son compañías externas, pero tiene además una relación especial con la empresa. Tiene la función de proporcionar experiencia especializada o desempeñar un rol en concreto, como una instalación, personalización, capacitación o apoyo.

2.2.4. CICLO DE VIDA DEL PROYECTO.

Según la Guía PMBOK (Project Management Institute, 2013), el ciclo de vida de un proyecto consiste en “una serie de etapas que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta el cierre del mismo. Las fases son secuenciales y sus denominaciones y números se determinan en función de las necesidades de gestión y control de la organización u organizaciones que participan en el proyecto. Las fases se pueden dividir por objetos funcionales o parciales, resultados o entregables intermedios, hitos específicos dentro del alcance global del trabajo o disponibilidad financiera, siendo generalmente acotadas en el tiempo, con un inicio y un final o punto de control. Un ciclo de vida se puede documentar dentro de una metodología”.

En la imagen que se muestra continuación establece una estructura genérica de ciclo de vida que tiene que tener los proyectos a modo genérico:



Figura 4: Niveles Típicos de Costo y Dotación de Personal en una Estructura Genérica del Ciclo de Vida del Proyecto. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Analizando el gráfico anterior, la estructura del ciclo de vida tiene como características las siguientes:

- Al inicio del proyecto, los niveles de coste y de dotación del personal son bajos, pero a medida que va avanzando el proyecto van aumentando progresivamente según se va desarrollando el trabajo hasta alcanzar su máximo. Pero finalmente los niveles vuelven al caer al cierre del proyecto.
- La curva del gráfico anterior puede no ser aplicable a todos los proyectos.
- Los riesgos y la incertidumbre son más altos en el inicio del proyecto, pero van disminuyendo durante a vida del mismo, conforme se van tomando decisiones y aceptando entregables.
- La capacidad de influir en las características finales del proyecto, sin afectar sustancialmente el coste, es más elevada al inicio del proyecto y va bajando a medida que se acerca el cierre del mismo.

2.2.5. GRUPO DE PROCESOS DE DIRECCIÓN DE PROYECTOS

Se entiende por proceso de dirección de proyectos, al conjunto de actividades y acciones mutuamente relacionadas o que interactúan entre sí, que se utilizan para crear un producto, resultado o servicio predefinido. Cada proceso se caracteriza por sus entradas, herramientas y técnicas que se pueden aplicar y por las salidas que se obtienen (**Project Management Institute, 2013**).

Según la Guía PMBOK (**2013**) para que un proyecto tenga éxito el equipo de proyecto deberá seleccionar los procesos adecuados para lograr los objetivos principales, establecer y mantener una buena y correcta comunicación con los interesados del proyecto, para lograr así la satisfacción de las necesidades y expectativas de los mismos, y equilibrar las restricciones contrapuestas relativas al alcance, planificación, presupuesto, calidad, recursos y riesgo para producir el producto. Existen dos categorías principales que se clasifican los grupos de procesos:

- **Procesos de la dirección de proyectos:** Los cuales aseguran que el proyecto avanza de manera correcta y coherente a lo largo de su ciclo de vida. Incorporan herramientas y técnicas involucradas en la aplicación de las habilidades y capacidades que se describen en las Áreas de Conocimiento, que más adelante se describirá.
- **Procesos orientados al producto:** Son los que especifican y crean al producto del proyecto. Estos procesos son definidos por el ciclo de vida del proyecto, y van cambiando según el área de aplicación y la fase del ciclo de vida del proyecto.

La Guía del PMBOK explica únicamente los procesos de la dirección de proyectos, los cuales se agrupan en cinco categorías conocidas como “Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos” (Grupos de Procesos). A continuación se citan y describen más detalladamente (**Project Management Institute, 2013**):

2.2.5.1. Grupo de Procesos de Inicio

Está compuesto por aquellos procesos realizados para definir un proyecto nuevo o una nueva fase de un proyecto que ya existe al proporcionar la autorización para iniciar el proyecto o fase. En este grupo es donde se **define el Alcance** y se introducen los recursos financieros iniciales, además es cuando se identifican los interesados internos y externos al proceso que van a participar en el proyecto. También se nombra al director de proyecto, figura fundamental para llevar a cabo el proceso. Toda esta información queda registrada en el Acta de Constitución del proyecto, suponiendo que la evaluación, aprobación y financiamiento del caso de negocio se manejan fuera de los límites del proyecto (Figura 5). Cuando hablamos del límite de un proyecto, se hace referencia a cuando se autoriza el inicio o la finalización del proyecto o una fase de la misma. Uno de los objetivos principales de este grupo de procesos es el de alinear expectativas de los interesados con el propósito del proyecto, darles visibilidad sobre el alcance y los propios objetivos, en definitiva, establecer la visión del proyecto.

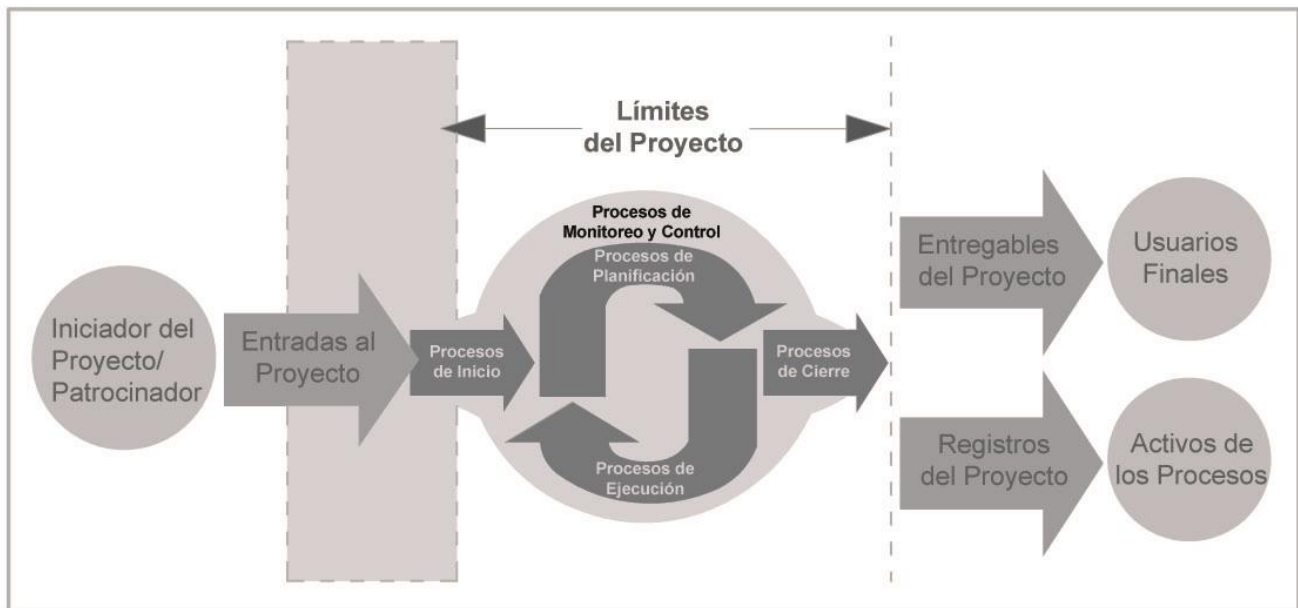


Figura 5: Límites del Proyecto. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

2.2.5.2. Grupo de procesos de Planificación

Son aquellos procesos requeridos para establecer el **alcance total del proyecto**, definir y refinar los objetivos y desarrollar el curso de acción requerido para alcanzar los objetivos del proyecto. En este grupo se desarrolla **el plan para la dirección del proyecto** y todos los documentos del proyecto necesarios para llevarlo a cabo. Conforme se va añadiendo y comprendiendo más información del proyecto, existe la posibilidad de que se necesite de una planificación adicional, ya que durante el ciclo de vida del proyecto se producen cambios que generan la necesidad de reconsiderar uno o más procesos de planificación. Una de las ventajas de este grupo de procesos es el establecer una serie de estrategias para completar con total éxito el proyecto o fase.

El Plan para la dirección del proyecto y los documentos que aporta, siendo éstos salidas del Grupo de Procesos de Planificación, contiene todos los aspectos de alcance, tiempo, costes, calidad, comunicaciones, recursos humanos, riesgos, adquisiciones y partición de los agentes involucrados, es decir, los interesados.

2.2.5.3. Grupo de procesos de Ejecución

Este Grupo de Procesos está constituido por los procesos realizados para completar el trabajo definido en el Plan para la dirección del proyecto, con el propósito de satisfacer las especificaciones del mismo. En él se coordinarán personas y recursos, se gestionará las perspectivas de los interesados, además de incorporar y realizar las actividades del proyecto conforme dicta el plan para la dirección del proyecto. Durante la ejecución del proyecto se pueden producir cambios en el mismo, y por tanto será necesaria una revisión de la planificación, así como de una actualización, requiriendo de ello la introducción de cambios en las duraciones de las actividades, cambios en la disponibilidad y productividad de los recursos y también de los riesgos que no se hayan previsto. Todos estos cambios afectarán al plan para la dirección del proyecto o a los documentos que lo conlleva, además de necesitar de un análisis y desarrollo de respuestas de la dirección de proyectos. Los resultados de análisis pueden dar lugar a solicitudes de cambio que, en el caso de que las aprueben, podrían llegar a cambiar en plan para la dirección del proyecto. Es importante destacar que una gran parte del presupuesto se utilizará en la realización de los procesos del Grupo de Procesos de Ejecución.

2.2.5.4. Grupo de procesos de Seguimiento y Control

Son aquellos procesos los cuales están compuestos por procesos requeridos para rastrear, revisar y regular el proceso y el desempeño del proyecto, para poder identificar áreas en las que el plan para la dirección de proyectos requiera cambios y para comenzar los cambios pertinentes. Una de las ventajas de este grupo de procesos es que el desempeño del proyecto se mide y analiza en intervalos regulares, con el objetivo de identificar variaciones respecto del plan para la dirección del proyecto. Este Grupo de Procesos también implica:

- Controlar cambios y aconsejar acciones correctivas o preventivas para anticiparse a males mayores que puede surgir.
- Monitorear las actividades del proyecto, equiparándolas con el plan para la dirección del proyecto y con la línea de base para la medición del desempeño del proyecto.
- Influir en los factores que podrían eludir el control integrado de cambio.

2.2.5.5. Grupo de procesos de Cierre

Son aquellos procesos constituidos por procesos realizados para terminar todas las actividades mediante todos los Grupos de Procesos de la Dirección de Proyecto, con el objetivo de cerrar formalmente el proyecto o una fase del mismo. Tiene la función de verificar que todos los procesos se han completado correctamente dentro de todos los Grupos de Procesos, para así cerrar el proyecto o una fase. En el cierre del proyecto puede ocurrir lo expuesto a continuación:

- Que el cliente acepte todas las condiciones y así poder cerrar completamente el proyecto o fase.
- Que tras el cierre del proyecto o fase se haga una revisión de la misma.
- Que se registren los impactos de la adaptación a un proceso.
- Que las lecciones aprendidas se documenten.
- Que se apliquen actualizaciones adecuadas a los activos de los procesos de la organización.
- Que todos los documentos importantes del proyecto estén archivados para usarlos como datos históricos.
- Que las actividades de adquisición se cierren.
- Que se aplique las evaluaciones de los integrantes del equipo de proyecto.

2.2.6. ÁREAS DE CONOCIMIENTO DE DIRECCIÓN DE PROYECTOS

Primeramente se iniciará este apartado, uno de los más importantes en esta Guía, con la definición de Área de Conocimiento de Dirección de Proyectos, definiéndolo Project Management Institute (2013): “La representación de un conjunto completo de conceptos, términos y actividades que conforman un ámbito profesional, un ámbito de la dirección de proyectos o un área de especialización”. Dentro de la Guía PMBOK existen hasta 47 procesos, que se agrupan en diez Áreas de Conocimiento, las cuales se utilizan en gran cantidad de proyectos durante la mayor parte del tiempo, por los equipos de proyecto. Estas 10 áreas son: Gestión de la Integración del Proyecto, Gestión del Alcance del Proyecto, Gestión del Tiempo del Proyecto, Gestión de los Costes del Proyecto, Gestión de la Calidad del Proyecto, Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto, Gestión de las Comunicaciones del Proyecto, Gestión de los Riesgos del Proyecto, Gestión de las Adquisiciones del Proyecto y Gestión de los Interesados del Proyecto.

Las Áreas de Conocimiento proporcionan una explicación de las entradas y salidas de los procesos, además de una descripción de las herramientas y técnicas que más uso frecuentan en los procesos de dirección de proyectos. En la tabla siguiente se muestra la correspondencia entre los 47 procesos de la dirección de proyectos dentro de los cinco Grupos de Procesos y las diez Áreas de Conocimiento:

Áreas de Conocimiento	Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos				
	Procesos de Inicio				
	Grupos de Procesos de Inicio	Grupos de Procesos de Planificación	Grupos de Procesos de Ejecución	Grupos de Procesos de Monitoreo y Control	Grupos de Procesos de Cierre
1. Gestión de la Integración del Proyecto	1.1. Desarrollar el Acta de Constitución	1.2. Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto	1.3. Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto	1.4. Supervisar y Controlar el Trabajo del Proyecto 1.5. Realizar el Control Integrado de Cambios	1.6. Cerrar el Proyecto o Fase
2. Gestión del Alcance del Proyecto		2.1. Planificar la Gestión del Alcance 2.2. Recopilar Requisitos de los Interesados 2.3. Definir el Alcance 2.4. Crear la EDT/WBS		2.5. Validar el Alcance 2.6. Controlar el Alcance	

<p>3. Gestión del Tiempo del Proyecto</p>		<p>3.1. Planificar la Gestión del Cronograma 3.2. Definir las Actividades 3.3. Secuenciar las Actividades 3.4. Estimar los Recursos de las Actividades 3.5. Estimar la Duración de las Actividades 3.6. Desarrollar el Cronograma</p>		<p>3.7. Controlar el Cronograma</p>	
<p>4. Gestión de los Costes del Proyecto</p>		<p>4.1. Planificar la Gestión de los Costes 4.2. Estimar los Costes 4.3. Determinar el Presupuesto</p>		<p>4.4. Controlar los Costes</p>	
<p>5. Gestión de la Calidad del Proyecto</p>		<p>5.1. Planificar la Gestión de la Calidad</p>	<p>5.2. Realizar el Aseguramiento de la Calidad</p>	<p>5.3. Controlar la Calidad</p>	
<p>6. Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto</p>		<p>6.1. Planificar la Gestión de los Recursos Humanos</p>	<p>6.2. Adquirir el Equipo del Proyecto 6.3. Desarrollar el Equipo del Proyecto 6.4. Dirigir el Equipo del Proyecto</p>		
<p>7. Gestión de los Recursos de Comunicación del Proyecto</p>		<p>7.1. Planificar la Gestión de las Comunicaciones</p>	<p>7.2. Gestionar las Comunicaciones</p>	<p>7.3. Controlar las Comunicaciones</p>	

<p>8. Gestión de los Riesgos del Proyecto</p>		<p>8.1. Planificar la Gestión de los Riesgos 8.2. Identificar los Riesgos 8.3. Realizar un Análisis Cualitativo de Riesgos 8.4. Realizar un Análisis Cuantitativo de Riesgos 8.5. Planificar la Respuesta a los Riesgos</p>		<p>8.6. Controlar los Riesgos</p>	
<p>9. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto</p>		<p>9.1. Planificar la Gestión de las Adquisiciones</p>	<p>9.2. Efectuar las Adquisiciones</p>	<p>9.3. Controlar las Adquisiciones</p>	<p>9.4. Cerrar las Adquisiciones</p>
<p>10. Gestión de los Interesados del Proyecto</p>	<p>10.1. Identificar los Interesados</p>	<p>10.2. Planificar la Gestión de los Interesados</p>	<p>10.3. Gestionar la Participación de los Interesados</p>	<p>10.4. Controlar la Participación de los Interesados</p>	

Tabla 2: Correspondencia entre Grupos de Procesos y Áreas de Conocimiento de la Dirección de Proyectos. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

2.2.6.1. Gestión de integración del proyecto

Esta área incluye los procesos y actividades necesarios para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los diversos procesos y actividades de la dirección del proyecto dentro del Grupo de Procesos de la Dirección de Proyectos. Las características de esta área son de unificar, consolidar, comunicar y crear acciones que integren, para que así el proyecto pueda llevarse a cabo de manera correcta y se complete con total éxito, cumpliendo las expectativas de los interesados. La Gestión de la Integración del Proyecto tiene que tomar decisiones relevantes como pueden ser la asignación de recursos, el equilibrar los objetivos y alternativas contrapuestas, así como saber manejar las interdependencias entre las distintas Áreas de Conocimiento (Project Management Institute, 2013). Los procesos que se emplean dentro de esta área son los que se muestran a continuación:

1. **Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto:** Consiste en un documento que de manera formal autoriza la existencia de un proyecto y confiere al director del proyecto la autoridad para nombrar los recursos de la organización a las actividades que conforman el proyecto. La figura 6 muestra las entradas, herramientas y salidas a emplear en este proceso.



Figura 6: Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Enunciado del trabajo del proyecto: Se trata en la descripción de los productos y servicios que son necesarios para la entrega del proyecto. Si el proyecto es interno, entonces el patrocinador del proyecto deberá proporcionar el mismo el enunciado del trabajo, exponiendo las necesidades de la empresa o los del producto o servicio. Sin embargo, en el caso de que el proyecto sea externo, será en cliente quien podrá proporcionar el enunciado del proyecto como parte de un documento de licitación.
- 2) Caso de negocio: Contiene la información necesaria desde la perspectiva del negocio para analizar si el proyecto es viable o no. Con bastante frecuencia se utiliza para tomar este tipo de decisiones la dirección o ejecutivos de un nivel superior al proyecto. La necesidad de negocio y el análisis costo-beneficio suelen incluirse en el caso de negocio para demostrar y establecer los límites del proyecto. El caso de negocio realizar como resultado de una o más de las siguientes razones: Demanda del mercado, necesidad de la organización y social, solicitud del cliente, avance tecnológico, requisito legal e impacto ecológico.

- 3) Acuerdos: Definen las intenciones iniciales de un proyecto. Los acuerdos pueden tomar a forma de contratos, memorandos de entendimiento (MOUs), acuerdos de nivel de servicio (SLA), cartas de acuerdo, declaraciones de intenciones, acuerdos verbales, etc.
- 4) Factores ambientales de la empresa: Hacen referencia a condiciones que no están bajo el control del equipo del proyecto y que influyen, restringen o dirigen el proyecto. Son considerados entradas para la gran parte de los procesos de planificación, pueden mejorar o restringir las opciones de la dirección de proyectos, y además pueden influir positivamente o negativamente en el resultado. Suelen incluir estándares gubernamentales, de la industria o de calidad, cultura y estructura de la organización y condiciones del mercado.
- 5) Activos de los Procesos de la Organización: Son los planes, procesos, políticas, procedimientos y bases de conocimientos específicos de la organización ejecutora y utilizados por la misma. Los activos también pueden llevar cronogramas completados, datos de riesgos y datos sobre el valor ganado, además de constituir entradas para gran parte de los procesos de planificación. Los componentes del equipo del proyecto pueden realizar actualizaciones y adiciones a los activos de los procesos de la organización. Entre los que se incluyen suelen ser procesos estándar de la organización, políticas y definiciones de los procesos, plantillas e información histórica, y una base de conocimientos de lecciones como pueden ser proyectos, registros, documentos, información del cierre del proyecto, etc.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Juicio de expertos: Este juicio se utiliza para evaluar las entradas que se usan para crear el acta de constitución del proyecto. Su aplicación se desarrolla en los detalles técnicos y de gestión a lo largo del proceso. Se puede encontrar disponible en gran variedad de fuentes como pueden ser consultores, interesados tanto clientes como patrocinadores, asociaciones de profesionales y técnicas, grupos industriales, oficina de dirección de proyectos, etc.
- 2) Técnicas de Facilitación: Tienen una gran aplicación en el ámbito de los procesos de la dirección de proyectos y dirigen el desarrollo del acta de constitución del proyecto. Entre las diversas técnicas que emplean los facilitadores para ayudar a los equipos e individuos para que puedan llevar a cabo sus actividades, cabe destacar la tormenta de ideas, solución de problemas y la gestión de reuniones.

Salidas:

- 1) Acta de Constitución del Proyecto: Es un documento redactado por el iniciador el proyecto o patrocinador, el cual autoriza formalmente la existencia del proyecto y le otorga al director del proyecto la autoridad para que pueda asignar los recursos necesarios de la organización a las actividades del proyecto. En el Acta se documenta las necesidades de negocio, los supuestos, las restricciones, el conocimiento de las necesidades y los requisitos de alto nivel del cliente y el producto o servicio, como puede ser:
 - a) El propósito del proyecto.
 - b) Los objetivos medibles del proyecto y sus criterios de éxito.
 - c) Los requisitos de alto nivel.
 - d) Los supuestos y las restricciones.
 - e) La descripción de alto nivel del proyecto.
 - f) Los riesgos de alto nivel.
 - g) El resumen del cronograma/planificación de hitos.
 - h) El resumen del presupuesto.
 - i) La lista de los interesados.
 - j) Los requisitos de aprobación del proyecto (es decir, en que consiste el éxito de ese proyecto).

- k) El director de proyecto asignado, que responsabilidad acota y el nivel de autoridad.
- l) El nombre y el nivel de autoridad del patrocinador o de quienes autorizan el acta de constitución del proyecto.

2. Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto: Consiste en definir, preparar y coordinar todos los planes secundarios e incorporarlos en un plan integral para la dirección del proyecto. El objetivo principal de este proceso es el de crear un documento central que defina la base para todo el trabajo del proyecto. Martínez Montes y PellicerArmiñana (2007) definen el Plan para la Dirección del Proyecto como el documento que establece que procedimientos y recursos asociados deben aplicarse, quién debe aplicarlos y cuándo debe aplicarse a un proyecto, producto, proceso o contrato específico. En la figura siguiente se citan las entradas, herramientas y salidas a emplear en este proceso:



Figura 7: Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Acta de constitución del proyecto: Ya descrita en las Salidas del proceso anterior “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto”. En función de la complejidad y la información del proyecto, cada acta varía de tamaño, definiendo siempre como mínimo los límites de alto nivel del proyecto.
- 2) Salidas de otros procesos: Se integran para crear el plan para la dirección del proyecto. Cualquier línea base y plan secundario que constituya una salida de otros procesos de planificación constituye una entrada para este proceso.
- 3) Factores ambientales de la Empresa: Ya descritos en las Entradas del proceso anterior “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto”. Estos factores puede incluir estándares gubernamentales, fundamentos para la dirección de proyectos en concreto para el mercado vertical, o sistemas de información para la dirección de proyectos como herramientas automáticas.
- 4) Activos de los Procesos de la Organización: Se encuentran detallados en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto”. Dentro de estos activos se incluyen las guías estandarizadas, las instrucciones de trabajo, una plantilla para la dirección del proyecto, procedimientos del control de cambios, archivos de proyectos anteriores, información histórica y base de conocimiento de gestión de la configuración.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Juicio de Expertos: Este juicio se utiliza para el plan para la dirección del proyecto para lo siguiente:
 - Adecuarse al proceso para cumplir con las necesidades del proyecto.
 - Desarrollar y exponer los detalles técnicos y de gestión que deberán estar incluidos dentro del plan para la dirección del proyecto.
 - Saber que recursos y que niveles de habilidad serán necesarios para poder gestionar perfectamente el trabajo del proyecto.
 - Saber qué nivel de gestión de la configuración se tendrá que aplicar al proyecto.
 - Determinar cuáles son los documentos del proyecto, los cuales estarán sujetos al proceso de control de cambios.
 - Determinar las prioridades en el trabajo del proyecto.

- 2) Técnicas de Facilitación: Descritos en el apartado anterior de Herramientas y Técnicas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto”. Estas técnicas de facilitación guían el desarrollo del plan para la dirección del proyecto. Al igual que en el Acta de Constitución, las técnicas más habituales suelen ser tormenta de ideas, resolución de conflictos y gestión de reuniones, las cuales los facilitadores las emplean para ayudar tanto a los equipo de trabajo como de forma individual a cada trabajador.

Salidas:

- 1) Plan para la Dirección del Proyecto: Como ya se ha descrito anteriormente, el Plan es un documento el cual explica la manera en que el proyecto será ejecutado, monitoreado y controlado. Incorpora y consolida todos los planes y líneas base secundarios de los procesos de planificación. Las **líneas base del proyecto** que incluyen son las siguientes:
 - Del alcance.
 - Del cronograma/planificación.
 - De los costes.

Dentro de los planes secundarios, se incorporan lo siguientes:

- Plan de gestión del alcance.
- Plan de gestión de los requisitos.
- Plan de gestión del cronograma/planificación.
- Plan de gestión de los costes.
- Plan de gestión de la calidad.
- Plan de gestión del proceso.
- Plan de gestión de los recursos humanos.
- Plan de gestión de las comunicaciones.
- Plan de gestión de los riesgos.
- Plan de gestión de las adquisiciones.
- Plan de gestión de los interesados.

A continuación se muestra un listado de lo que suele llevar el Plan para la Dirección del Proyecto:

- Ciclo de vida del proyecto y los procesos a aplicar en cada etapa.
- Detalles de las decisiones para la adaptación especificadas por el equipo de dirección del proyecto.

- Detalle del modo en que hace el trabajo del proyecto para lograr los objetivos principales.
- Plan de gestión de cambios, en el que se describen la forma de llevar los mismos cambios.
- Plan de gestión de la configuración que describa como realizar dicha gestión.
- Requisitos y técnicas de los participantes en el proyecto.
- Revisiones clave de gestión del contenido, el alcance y el tiempo.

3. Dirigir y Gestionar la Ejecución/Trabajo del Proyecto: Consiste en liderar y llevar a cabo el trabajo descrito en el plan para la dirección del proyecto. La ventaja de este proceso es la de proporcionar la dirección del trabajo del proyecto. En la figura siguiente aparece las entradas, herramientas y salidas de este proceso:

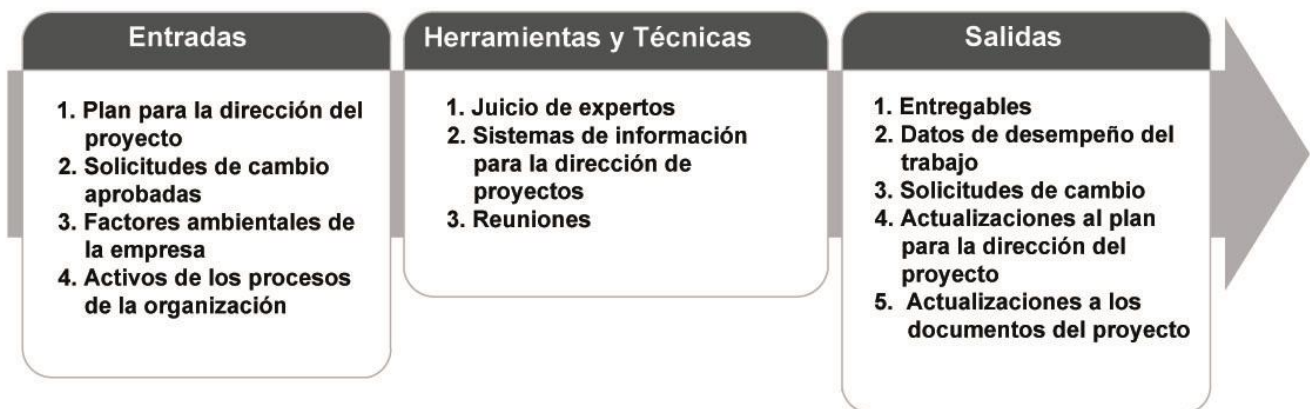


Figura 8: Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan para la Dirección del Proyecto: Ya descrito en las Salidas del proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto”, el cual incluye los planes secundarios que hacen referencia a todos los aspectos del proyecto. En estos planes secundarios se incluye lo siguiente:
 - Plan de gestión del alcance.
 - Plan de gestión de los requisitos.
 - Plan de gestión del cronograma/planificación.
 - Plan de gestión de los costes.
 - Plan de gestión de los interesados.
- 2) Solicitudes de Cambio Aprobadas: Pertenece a las Salidas del proceso “Realizar el Control Integrado de Cambios”, y el cual se incluye, como su nombre indica, las solicitudes revisadas y aprobadas, para así implementarlo por el comité de control de cambios (CCB). Esta solicitud puede basarse en una acción correctiva preventiva o una reparación de desperfectos, y se planifican e implementan por medio del equipo del proyecto, pudiendo tener efecto sobre alguna de las áreas del proyecto o sobre el plan para la dirección del proyecto. También las solicitudes pueden llegar a ser modificadas, pudiéndose cambiar, el plan para la dirección del proyecto, los costes, e incluso el cronograma.

- 3) Factores ambientales de la empresa: Ya explicados en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto”. Cabe destacar entre los factores ambientales de la empresa que afectan al proceso de “Dirigir y Gestionar la ejecución del Proyecto” los de la cultura de la organización, la infraestructura (instalaciones existentes), la gestión del personal, la tolerancia al riesgo de los interesados (porcentaje de superación de los costes permitidos) y el sistema de información para la dirección del proyecto.
- 4) Activos de los Procesos de la Organización: Descritos en las Entradas en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto”. Entre los más destacados suelen ser las guías e instrucciones de trabajo, los requisitos de comunicación, procedimientos para la gestión de incidencias y defectos, bases de datos para medir los procesos y archivos de proyectos antiguos (líneas de alcance, de costes, del cronograma, calendarios del proyecto, etc).

Herramientas y Técnicas:

- 1) Juicio de Expertos: Su empleo es para supervisar las entradas necesarias y así poder gestionar y dirigir la ejecución del plan para la dirección del proyecto, aplicando el juicio y la experiencia por parte del director del proyecto y su equipo de dirección a los detalles técnicos y de gestión.
- 2) Sistema de Información para la Dirección de Proyectos: Este sistema de información está incluido dentro de los factores ambientales, suministrando el acceso a herramientas como puede la programación, sistema de autorización de trabajos, sistema de gestión de configuración, sistema de recopilación y distribución de la información a otros sistemas automáticos en línea. La automatización de la recopilación y el informe de los indicadores clave de desempeño (KPI) pueden formar parte de este sistema.
- 3) Reuniones: Su función es la de discutir y afrontar los temas relacionados con el proyecto durante la dirección y gestión del trabajo del proyecto. Dentro de la reunión pueden asistir el director del proyecto, el equipo y los interesados por los asuntos que se vayan a tratar. Cada persona que asista a esa reunión debe de tener un rol que le caracterice, para que así pueda tener una participación lo más adecuada posible. Existen tres tipos de reuniones que nunca deben mezclarse:
 - Intercambio de información.
 - Tormenta de ideas o evaluación de opciones.
 - Toma de decisiones.

Las reuniones se tienen que preparar con una agenda correctamente definida, además de que deben estar bien documentadas con las actas de reunión pertinentes, estando almacenadas en el plan para la dirección del proyecto.

Salidas:

- 1) Entregables: Es cualquier producto o servicio con la capacidad de prestar un servicio, único y verificable, el cual tendrá que hacer su función cuando termine un proceso, fase o proyecto. Son componentes tangibles empleados para lograr los objetivos del proyecto.
- 2) Datos de Desempeño del Trabajo: Son observaciones y mediciones brutas identificadas durante la ejecución de las actividades para poder llevar a cabo el trabajo del proyecto. Entre los datos de desempeño del trabajo se incluyen el trabajo completado, los indicadores clave de desempeño, las medidas de desempeño técnico, las fechas de inicio y fin de las actividades planificadas, etc.
- 3) Solicitudes de Cambio: Consiste en una propuesta formal para poder modificar cualquier tipo de documento o entregable o pedir un cambio a la línea de base. Durante la ejecución del proyecto se suelen suceder problemas y fallos, los cuales se puede subsanar mediante la emisión de

solicitudes de cambio que puede cambiar los procedimientos, alcance, presupuesto, cronograma o la calidad del proyecto. Las solicitudes de cambio pueden abarcar acciones correctivas, acciones preventivas, reparación de defectos y actualizaciones.

- 4) Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto: Las partes del plan para la dirección del proyecto que pueden ser llegar a ser actualizados incluyen todos los planes de gestión en relación al alcance, los requisitos, cronograma/planificación, costes, calidad, proceso, recursos humanos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones, interesados y las líneas de base del proyecto.
- 5) Actualizaciones a los Documentos del Proyecto: Los documentos del proyecto a modificar suelen ser la documentación de requisitos, los registros del proyecto, de los riesgos y de los interesados.

4. Supervisar y Controlar el Trabajo del Proyecto: Consiste en hacer un seguimiento, supervisar e informar el avance con el propósito de cumplir los objetivos de desempeño descritos en el plan para la dirección del proyecto. Una de las ventajas de este proceso es de conocer el estado actual del proyecto, las medidas que se ha adoptado, las proyecciones del presupuesto, el cronograma y el alcance. En la figura siguiente aparece el listado de las entradas, herramientas y salidas a emplear en este proceso:

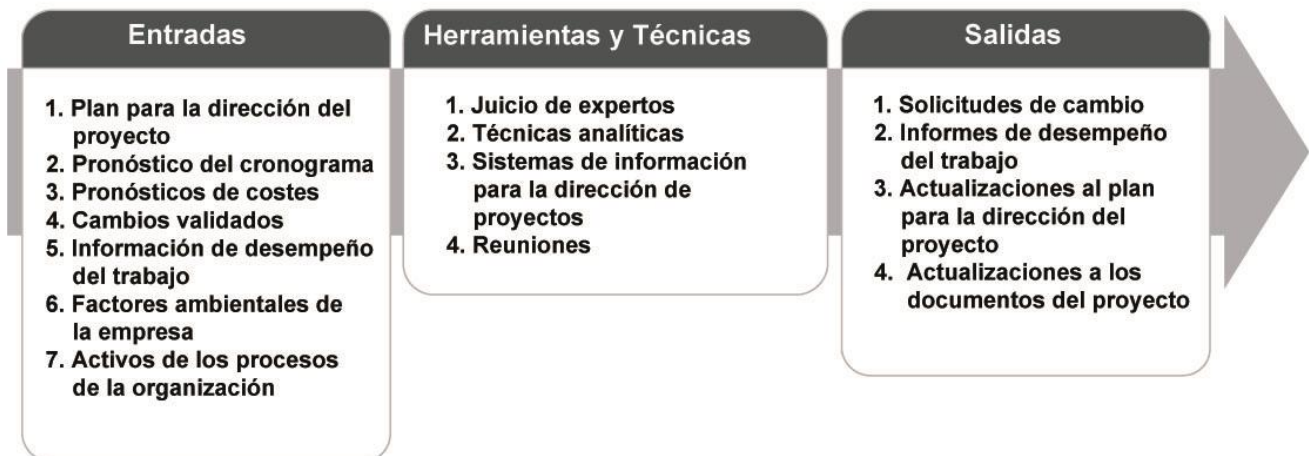


Figura 9: Monitorizar y Controlar el Trabajo del Proyecto: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan para la Dirección del Proyecto: Descritos en las Salidas del proceso “Desarrollar el para la Dirección del Proyecto”. Cuando se supervisa y controla el proyecto, hay que contemplar todo los aspectos del mismo. La base del control del proyecto está constituido por los planes secundarios del plan para la dirección del proyecto. Dentro de los planes secundarios y las líneas de base, incluyen los planes de gestión del alcance, de los requisitos, del cronograma/planificación, de los costes, de la calidad, del proceso, de los recursos humanos, de las comunicaciones, de los riesgos, de las adquisiciones, de los interesados, y las líneas de base del alcance, del cronograma y de los costos.
- 2) Pronósticos del Cronograma: Con más detalle y desarrollo dentro del Área de Gestión del Tiempo del Proyecto. Se derivan del cronograma y del tiempo calculado estimado hasta la conclusión (ETC). Normalmente se refleja en términos del cronograma (SV) e índice de desempeño del cronograma (SPI). Si el proyecto no realiza la gestión del valor ganado, se administrará los

valores de las desviaciones con respecto a las fechas finales planificadas y las de finalización prevista.

- 3) **Pronóstico de los Costes:** Descritos con más detalle en el Área de Gestión de los Costos del Proyecto. Se derivan del progreso realizado en relación a la línea de base de costes y a las estimaciones calculadas hasta el cierre (ETC). Frecuentemente se expresa en términos de variación de costo (CV) e índice de desempeño del costo (CPI). Si el proyecto no aplica el valor ganado se proporcionará los valores de las desviaciones en relación a los gastos planificados versus reales y a los costes finales previstos.
- 4) **Cambios validados:** Desarrollado dentro del Área de Gestión de la Calidad del Proyecto. Los cambios aceptados que son el resultado del proceso “Realizar el Control Integrado de Cambios” necesitan de una validación para comprobar que el cambio realizado fue implementado satisfactoriamente.
- 5) **Información del Desempeño del Trabajo:** Trata de los datos de desempeño recogidos de varios procesos de control, analizados e incorporados sobre la base de las relaciones entre áreas. Por lo tanto, estos datos de desempeño de trabajo se convierten en información sobre el desempeño del trabajo.
- 6) **Factores Ambientales de la Empresa:** Desarrollados en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto”. Los factores ambientales que pueden influir en este proceso son los estándares gubernamentales, los sistemas de autorización de trabajos de la organización, las tolerancias al riesgo por parte de los interesados y el sistema de información para la dirección de proyectos, como las herramientas automáticas.
- 7) **Activos de los Procesos de la Organización:** Descritos en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto”. Los activos que pueden afectar al proceso de controlar el trabajo del proyecto suelen ser los requisitos de comunicación, procedimientos del control financiero, para la gestión de incidentes, para el control de cambios, para el control de riesgos y la base de datos para la medición de procesos.

Herramientas y Técnicas:

- 1) **Juicio de Expertos:** Este juicio empleado por la dirección de proyectos, se suele utilizar para comprender la información de los procesos de monitoreo y control.
- 2) **Técnicas Analíticas:** Son empleadas para predecir los resultados potenciales sobre la base de posibles variaciones en las variables del proyecto o ambientales. Entre las técnicas analíticas que más empleabilidad tiene, destacan las siguientes:
 - Análisis de regresión.
 - Métodos de clasificación.
 - Análisis causal.
 - Análisis de causa raíz.
 - Métodos de pronóstico, como series temporales o simulación.
 - Análisis de modos de fallo y efectos (FMEA).
 - Análisis de árbol de fallos (FTA).
 - Análisis de reservas.
 - Análisis de tendencias.
 - Gestión del valor ganado.
 - Análisis de variación.
- 3) **Sistema de Información para la Dirección de Proyectos:** Constituye una parte de los factores ambientales de la empresa, y suministra el acceso a herramientas automatizadas, como pueden ser las herramientas de programación, de costes y recursos, a indicadores de

desempeño, a bases de datos, a registros de proyectos y a información financiera, que se emplean durante el proceso de Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto.

- 4) Reuniones: Ya descritas en las herramientas del proceso de “Dirigir y Gestionar la Ejecución/Trabajo del Proyecto”. Estas reuniones puede ser de forma presencial, virtual, formal e informal, y en ellas pueden participar los miembros del equipo de proyectos y los interesados del mismo.

Salidas:

- 1) Solicitudes de Cambio: Como resultado de la comparación entre las soluciones planificadas y las reales, pueden crearse solicitudes de cambio, para así ampliar, ajustar o disminuir el alcance del proyecto, del producto, o de las condiciones de calidad y de las líneas de base del cronograma o de costes. Estos cambios pueden influir al plan para la dirección del proyecto, a los documentos del proyecto o a los entregables del mismo. Entre los cambios a hacer suelen ser acciones correctivas, preventivas o reparación de desperfectos.
 - 2) Informes de Desempeño del Trabajo: Son la información física o electrónica de la información sobre el desempeño del trabajo, recogida en documentos del proyecto, y con la finalidad de crear decisiones, acciones o conocimiento. Esta información puede transmitirse de manera verbal, sin embargo, para registrar, almacenar y repartir información sobre el desempeño del trabajo, es necesario una representación física o electrónica en contexto de documentos de proyecto. Entre los ejemplos destacados, suelen ser informes de estado, memorandos, justificaciones, notas informativas, recomendaciones y actualizaciones.
 - 3) Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto: Los cambios que suceden durante el proceso de Supervisar y Controlar el Trabajo del Proyecto pueden perjudicar al plan para la dirección del proyecto. Estas modificaciones pueden dar lugar a actualizaciones al plan para la dirección del proyecto. Las partes del plan para la dirección del proyecto que pueden llegar a modificarse suelen ser los planes de gestión del alcance, de los requisitos, del cronograma/planificación, de los costes, de la calidad, del alcance y las líneas base del alcance, cronograma y costes.
 - 4) Actualizaciones a los Documentos del Proyecto: Los documentos que suelen ser actualizados son los pronósticos del cronograma y de costes, los informes de desempeño del trabajo y el registro de incidentes.
- 5. Realizar el Control Integrado de Cambios:** Es el proceso mediante el cual se analizan y se aprueban las solicitudes de cambio y se gestionan los cambios a los entregables, los activos de los procesos de la organización, los documentos del proyecto y al plan para la dirección del proyecto, así como también el poder comunicar y transmitir las decisiones pertinentes. Una de las ventajas que permite es que los cambios documentados dentro del proyecto se consideren de un modo integrado y a la vez reducen el riesgo del proyecto. En la figura que se muestra a continuación, aparecen las entradas, salidas y herramientas a utilizar en este proceso:

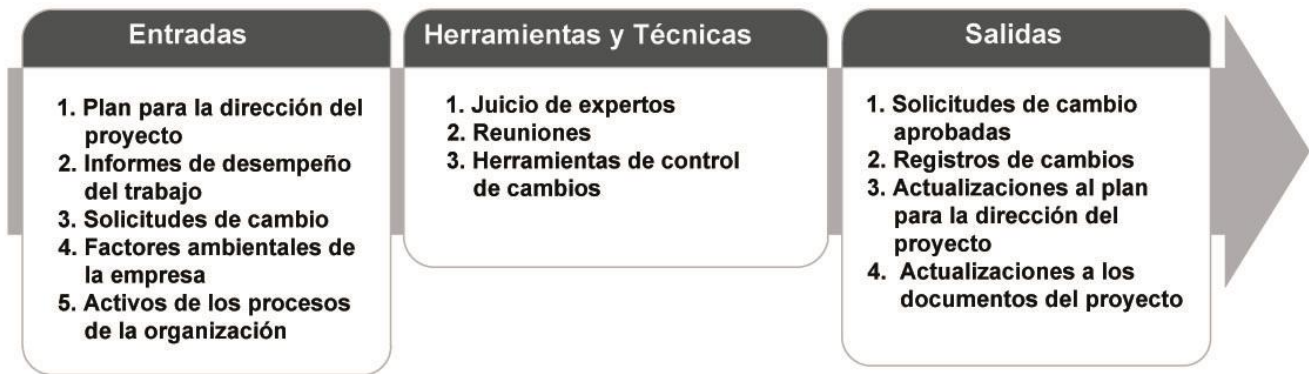


Figura 10: Realizar el Control Integrado de Cambios: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan para la Dirección del Proyecto: Ya desarrollados en las Salidas del proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto”. Los elementos del plan para la dirección de proyectos que se pueden emplear son el plan para la gestión del alcance y su línea base, y el plan de gestión de cambios.
- 2) Informes de Desempeño del Trabajo: Explicadas en las Salidas del proceso anterior “Supervisar y Controlar el Trabajo del Proyecto”. Para este proceso, estos informes incluyen información de disponibilidad de recursos, cronograma y costes, informes de gestión del valor ganado (EVM) y gráficas de trabajo ejecutado.
- 3) Solicitudes de Cambio: Estas solicitudes incorporan acciones correctivas, preventivas y reparaciones de defectos, sin embargo, tanto las acciones correctivas como preventivas no influyen en las líneas de base sino en el desempeño en relación a las líneas de base.
- 4) Factores Ambientales de la Empresa: Ya descritos en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto”. Concretamente, el factor ambiental “sistema de información para la dirección de proyectos” afecta a este proceso, pudiendo incluir una herramienta de software para la programación, un sistema de gestión de la configuración, un sistema de recopilación y una distribución de la información.
- 5) Activos de los Procesos de la Organización: Mencionados en las Entradas del proceso de “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto”. Los activos que afectan al proceso de “Realizar el Control de Cambios” suelen ser procedimientos de control de los propios cambios o para aprobar y emitir autorizaciones de los mismos, base de datos para la medición de procesos, documentos del proyecto (líneas de base de alcance, costes y cronograma, calendario del proyecto, diagramas de red del cronograma, etc), y base de conocimiento sobre la gestión de la configuración.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Juicio de Expertos: A parte del juicio de expertos que aporta la directiva de proyectos, se les puede pedir a los interesados que aporten su experiencia propia y que constituyan parte de comité de control de cambios (CCB). Tanto el juicio como la experiencia se aplican a los detalles técnicos y de gestión, observando varias fuentes como pueden ser:
 - Consultores.
 - Interesados, incluidos también tanto clientes como patrocinadores.
 - Asociaciones profesionales y técnicas.

- Grupos industriales.
 - Expertos en la materia (SMEs).
 - Oficina de dirección de proyectos (PMO).
- 2) Reuniones: Su denominación más común es la de control de cambios. En el caso de que el proyecto lo requiera, se nombra un comité de control de cambios (CCB), cuya función es la establecer reuniones y revisar las solicitudes de cambio, más las de aprobar, rechazar o tomar decisiones con respecto a esos cambios. El comité de control también revisa las actividades de gestión de la configuración. Sus roles y responsabilidades están perfectamente definidos y acordados por los interesados, así como documentados en el plan de gestión de cambios.
 - 3) Herramientas de Control de Cambios: La elección de estas herramientas se fundamenta en la necesidad de los interesados del proyecto, teniendo en consideración las restricciones ambientales y de la organización, empleándolas para la gestión de las solicitudes de cambio y de las decisiones tomadas.

Salidas:

- 1) Solicitudes de Cambio Aprobadas: Estas solicitudes son procesadas por medio del director de proyecto, el CCB o un miembro nombrado por el equipo del proyecto, de acuerdo con el sistema de control de cambios. Estas solicitudes se implementarán mediante el proceso “Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto”.
 - 2) Registros de Cambios: Se utilizan para documentar los cambios que se desarrollan en el proyecto. Estos cambios y su impacto en el proyecto en términos de tiempo, costes y riesgos, deben de ser comunicados a los interesados adecuados.
 - 3) Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto: Los elementos del plan para la dirección del proyecto que pueden modificarse suelen ser cualquier plan secundario y las líneas base que están sujetas al proceso formal del control de cambios.
 - 4) Actualizaciones a los Documentos del Proyecto: Los documentos del proyecto podrán ser actualizados como resultado del proceso “Realizar el Control Integrado de Cambios”.
6. **Cerrar el Proyecto o Fase:** Es la finalización de todas las actividades mediante los Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos, para completar oficialmente el proyecto o una fase del mismo. La ventaja más relevante de este proceso es que otorga las lecciones aprendidas, la finalización formal del trabajo del proyecto, y la liberación de los recursos de la organización para afrontar nuevos esfuerzos. En la figura siguiente, aparece representado la lista de las herramientas, entradas y salidas de este proceso:

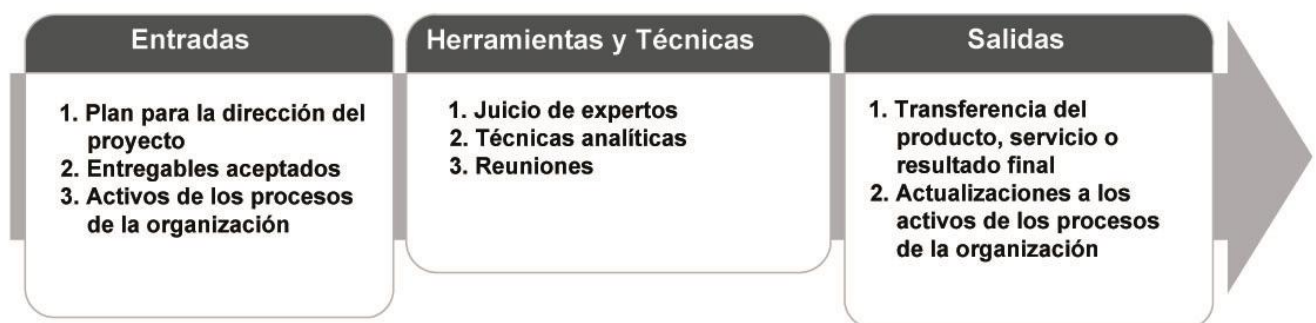


Figura 11: Cerrar el Proyecto o Fase: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan para la Dirección del Proyecto: Descritos en las Salidas del proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto”.
- 2) Entregables Aceptados: Desarrollados con mayor detalle en el Área de Gestión del Alcance del Proyecto”. Estos entregables pueden incorporar las especificaciones aprobadas del producto final, los recibos de entrega y los documentos de desempeño del trabajo, además de incluir entregables intermedios en los casos de proyectos de varias fases.
- 3) Activos de los Procesos de la Organización: Explicados en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto”. Los activos que pueden afectar a este proceso suelen ser las guías o requisitos para el cierre del proyecto (procedimientos administrativos, auditorías del proyecto, evaluaciones del proyecto, etc.) y la información histórica y las bases de conocimiento de lecciones aprendidas (registros y documentos del proyecto, información del cierre del proyecto y sobre los resultados de decisiones seleccionadas y sobre el desempeño de proyectos previos, etc.).

Herramientas y Técnicas:

- 1) Juicio de Expertos: Cuando se realizan actividades de cierre administrativo es cuando este juicio de expertos se aplica. Los expertos opinan que el cierre o fase del proyecto se hace cuando los estándares son apropiados. Esta experiencia proviene de diferentes fuentes como pueden ser otros directores de proyecto pertenecientes a la organización, la oficina de dirección de proyectos (PMO), y las asociaciones profesionales y técnicas.
- 2) Técnicas Analíticas: Descritas en las Herramientas y Técnicas del proceso “Supervisar y Controlar el Trabajo del Proyecto”. De las técnicas más utilizadas en el cierre del proyecto suelen ser el análisis de regresión y el análisis de tendencias.
- 3) Reuniones: Explicadas en las Herramientas y Técnicas del proceso de “Dirigir y Gestionar la Ejecución/Trabajo del Proyecto. Estas reuniones pueden ser presenciales, de manera virtual, formal e informal. Pueden pertenecer a estas reuniones los miembros del equipo de proyecto y los interesados o afectados del proyecto. Las reuniones suelen ser de lecciones aprendidas, de cierre, de grupos de usuarios y de seguimiento.

Salidas:

- 1) Transferencia del Producto, Servicio o Resultado Final: Hace referencia a la transferencia del producto, servicio o resultado final para el que se autorizó el proyecto.
- 2) Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización: Los activos de los procesos de la organización que son susceptibles de ser actualizados como resultado del proceso de Cerrar el Proyecto o Fase, incluyen lo siguiente:
 - Archivos de proyecto: Documentos que son el resultado de las actividades del proyecto, como puede ser plan para la dirección del proyecto, el alcance, el coste, el cronograma y el calendario del proyecto, los registros de riesgos, la documentación de la gestión de cambios, las acciones planificadas de respuesta a los riesgos y el impacto de los riesgos.
 - Documentación de cierre del proyecto o fase: Documentación formal que indica la finalización del proyecto fase y las transferencia de los entregables completos del proyecto a terceros. El director de proyecto tiene la obligación de supervisar toda la documentación, para asegurarse de que todo el proyecto está completo y perfectamente definido.

- Información histórica: Esta información es transferida a una base de conocimientos de lecciones aprendidas para su utilización en futuros proyectos o fases. Incluye información sobre incidentes y riesgos, así como también técnicas que funcionaron correctamente.

2.2.6.2. Gestión del alcance del proyecto

Según la definición de Project Management Institute (2013), esta Área de Conocimiento incorpora procesos imprescindibles para que un proyecto incluya todo el trabajo requerido para llegar a completar el proyecto con total éxito, enfocándose principalmente en definir y controlar qué se incluye y qué no se incluye en el proyecto. Los procesos que se emplean para gestionar el alcance son los mostrados a continuación:

1. **Planificar la Gestión del Alcance:** Consiste en la creación de un plan de gestión del alcance, el cual definirá, validará y controlará el alcance del proyecto. Una de las ventajas más importantes de este proceso es el de proporcionar una guía y dirección sobre las gestión del alcance durante el proyecto. A continuación se muestra la figura 12, la cual nos indica las entradas, salidas y herramientas de este proceso:



Figura 12: Planificar la Gestión del Alcance: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013):

Entradas:

- 1) Plan para la Dirección del Proyecto: Desarrollados en las Salidas del proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” del Área de Conocimiento de “Gestión de Integración del Proyecto”. Los planes secundarios aprobados del plan para la dirección del proyecto forman parte del plan para la gestión del alcance y afectan en el enfoque adoptado para planificar y gestionar el alcance del proyecto.
- 2) Acta de Constitución del Proyecto: Descritos en el las Salidas del proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” del Área de Conocimiento de “Gestión de Integración del Proyecto”. El acta se emplea para proporcionar el contexto del proyecto, imprescindible para poder realizar la planificación de los procesos de gestión del alcance, proporcionando una descripción de alto nivel del proyecto y de las características del producto.
- 3) Factores Ambientales de la Empresa: Ya descritos en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” del Área de Conocimiento de “Gestión de Integración del Proyecto”. Los factores que más pueden ser susceptibles en este proceso son la cultura de la organización, la infraestructura, la gestión del personal y las condiciones del mercado.

- 4) Activos de los Procesos de la Organización: Su descripción ya detallada en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” del Área de Conocimiento de “Gestión de Integración del Proyecto”. Los activos que más influyentes pueden ser en este proceso son las políticas y procedimientos y la información histórica y base de conocimientos de lecciones aprendidas.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Juicio de Expertos: Hace relación a los aportes de las partes experimentadas. Cualquier grupo de personas o individuos que tengan conocimientos, habilidades o educación en el desarrollo de planes para la gestión del alcance, puede aportar su experiencia.
- 2) Reuniones: Los equipos de proyecto asisten a estas reuniones para desarrollar el plan de gestión del alcance. Dentro de los que participan en las reuniones nos podemos encontrar al director, al patrocinador y a los miembros del proyecto, a los interesados y a personas encargadas de alguno de los procesos de gestión del alcance.

Salidas:

- 1) Plan de Gestión del Alcance: Forma parte del plan para la dirección del proyecto, en el que se definen, desarrollan, supervisan, controlan y verifican el alcance. Los componentes del alcance son los siguientes:
 - Proceso para elaborar un enunciado detallado del alcance del proyecto.
 - Proceso el cual permite la elaboración de la EDT/WBS (Estructura Desagregada de Tareas).
 - Proceso que determina como se mantendrá y aprobará la EDT/WBS.
 - Proceso que establece como se obtendrá la aceptación formal de los entregables del proyecto.
 - Proceso para controlar cómo se procesarán las solicitudes de cambio relacionadas al enunciado del alcance descrito en el proyecto. Este proceso está vinculado con el proceso “Realizar el Control Integrado de Cambios” del Área de Conocimiento” de “Gestión de la Integración del Proyecto”.
- 2) Plan de Gestión de los Requisitos: Al igual que el Plan para la Gestión del Alcance, este Plan forma parte también del plan para la dirección del proyecto, que define como analizan, documentan y gestionan los requisitos. El director de proyecto tiene la tarea de elegir la relación más eficaz para el proyecto y documenta esta visión en el plan de gestión de los requisitos. Los componentes del plan de gestión de los requisitos son los que se muestran a continuación:
 - Cómo serán planificadas, supervisadas y reportadas las actividades relacionadas a los requisitos y qué se informará sobre éstas.
 - Las actividades de gestión de la configuración, según como se empezarán los cambios del producto, cómo se analizará el impacto, cómo será el monitoreo, seguimiento y reporte, así como además los niveles de autorización necesarios para aprobar dichos cambios.
 - Proceso para priorizar los requisitos.
 - Métricas del producto.
 - Estructura de trazabilidad para manifestar qué atributos de los requisitos se reflejarán en la matriz de trazabilidad.

- 2. Recopilar Requisitos de los interesados:** Consiste en la determinación, documentación y gestión de las necesidades y requisitos de interesados para conseguir los objetivos del proyecto. La ventaja de este proceso es que crea la base para definir y gestionar el alcance del proyecto, incorporando el alcance el producto. En la figura que se muestra a continuación aparecen el listado de las herramientas, entradas y salidas de este proceso:



Figura 13: Recopilar Requisitos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan de Gestión del Alcance: Definido en las Salidas del proceso “Planificar la Gestión del Alcance”. Este plan describe la manera la cual los equipos del proyecto establecen los requisitos que son necesarios para recoger el proyecto.
- 2) Plan de Gestión de los Requisitos: Ya descrito en las Salidas del proceso “Planificar la Gestión del Alcance. En este plan se desarrolla y define los procesos que se emplearán para definir y documentar las necesidades de los interesados durante el proceso “Recopilar Requisitos”.
- 3) Plan de Gestión de los Interesados: Desarrollado con más detalle en el Área de Conocimiento “Gestión de los Interesados del Proyecto”, que se explicará más adelante. La utilidad de este plan es el de comprender los requisitos de comunicación y el grado de compromiso de los interesados con el objetivo de evaluar y adaptarse al nivel de participación de los interesados en las actividades vinculadas con los requisitos.
- 4) Acta de Constitución del Proyecto: Definido en el las Salidas del proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” del Área de Conocimiento de “Gestión de Integración del Proyecto”. La finalidad del acta es la de definir en alto nivel el producto, servicio o resultado del proyecto.
- 5) Registros de los Interesados: Descrito en el Área de Conocimiento “Gestión de los Interesados del Proyecto”. Su función principal es la de identificar los interesados capaces de suministrar información acerca de los requisitos. También captura los requisitos y las expectativas principales que los interesados pueden tener en relación con el proyecto.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Entrevistas: Es la manera formal e informal de conseguir información de los interesados, mediante un diálogo directo con ellos, pudiendo llevarla a cabo a través de preguntas, ya preparadas o de manera espontánea, y registrando respuestas. Lo más habitual es que las entrevistas se realicen de manera individual, aunque existe la opción de que intervengan varios entrevistadores y/o entrevistados. Una de las ventajas de esta herramienta es la de entrevistar a participantes con experiencia en el proyecto, para así poder ayudar a identificar las características y funciones de los entregables del producto.
- 2) Grupos Focales: Estos grupos reúnen a los interesados y expertos, habiendo sido seleccionados previamente, con el objetivo de conocer sus expectativas y actitudes con respecto al producto, servicio o resultado planteado.
- 3) Talleres Facilitados: Son sesiones que tratan de reunir a los interesados clave para describir los requisitos del producto, siendo consideradas técnicas principales para definir los requisitos multidisciplinares y conciliar las diferencias entre los interesados. Además desarrollan la confianza, fomentan las relaciones y mejoran la comunicación entre los participantes. Por ejemplo, en la industria de software, se emplean los talleres facilitados conocidos como sesiones conjuntas de desarrollo/diseño de aplicaciones (JAD), las cuales se enfocan a reunir expertos en la materia del ámbito del negocio y al equipo de desarrollo, para mejorar el proceso de desarrollo del software. Con respecto al sector de la fabricación, el despliegue de función de calidad (QFD) conforma otro ejemplo de una técnica de talleres facilitados, que ayudan a establecer las características primordiales para el desarrollo de productos nuevos. Esta técnica, se inicia con la recopilación de las necesidades del cliente, lo que también es conocido como la voz del cliente (VOC), clasificando y ordenando las necesidades por prioridad de forma objetiva.
- 4) Técnicas Grupales de Creatividad: A continuación se muestra el listado de las técnicas empleadas:
 - Tormenta de ideas: Se emplea para generar y reunir ideas relacionadas con los requisitos del proyecto y del producto
 - Técnicas de grupo nominal: Esta técnica mejora la tormenta de ideas a través de un proceso de votación el cual se emplea para jerarquizar las ideas útiles, de cara a cara a una tormenta de ideas adicional.
 - Mapa conceptual/mental: A lo largo de las sesiones de la tormenta de ideas, éstas mismas se plasman en un esquema único para así poder transmitir los puntos en común y las diferencias, además de crear ideas nuevas.
 - Diagrama de afinidad: Clasifica una gran cantidad de ideas en grupos que coinciden con la misma idea, para su posterior análisis.
 - Análisis de decisiones con múltiples criterios: Utiliza una matriz de decisiones para suministrar un enfoque analítico sistemático en el establecimiento de criterios, como pueden ser niveles de riesgo, incertidumbre y valoración.
- 5) Técnicas Grupales de Toma de Decisiones: Consiste en un proceso de evaluación que controla gran cantidad de alternativas, con un resultado en forma de acciones futuras. Hay variedad de métodos para alcanzar una decisión en grupo, que son:
 - Unanimidad: Es la decisión la cual se llega cuando están todos de acuerdo, siguiendo una única línea de acción. Para poder lograr la unanimidad se emplea la técnica Delphi

(Listone & Turoff, 1975), la cual fue ideada con el objetivo de obtener el consenso fiable de un grupo de expertos, sometiéndolos a una serie de cuestionarios con la finalidad de controlar la opinión mediante retroalimentación.

- Mayoría: Decisión a la cual se llega mediante el apoyo de más del 50% de los componentes del grupo.
- Pluralidad: Decisión a la que se llega cuando el conjunto de personas más número del grupo toma la decisión, aunque no se logre la mayoría, empleándose este método cuando el número de opciones que se ha propuesto es mayor a dos.
- Dictadura: Es cuando una persona toma la decisión en nombre del grupo, sin tener en cuenta la opinión del resto de miembros.

- 6) Cuestionarios y Encuestas: Son el conjunto de preguntas, escritas diseñadas para reunir información rápidamente de una gran cantidad de encuestas, considerándose más adecuadas en casos de público variado, cuando se sea necesario una respuesta rápida, cuando los propios encuestados se encuentran geográficamente dispersos y cuando sea necesario hacer análisis estadísticos.
- 7) Observaciones: Conocida también con el nombre el inglés “job shadowing”, se les considera una forma directa de ver a las personas en su ambiente, y la manera la cual realizan sus trabajos y ejecutan los procesos, siendo de utilidad para procesos con más detalle y cuando las personas que emplean el producto se encuentran con dificultades. Habitualmente la realiza un observador externo, que visualiza a un experto en el momento del negocio, mientras éste hace su trabajo, pero también existe la posibilidad de que pueda realizarla un “observador participante”, llevando a cabo procesos para experimentar cómo se hacer y descubrir nuevos requisitos.
- 8) Prototipos: Es un método para conseguir una realimentación rápida con respecto a los requisitos, mientras que adquiere un modelo operativo del producto esperado antes de su construcción. Los prototipos sostienen la idea de elaboración progresiva en ciclos iterativos para la creación de maquetas o modelos, la experimentación por parte del usuario, la generación de la realimentación y la comprobación del prototipo. Una vez finalizado los ciclos de realimentación y obtenido los requisitos a partir del prototipo, éstos mismos ya se encuentran los suficientemente completos para poder pasar a la etapa de diseño y construcción.
- 9) Estudios Comparativos: Estos estudios implican compulsar las prácticas reales o planificadas, como pueden ser los procesos y las operaciones, con las de las organizaciones comparables con el objetivo de identificar las mejores prácticas, crear ideas de progreso y perfeccionamiento, además de suministrar una base para medir el desempeño.
- 10) Diagrama de Contexto: Consiste en un ejemplo de un modelo del alcance, representando visualmente el alcance del producto al presentar un sistema de negocio (proceso, equipamiento, etc.) y las interacciones entre las personas y con otros sistemas (actores).
- 11) Análisis de Documentos: Se emplea para generar requisitos mediante un examen de la documentación que existe y la identificación de la información más importante para los requisitos. Los documentos que se podrían analizar suelen ser planes de negocio, literatura de mercadeo, acuerdos, solicitudes de propuesta, flujos de procesos actuales, modelos lógicos de datos, etc.

Salidas:

- 1) **Documentación de Requisitos:** Esta documentación define el cumplimiento de los requisitos individuales con las necesidades de negocio del proyecto. Estos requisitos pueden comenzar con un alto grado de nivel e ir convirtiéndose en requisitos con más detalles, a medida que se tiene más conocimiento de ellos. El formato puede ser un documento sencillo con el que se hace una enumeración de los requisitos clasificados por interesado y prioridad, o una forma más elaborada conteniendo en ella un resumen ejecutivo con definiciones detalladas y anexos. Los componentes de la documentación de requisitos incorporan:
 - Requisitos de negocio: En él se incluyen objetivos de negocio y de proyecto, regla de negocio, y principio rectores de la organización.
 - Requisitos de los interesados: Incluyen impactos sobre otras áreas de la organización, sobre entidades dentro o fuera de la organización ejecutora y requisitos de los interesados relacionados con la comunicación.
 - Requisitos de soluciones: Introducen requisitos funcionales y no funcionales, de tecnología y cumplimiento de estándares, de apoyo y capacitación, de calidad y de presentación de informes.
 - Requisitos del proyecto: Incluyen niveles de servicio, desempeño, seguridad, cumplimiento, etc., y criterios de aceptación.
 - Requisitos de transición.
 - Supuestos, dependencias y restricciones de los requisitos.

- 2) **Matriz de Trazabilidad de Requisitos:** Cuadro que vincula los requisitos del producto desde su origen hasta los entregables, la cual ayuda a afirmar que cada requisito agrega valor al negocio con los objetivos del negocio y del proyecto, proporcionando un método para realizar el seguimiento de los requisitos durante el ciclo de vida del proyecto, y contribuyendo a asegurar que cuando finalice el proyecto se entreguen los requisitos aprobados en la documentación de los requisitos. La traza incluye el trazar los requisitos con relación a los siguientes puntos:
 - Necesidades, oportunidades, metas y objetivos del negocio.
 - Objetivos del proyecto.
 - Alcance del proyecto/entregables de la EDT/WBS.
 - Diseño del producto.
 - Desarrollo del producto.
 - Estrategia y escenarios de prueba.
 - Requisitos de alto nivel en relación a los requisitos más detallados.

3. **Definir el Alcance:** Es la definición con detalle del proyecto y del producto. Su ventaja es la describir los límites del producto, servicio o resultado mediante la especificación de cuáles de los requisitos recopilados serán incorporados y cuáles excluidos del alcance del proyecto. A continuación, se muestra la figura 14 las entradas, salidas, y herramientas del proceso:



Figura 14: Definir el Alcance: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan de Gestión del Alcance: Descrito en las Salidas del proceso “Planificar la Gestión del Alcance”. Forma parte del plan para la dirección del proyecto que determina las actividades necesarias para desarrollar, monitorear y controlar el alcance del proyecto.
- 2) Acta de Constitución del Proyecto: Ya definida en las Salidas del proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” del Área de Conocimiento de “Gestión de Integración del Proyecto”. El acta describe con alto nivel el proyecto y las características del producto, conteniendo los requisitos de aprobación del mismo.
- 3) Documentos de Requisitos: Desarrolladas en las Salidas del proceso anterior “Recopilar Requisitos de los Interesados”. Se emplea para seleccionar los requisitos que se encontrarán dentro del proyecto.
- 4) Activos de los Procesos de la Organización: Descripción ya detallada en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” del Área de Conocimiento de “Gestión de Integración del Proyecto”. Pueden afectar en la forma que se define el alcance. Los ejemplos más comunes son las políticas, procedimientos y plantillas para el enunciado del proyecto, los archivos de proyectos antiguos y las lecciones aprendidas de fases o proyectos previos.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Juicio de Expertos: Se puede emplear este juicio para realizar el análisis de la información necesaria para elaborar el enunciado del alcance del proyecto, aplicándose a cualquier detalle técnico y proporcionándolo cualquier grupo o individuos con conocimientos, pudiendo estar disponible mediante diferentes fuentes como los consultores, los interesados (clientes o patrocinadores), otra unidades de la organización, asociaciones profesionales y técnicas, grupos de industria y expertos en la materia.
- 2) Análisis del Producto: Para proyectos cuyo entregable es un producto, el análisis del producto puede constituir una herramienta útil y de gran ayuda. Cada área de aplicación cuenta con uno o varios métodos aceptados generalmente para traducir las descripciones de alto nivel del producto en entregables tangibles. Este análisis incluye técnicas como el desglose del producto, el análisis de sistemas, de requisitos, ingeniería de sistemas, de valor y análisis del valor.
- 3) Generación de Alternativas: Se emplea para desarrollar tantas opciones potenciales como sean posibles con el objetivo de localizar los diferentes enfoques para ejecutar y llevar a cabo el trabajo del proyecto. Se pueden utilizar técnicas como la tormenta de ideas, el pensamiento lateral, etc.

- 4) Talleres Facilitados: Descritos en las Herramientas y Técnicas del proceso anterior “Recopilar Requisitos”. Para lograr un entendimiento multidisciplinario y común de los objetivos del proyecto y sus límites, es necesario la participación de los actores clave con variedad de expectativas y/o áreas de experiencia en sesiones de trabajo intensivo.

Salidas:

- 1) Enunciado del Alcance del Proyecto: Descripción del alcance, entregables principales del proyecto, supuestos y restricciones del proyecto, el cual documenta el alcance en su totalidad, incorporando el alcance del proyecto y del producto. Desarrolla de forma más detallada los entregables del proyecto y el trabajo necesario para crear esos entregables y proporciona un conocimiento común del alcance del proyecto entre los interesados del mismo. Además permite al equipo del proyecto desarrollar una planificación con más detalle, sirviendo como guía del trabajo del equipo durante la ejecución. El enunciado del alcance del proyecto contiene los siguientes puntos:
 - Descripción del alcance del producto: Define las características del producto, servicio o resultado definido en el acta de constitución del proyecto y en la documentación de requisitos.
 - Criterios de aceptación: Conjunto de condiciones que tiene que cumplirse antes de que se los entregables se acepten.
 - Entregable: Cualquier producto, resultado o capacidad de prestar un servicio, único y verificable, que tiene que producirse al terminar un proceso, fase o el proyecto. También incluyen resultados complementarios, como pueden ser los informes y la documentación de la dirección del proyecto.
 - Exclusiones del proyecto: Identifican lo que está excluido del proyecto.
 - Restricciones: Consiste en factores limitantes que influyen en la ejecución del proyecto o proceso del mismo. Estas restricciones enumeran y desarrollan las restricciones o limitaciones específicas, ya sean internas y externas, asociadas con el alcance del proyecto que afectan a la ejecución del mismo, como puede ser un presupuesto predeterminado, o cualquier fecha o hito del cronograma impuesto por el cliente.
 - Supuestos: Factores del proceso de planificación que se pueden considerar verdaderos, reales o seguros sin pruebas ni demostraciones. También definen el impacto potencial de dichos factores en el caso de que fuesen falsos. Esta información de los supuestos puede incluirse en el enunciado del alcance del proyecto o en un registro independiente. En la siguiente tabla se muestran algunos elementos clave del “Acta de Constitución del Proyecto” y del “Enunciado del Alcance del Proyecto”, en el que se pueden apreciar las diferencias entre ellos:

Acta de Constitución del Proyecto	Enunciado del Alcance del Proyecto
<ul style="list-style-type: none"> - Propósito o justificación del proyecto - Objetivos medibles del proyecto y criterios de éxito relacionados - Requisitos de alto nivel - Descripción de alto nivel del proyecto - Riesgos de alto nivel - Resumen del cronograma de hitos - Resumen del presupuesto - Lista de interesados - Requisitos para la aprobación del proyecto (qué constituye el éxito, quién lo decide, quién firma la aprobación) - Director del proyecto asignado, responsabilidad y nivel de autoridad - Nombre y nivel de autoridad del patrocinador o de quienes autorizan el acta 	<ul style="list-style-type: none"> - Descripción del alcance del proyecto (elaborado de manera progresiva) - Criterios de aceptación - Entregables del proyecto - Exclusiones del proyecto - Restricciones del proyecto - Supuestos del proyecto

Tabla 3: Elementos del Acta de Constitución del Proyecto y del Enunciado del Alcance del Proyecto. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

2) Actualizaciones a los Documentos del Proyecto: Los documentos que suelen actualizarse son el registro de los interesados, la documentación de requisitos y la matriz de trazabilidad de requisitos.

4. **Crear la EDT/WBS:** Consiste en subdividir los entregables del proyecto y del trabajo del proyecto en componentes más pequeños y con más facilidad para su uso. La ventaja de este proceso es la suministrar una visión estructurada de lo que se tiene que entregar. En la figura siguiente aparecen las entradas, herramientas y salidas del proceso:



Figura 15: Crear la EDT/WBS: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan de Gestión del Alcance: Ya desarrollado en las Salidas del proceso “Planificar la Gestión del Alcance”: Este plan describe cómo crear la EDT/WBS a partir del enunciado detallado del proyecto, además del cómo se mantendrá y aprobará la EDT/WBS.
- 2) Enunciado del Alcance del Proyecto: Descrito en las salidas del proceso anterior “Definir el Alcance del Proyecto”. Dentro del enunciado del proyecto se describe el trabajo a realizar y el que será excluido, además enumera y define las restricciones, tanto si son internas como externas, pudiendo ser afectadas a la ejecución del proyecto.
- 3) Documentación de Requisitos: Definido en las Salidas del proceso “Recopilar Requisitos”. Esta documentación es imprescindible para la comprensión de lo que se debe producir como resultado del proyecto y qué se debe hacer para entregar el proyecto con sus productos finales.
- 4) Factores Ambientales de la Empresa: Descritos en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” del Área de Conocimiento de “Gestión de Integración del Proyecto”. Los estándares de EDT/WBS específicos de la industria, pertenecientes a la naturaleza del proyecto, puede emplearse como fuentes de referencia externa para poder crear la EDT/WBS. Sin embargo, los proyectos de ingeniería, pueden consultar la ISO/EIEC 15888 acerca de Ingeniería de Sistemas-Procesos del Ciclo de Vida del Sistema, para crear una EDT/WBS.
- 5) Activos de los Procesos de la Organización: Mencionados y desarrollados en el proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” del Área de Conocimiento de “Gestión de Integración del Proyecto”. Estos activos incluyen las políticas, procedimientos y plantillas de la EDT/WBS, los archivos de proyectos anteriores y las lecciones aprendidas provenientes de proyectos antiguos.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Decomposición: Técnica empleada para la división y subdivisión del alcance del proyecto y de los entregables del mismo en partes más pequeñas y de mejor uso. El paquete de trabajo se trata de un trabajo con mayor definición de detalle, estado en el nivel más inferior de la

EDT/WBS, de la cual se pueden ya estimar los costes y las duraciones. Esta descomposición del proyecto en paquetes más pequeños, genera las siguientes actividades:

- La identificación y el análisis de los entregables y el trabajo relacionado.
- La estructuración y organización de la EDT/WBS.
- La descomposición de los niveles superiores de la EDT/WBS en componentes con más detalle del nivel inferior.
- El desarrollo y la asignación de códigos de identificación a los componentes de la EDT/WBS.
- La verificación de que el grado de descomposición de los entregables es el correcto.

En la figura siguiente se muestra un ejemplo de una parte de una EDT/WBS con algunas ramas desglosadas:

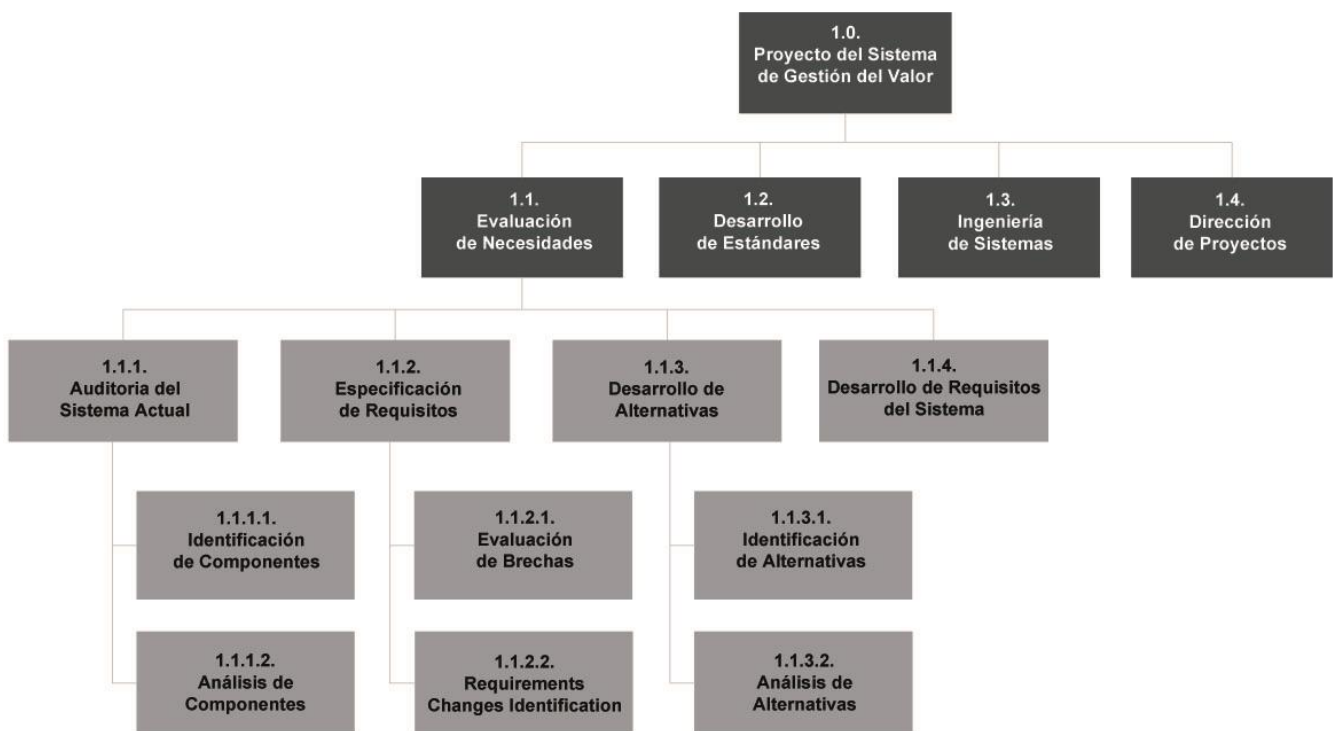


Figura 16: Ejemplo de una EDT/WBS desglosada hasta el nivel de Paquetes de Trabajo. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

- 2) Juicio de Expertos: Se emplea para el análisis de la información que se necesita para descomponer los entregables del proyecto en partes más pequeñas con el objetivo de crear una EDT/WBS útil y eficaz. Este juicio se aplica a los detalles técnicos del alcance del proyecto y se emplean para arreglar las diferencias de opinión sobre como desglosar el alcance global del proyecto de la mejor forma posible. Cuando un grupo o un individuo con conocimientos y experiencia en proyectos o áreas de negocio similares, entonces puede suministrar este nivel de experiencia. También existe la posibilidad de acceder al juicio de expertos mediante plantillas predefinidas, las cuales nos explica como poder desglosar los entregables de forma correcta. El director del proyecto junto con su equipo, determinará la descomposición final del alcance del proyecto en los paquetes de trabajo concretos.

Salidas:

- 1) **Línea Base del Alcance:** Es la versión aprobada del enunciado del alcance, estructura de desglose de trabajo (EDT/WBS) y su diccionario de la EDT/WBS asociado, que solamente se puede cambiar mediante los procedimientos formales de control de cambios. Es un componente para la dirección del proyecto. A continuación se muestran los componentes de la línea base del alcance:
 - **Enunciado del alcance del proyecto:** En él se incluyen la descripción del alcance, los entregables más importantes, los supuestos y las restricciones del proyecto.
 - **EDT/WBS:** Descomposición jerárquica del alcance total del trabajo a realizar por el equipo del proyecto para conseguir los objetivos del proyecto y generar los entregables necesarios. Cada nivel descendente de la EDT/WBS interpreta una definición cada vez más detallada del trabajo del proyecto. La EDT/WBS queda terminada cuando se le asigna a cada uno de los paquetes de trabajo una cuenta de control y se determina un identificador único de código de cuenta de ese paquete. Los identificadores establecen una estructura para consolidar jerárquicamente los costes, el cronograma y la información sobre los recursos. La cuenta de control es un punto de control de gestión, en el cual se incorporan el alcance, el presupuesto, el coste real y el cronograma, comparándolo con el valor ganado para medir el desempeño.
 - **Diccionario de la EDT/WBS:** Documento el cual se desarrolla la información con detalle sobre los entregables, actividades y programación de cada uno de los componentes de la EDT/WBS, considerándose un elemento de apoyo de la Estructura Desagregada de Tareas (EDT). El diccionario puede incluir el identificador del código de cuenta, la descripción del trabajo, los supuestos y las restricciones, la organización responsable, los hitos del programa, las actividades vinculadas al cronograma, los recursos necesarios, las estimaciones de los costes, los requisitos de calidad, los criterios de aceptación, las referencias técnicas y la información sobre acuerdos.

- 2) **Actualizaciones a los Documentos del Proyecto:** Los documentos del proyecto a actualizar incluyen, entre otros, documentación de los requisitos, pudiendo requerir la actualización para introducir los cambios aprobados.

5. Validar el Alcance: Proceso mediante el cual se formaliza la aceptación de los entregables del proyecto que se hayan completado. Una de las ventajas es la de aportar objetividad al proceso de aceptación y aumentar las posibilidades de que el producto, servicio o resultado sea aceptado a través de la validación de cada entregable final. En la figura 17 se presenta el listado de las entradas, salidas y herramientas del proceso:



Figura 17: Validar el Alcance: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan para la Dirección del Proyecto: Descrito en las Salidas del Proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” en el Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Este plan contiene el plan de gestión del alcance, el cual especifica la manera en que se obtendrá la aceptación formal de los entregables completados del proyecto, y la línea base del alcance, que incluye la versión aprobada del enunciado del alcance, estructura de desglose del trabajo (EDT/WBS), y su diccionario de la EDT/WBS asociado.
- 2) Documentos de Requisitos: Definido en las Salidas del proceso “Recopilar Requisitos”. Estos documentos enumeran todos los requisitos del proyecto y del producto, con sus criterios de aceptación.
- 3) Matriz de trazabilidad de Requisitos: Descrita en las Salidas del proceso anterior “Recopilar Requisitos”. Vincula los requisitos con su origen y realiza su seguimiento durante el ciclo de vida del proyecto.
- 4) Entregables Verificados: Definido y desarrollado en el Área de Conocimiento de “Gestión de la Calidad del Proyecto”, que se explicará más adelante. Son entregables del proyecto que se han completado y verificado en términos de corrección a través del proceso Controlar la Calidad.
- 5) Datos de Desempeño del Trabajo: Ya descrito dentro de las Salidas del proceso “Dirigir y Gestionar la Ejecución/Trabajo del Proyecto” del Área de Conocimiento de “Gestión de la Integración del Proyecto”. Estos datos pueden incorporar el grado de cumplimiento con los requisitos, el número de no conformidades, la gravedad de las no conformidades.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Inspección: Las actividades de la inspección suelen ser la de medir, examinar y validar para poder determinar si el trabajo y los entregables cumplen con los requisitos y los criterios de aceptación del producto.
- 2) Técnicas Grupales de Toma de Decisiones: Descrita en las Herramientas y Técnicas del proceso “Recopilar Requisitos”. Estas técnicas se emplean cuando es necesario obtener una conclusión cuando la validación es realizada por el equipo del proyecto y el resto de interesados.

Salidas:

- 1) Entregables Aceptados: Los entregables que cumplen con los criterios de aceptación son firmados y aprobados de manera formal por el cliente, habiéndolo recibido por parte de los interesados. Una vez finalizado la entrega de dicha documentación, ésta misma es transferida al proceso de “Cerrar el Proyecto o Fase” del Área de Conocimiento de “Gestión de la Integración del Proyecto”.
- 2) Solicitudes de Cambio: Aquellos entregables que no hayan podido ser aceptados por el cliente, son documentados con las causas por las cuales no fueron aceptados. Por lo tanto, podrían requerir una solicitud de cambio para la reparación de los errores, realizándolas por medio del proceso “Realizar el Control Integrado de Cambios” dentro del Área de Conocimiento de “Gestión de la Integración del Proyecto”.
- 3) Información de Desempeño del Trabajo: Contiene información sobre el avance del proyecto, como pueden ser los entregables iniciados, su avance y los entregables terminados, documentándolo en el Área de Conocimiento “Gestión de las Comunicaciones del Proyecto”, que se explicará más adelante.
- 4) Actualizaciones a los Documentos del Proyecto: Los documentos del proyecto a actualizar como resultado del proceso de “Validar el Alcance”, incorporan aquellos documentos que describen el producto, pudiendo requerir de su aprobación por parte del cliente.

- 6. Controlar el Alcance:** Proceso que monitorea el alcance del proyecto y del producto, gestionando los cambios a la línea de base del alcance. Una de las ventajas es que permite mantener la línea base del alcance durante todo el proyecto. A continuación se muestra el listado de las herramientas, entradas y salidas de este proceso:



Figura 18: Controlar el Alcance: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan para la Dirección del Proyecto: Desarrollado en las Salidas del Proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Para poder controlar el alcance del proyecto es necesario la siguiente información del plan para la dirección del proyecto:
 - Plan base del alcance.
 - Plan de gestión del alcance del proyecto.
 - Plan de gestión de cambios.
 - Plan de gestión de la configuración.
 - Plan de gestión de los requisitos.
- 2) Documentación de Requisitos: Ya explicada en las Salidas del proceso anteriormente mencionado “Recopilar Requisitos”. Los requisitos deben de ser medibles y comparables, trazables, completos, coherentes y aceptables para los interesados.
- 3) Matriz de Trazabilidad de Requisitos: Descrita en las Salidas del Proceso “Recopilar Requisitos”. Esta matriz ayuda a localizar el impacto de cualquier cambio o desviación de la línea de base del alcance sobre los objetivos del proyecto.
- 4) Datos de Desempeño del Trabajo: Definido en las Salidas del proceso “Dirigir y Gestionar la Ejecución/Trabajo del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento de “Gestión de la Integración del Proyecto”. Estos datos pueden llevar el número de solicitudes de cambio recibidas y aceptadas, o el número de entregables que se completaron.
- 5) Activos de los Procesos de la Organización: Su descripción ya definida en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” del Área de Conocimiento de “Gestión de Integración del Proyecto”. Los activos puede afectar en el proceso de controlar el alcance, incluyendo las políticas, procedimientos y guías existentes, formales e informales, relacionados con el control del alcance, y métodos de monitoreo y comunicación.

Herramientas y Técnicas:

- 1) **Análisis de Variación:** Técnica para definir la causa y el grado de la diferencia entre la línea base y el desempeño real. El uso de las medidas de desempeño del proyecto es la de evaluar la magnitud de la desviación en relación a la línea base original del alcance.

Salidas:

- 1) **Información de Desempeño del Trabajo:** Incluye las correlaciones y contexto sobre el desempeño del alcance del proyecto en comparación con la línea base del alcance. Además puede incorporar categorías de los cambios recibidos, variaciones del alcance identificadas y sus causas, el impacto de éstas en el cronograma, y el pronóstico del desempeño futuro del alcance.
- 2) **Solicitudes de Cambio:** El análisis de desempeño puede llegar a una solicitud de cambio de la línea de base del alcance o de otras partes del plan para la dirección del proyecto. Estas solicitudes incluyen acciones preventivas, reparación de defectos o solicitudes de mejora.
- 3) **Actualizaciones del Plan para la Dirección del Proyecto:** Las actualizaciones pueden incorporar lo siguiente:
 - **Actualizaciones a la Línea de Base del Alcance:** En el caso de que las solicitudes de cambio aprobadas perjudicasen al alcance del proyecto, habría que volver a revisar y volver a definir el alcance del proyecto, la EDT/WBS y el diccionario de la EDT/WBS, mediante el proceso “Realizar el Control Integrado de Cambios” del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”.
 - **Actualizaciones a Otras líneas Base:** Si las solicitudes de cambio ya aprobadas afectasen al proyecto más allá del alcance del mismo, habría que comprobar y volver a emitir, en caso que fuese necesario, las correspondientes líneas base de coste y del cronograma.
- 4) **Actualizaciones a los Documentos del Proyecto:** Entre los documentos a actualizar, estos incluyen la documentación de los requisitos y la matriz de trazabilidad de los mismos.
- 5) **Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización:** Dentro de los activos a actualizar, incluyen las causas de las desviaciones, las acciones seleccionadas y las razones de su selección y otros tipos de lecciones aprendidas desde del control del alcance del proyecto.

2.2.6.3. Gestión del tiempo del proyecto

La Gestión del Tiempo del Proyecto incorpora todos los procesos necesarios para gestionar la terminación en plazo del proyecto. Antes de definir los procesos de esta Área de Conocimiento, es necesario describir el modelo de programación, siendo este una representación del plan para ejecutar las actividades del proyecto que incluye duraciones, dependencias y resto de información de la planificación, y que se emplea, junto con otros objetos de la programación, para crear cronogramas del proyecto. Los procesos de Gestión del Tiempo, además de sus herramientas y técnicas asociadas, se documentan en el plan de gestión del cronograma, considerándose éste mismo como un plan secundario del plan para la dirección del proyecto, a través del proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto” (**Project Management Institute, 2013**). A continuación se describirán detalladamente todos los procesos que implican la gestión del tiempo:

- 1. Planificar la Gestión del Cronograma:** Proceso por el cual se establece las políticas, los procedimientos y la documentación necesaria para planificar, gestionar, ejecutar y controlar el cronograma del proyecto. La ventaja más importante de este proceso es la de suministrar una guía y dirección sobre cómo se gestionará el cronograma del proyecto a lo largo del mismo. En la figura siguiente se puede mostrar las herramientas, entradas y salidas a emplear en este proceso:



Figura 19: Planificar la Gestión del Cronograma: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan para la Dirección del Proyecto: Descrito en las Salidas del Proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. El contenido del plan para la dirección del proyecto que se emplea para generar y explicar el plan de gestión del cronograma es el siguiente:
 - Líneas de base del alcance: Contiene los detalles del enunciado del alcance del proyecto y la estructura de desagregada de tareas (EDY/WBS).
 - Otra información: Para desarrollar el cronograma se emplearán otras decisiones del plan para la dirección del proyecto vinculadas con el cronograma, como pueden ser las decisiones de costes, riesgos y comunicaciones.
- 2) Acta de Constitución del Proyecto: Definida y desarrolla en las Salidas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” del Área de Conocimiento “Gestión de Integración del Proyecto”. En el Acta se explica el resumen del cronograma del hito y los requisitos de aprobación del proyecto que afectarán a la gestión del cronograma del mismo.
- 3) Factores Ambientales de la Empresa: Descritos en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los factores ambientales que suelen afectar al proceso de Planificar la Gestión del Cronograma son la cultura y la estructura de la organización, la disponibilidad de recursos y habilidades, el software de gestión de proyectos, la información de dominio público (productividad de recursos), y sistemas de autorización de trabajos de la organización.
- 4) Activos de los Procesos de la Organización: Ya desarrollados en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” en el Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Dentro de los activos que afectan al proceso de Planificar la Gestión del Cronograma, destacan las herramientas de monitoreo e información, información histórica, herramientas de control del cronograma, políticas, procedimientos y guía existentes, plantillas, guías para el cierre del proyecto, procedimientos de control de cambios y de control de riesgos.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Juicio de Expertos: Sobre la base de información histórica, este juicio contribuye una perspectiva valiosa sobre el entorno, así como información de proyectos semejante realizados con anterioridad. Cuando se procede al desarrollo del plan de gestión del cronograma, es cuando debe emplearse algún tipo de juicio, basada en la experiencia en un área de aplicación, en un área de conocimiento, en una disciplina, en una industria, etc.
- 2) Técnicas Analíticas: Para Planificar la Gestión del Cronograma, se necesita introducir opciones estratégicas para estimar y programar el proyecto, como pueden ser la metodología de programación, las herramientas y técnicas de programación, los enfoques de estimación y los formatos y software de gestión de proyectos. Además, el plan de gestión del cronograma puede necesitar formas de ejecución rápida o intensificar el cronograma del proyecto.
- 3) Reuniones: Para poder desarrollar y crear el plan de gestión del cronograma los equipos de proyecto establecen reuniones de planificación. Los participantes de estas reuniones suelen el director de proyecto, el patrocinador del proyecto, algunos miembros en concreto del equipo de proyecto, determinados interesados, o personas que tengan responsabilidades de planificación o de ejecución del cronograma.

Salidas:

- 1) Plan de Gestión del Cronograma: Es un componente del plan para la dirección del proyecto, el cual establece los criterios y las actividades para desarrollar, monitorear y controlar el cronograma. Este plan establece los siguiente:
 - Desarrollo del modelo de programación del proyecto: Se establece la metodología y la herramienta de programación a emplear.
 - Nivel de exactitud: Se determinar el rango aceptable que se empleará para hacer las estimaciones realistas sobre la duración de las actividades.
 - Unidades de medida: Se definen, para cada uno de los recursos, las unidades que se emplearán en las mediciones (por ejemplo las horas, días o semanas de trabajo del personal para medidas de tiempo, o metros, litros, toneladas, kilómetros para medidas de cantidades).
 - Enlaces con los procedimientos de la organización: la EDT/WBS determina el marco para el plan de gestión del cronograma y proporciona coherencia con las estimaciones y cronogramas resultantes.
 - Mantenimiento del modelo de programación del proyecto: Se describe el proceso por el cual se utilizará para poder actualizar el estado y registrar el avance del proyecto en el modelo de programación durante la ejecución del mismo.
 - Umbrales de control: Se pueden determinar umbrales de variación para el monitoreo del desempeño del cronograma, que establezcan una variación permitida, previamente acordada. Estos umbrales se pueden expresar como un porcentaje de desviación con respecto a los parámetros determinados en la línea base del plan.
 - Reglas para la medición del desempeño: Estas reglas pueden ser la gestión del valor ganado (EVM) u otras reglas de mediciones físicas. Según Project Management Institute (2013), EVM (Gestión del Valor Ganado) es una *“metodología que combina medidas de alcance, cronograma y recursos para valorar el desempeño y el avance real del proyecto”*. En definitiva es una técnica de dirección de proyectos que permite resaltar la necesidad de realizar medidas correctoras a partir de indicadores de rendimiento que deben de ser calculados a lo largo del proyecto en momentos importantes del control, monitoreando tres dimensiones, el valor planificado (PV), el valor ganado (EV), y el coste real (AC) (Climent Alós, 2014). El plan de gestión del cronograma podría especificar reglas para establecer el porcentaje completado, una cuenta de control en la que se medirá la gestión del avance y del cronograma, técnicas para medir el valor ganado y

medidas de desempeño del cronograma, como la variación del cronograma (SV) y el índice de desempeño del cronograma (SPI), cuyo uso es el de evaluar la magnitud de la variación con respecto a la línea base original del cronograma.

- Formatos de los informes.
- Descripciones de los procesos.

2. Definir las Actividades: Proceso por el cual se identifican y se documentan las acciones concretas que se deberán realizar para crear los entregables del proyecto. La ventaja de este proceso es la de desglosar los paquetes de trabajo en actividades que generan una base para la estimación, programación, ejecución, monitoreo y control del trabajo del proyecto. A continuación, en la figura 20, aparecen el listado de las entradas, salidas y herramientas y técnicas de este proceso:



Figura 20: Definir las Actividades: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan de gestión del cronograma: Desarrollado y definido en las Salidas del proceso anterior “Planificar la Gestión del Cronograma”. El nivel de detalle que se necesita para la gestión del trabajo contribuye un aspecto importante para el plan de gestión del cronograma.
- 2) Línea Base del Alcance: Descrito en las Salidas del proceso “Crear la EDT/WBS” del Área de Conocimiento Anterior “Gestión del Alcance del Proyecto”. Tanto la EDT/WBS, como los entregables, las restricciones y los supuestos de proyectos, los cuales se describen en la línea de base del alcance, se tiene que considerar de forma explícita a la hora de definir las actividades.
- 3) Factores Ambientales de la Empresa: Definido en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los factores ambientales que afectan a este proceso suelen ser la cultura y la estructura de la organización, la información comercial de dominio público guardada en bases comerciales y el sistema de información para la dirección de proyectos (PMIS).
- 4) Activos de los Procesos de la Organización: Ya descritos en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” en el Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los activos que suelen influir en el proceso de “Definir las Actividades” son:
 - Base de conocimiento de lecciones aprendidas, albergando información histórica relacionada con la lista de actividades empleadas en proyectos anteriores de características semejantes.
 - Procesos estandarizados.
 - Plantillas con una lista de actividades estándar.
 - Políticas, procedimientos y guías existentes vinculadas con la planificación de las actividades, como pueden ser la metodología de programación.

Herramientas y Técnicas:

- 1) **Descomposición:** Consiste en la división y la subdivisión del alcance del proyecto y de los entregables del mismo, en componentes más pequeños y fáciles de manejar. El proceso de “Definir las Actividades” determina las salidas finales como actividades y no como entregables, que es lo que se hace en el proceso “Crear la EDT/WBS” del Área de Conocimiento “Gestión del Alcance del Proyecto”.
- 2) **Planificación Gradual:** Técnica de planificación iterativa en la cual el trabajo a realizar a corto plazo se planifica en detalle mientras que el trabajo futuro se planifica en un nivel más alto. En definitiva, en función de ubicación en el ciclo de vida del proyecto, el trabajo podrá estar definido con distintos niveles de detalle.
- 3) **Juicio de Expertos:** Tanto el equipo de proyecto como otros expertos en el desarrollo de enunciados del alcance del proyecto, EDT/WBS y cronogramas del proyecto, pueden contribuir su experiencia a la hora de describir las actividades.

Salidas:

- 1) **Lista de Actividades:** Lista la cual contiene todas las actividades del cronograma que son necesarias para el proyecto. Cada actividad de la lista incluye un identificador y una descripción del alcance del proyecto, con el nivel de detalle correspondiente para su comprensión y entendimiento, además de tener un título único que defina su ubicación dentro del cronograma.
 - 2) **Atributos de las Actividades:** Las actividades contienen duraciones, a lo largo de las cuales se lleva a cabo el trabajo de las mismas, pudiendo tener además los recursos y costes asociados a dicho trabajo. Los atributos de las actividades incrementan la descripción de la actividad, al identificar los componentes relacionados con cada una de ellas, y evolucionando a lo largo del tiempo. Durante las fases iniciales del proyecto, los atributos contienen el identificador de la actividad (ID), el identificador de la EDT/WBS y la etiqueta de la actividad; una vez finalizadas, pueden llevar códigos de actividad y su descripción, actividades predecesoras, sucesoras, relaciones lógicas, adelantos, retrasos, requisitos de recursos, fechas, restricciones y supuestos. Además, estos atributos también se pueden emplear para identificar a la persona responsable de realizar el trabajo, la zona geográfica o el lugar donde se ejecutará el trabajo.
 - 3) **Lista de Hitos:** Hito es un punto significativo en el proyecto. La lista de hitos es un listado en el cual se establecen todos los hitos del proyecto y se indican si son obligatorios, como los exigidos por contrato, u opcionales, como los basados en información histórica. Son muy semejantes a las actividades del cronograma, presentando una estructura idéntica, pero con la diferencia de que la duración es nula.
- 3. Secuenciar las Actividades:** Este proceso trata de identificar y documentar las relaciones entre las actividades de proyecto. Una de las ventajas más importantes es que reside en la definición de la secuencia lógica de trabajo para adquirir la máxima eficiencia teniendo en consideración todas las restricciones del proyecto. A continuación se muestra en la siguiente figura, las entradas, salidas y herramientas de este proceso:



Figura 21: Secuenciar las Actividades: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan de gestión del cronograma: Descrito en las Salidas del proceso anterior “Planificar la Gestión del Cronograma”. Este plan identifica la metodología y la herramienta de programación a usar en el proyecto.
- 2) Lista de Actividades: Definido en el proceso anterior “Definir las Actividades, en el apartado de Salidas. Como ya se describió con anterioridad, esta lista incluye las actividades del cronograma que son necesarias para poder ejecutar el proyecto, que deberán ser secuenciadas.
- 3) Atributos de la Actividad: Desarrollado en las Salidas del proceso “Definir las Actividades. Los atributos definen una secuencia necesaria de eventos o relaciones de tipo predecesor o sucesor.
- 4) Lista de hitos: Ya explicado en las Salidas del proceso “Definir las Actividades”. Esta lista de hitos puede contener fechas programadas para hitos en concreto.
- 5) Enunciado de Alcance del Proyecto: Descrito en las Salidas del proceso “Definir el Alcance” dentro del Área de Conocimiento de “Gestión del Alcance del Proyecto”. Ya definido con anterioridad, el enunciado del alcance del proyecto contiene la descripción del alcance del producto, incluyendo las características del mismo que pueden llegar a perjudicar a la secuenciación de las actividades.
- 6) Factores Ambientales de la Empresa: Definido en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los factores ambientales que suelen afectar a este proceso de “Secuenciar Actividades” son las normativas gubernamentales, el sistema de información para la dirección de proyectos (PMIS), la herramienta de la programación y los sistemas de autorización de trabajo de la organización.
- 7) Activos de los Procesos de la Organización: Ya explicados en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” en el Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los activos que suelen influir en este proceso son los archivos del proyecto, procedentes de la base corporativa de conocimiento que se emplean en la metodología de programación, políticas vinculadas a la planificación de actividades, procedimientos y guías, como la metodología de programación, y plantillas empleadas para agilizar la preparación de grupos de actividades de proyecto.

Herramientas y Técnicas:

1) Método de Diagramación por Precedencia (PDM): Técnica empleada para construir un modelo de programación en el que las actividades se representan mediante nodos y se relacionan gráficamente a través de una o más relaciones lógicas para indicar la secuencia de la cual deben de ser ejecutadas. Existe el llamado “Actividad en Nodo (AOA)”, que es uno de los métodos de representación de un diagrama de precedencia, siendo el más usado por gran cantidad de paquetes de software de gestión de proyectos. El PDM tiene cuatro tipos de dependencias o relaciones lógicas, que son las siguientes:

- Final-Comienzo (FC): Relación lógica en la cual la actividad sucesora no puede comenzar hasta que haya finalizado la actividad predecesora.
- Final-Final (FF): Relación lógica la cual la actividad sucesora no puede finalizar hasta que haya terminado la actividad predecesora.
- Comienzo-Comienzo (CC): Relación lógica en la que la actividad sucesora no puede iniciar hasta que no haya comenzado la actividad predecesora.
- Comienzo-Final (CF): Relación lógica en la cual la actividad sucesora no puede finalizar hasta que la predecesora haya comenzado.

A continuación se muestran las relaciones en la figura 22:

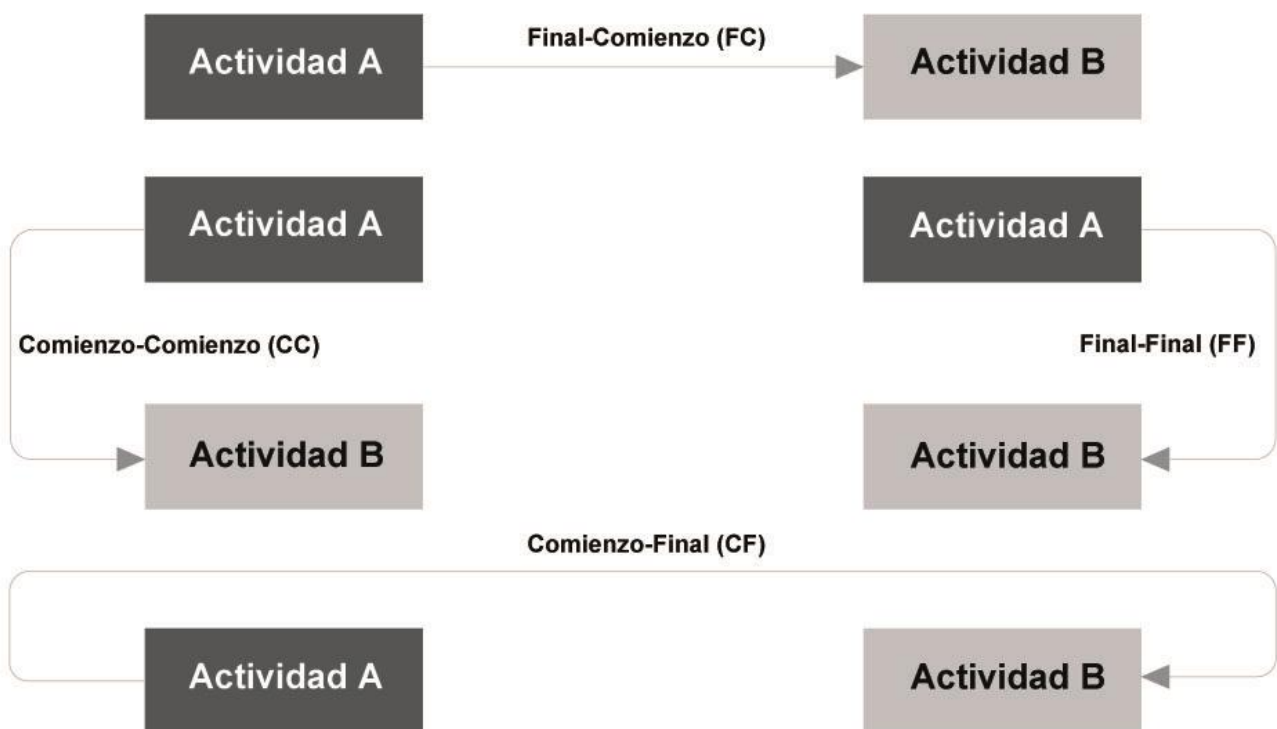


Figura 22: Tipos de Relaciones del Método de Diagramación por Precedencia (PDM). Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

- 2) **Determinación de las Dependencias:** La dependencia tiene cuatro atributos, pero solamente se pueden aplicar dos de manera simultánea: dependencias obligatorias externas o internas, y dependencias discrecionales externas o internas. A continuación se describen los cuatro atributos:
- **Dependencias obligatorias:** Son aquellas requeridas legal o contractualmente o las inherentes a la naturaleza del trabajo. Estas dependencias implican ciertas limitaciones físicas, como por ejemplo en un proyecto de construcción, en el que es imposible hacer la estructura hasta que no se hayan construido la cimentación.
 - **Dependencias discrecionales:** También denominadas “lógica preferida” o “lógica blanda”, son aquellas que se establecen sobre la base del conocimiento de las mejores prácticas dentro de un área de aplicación determinada, en donde se desea establecer una secuencia en concreto, aunque ya existan secuencias aceptables. Estas dependencias tienen que estar muy bien documentadas, porque puede dar lugar a valores arbitrarios de la holgura total y puede limitar las opciones de la programación.
 - **Dependencias externas:** Aquellas dependencias que suponen una relación entre las actividades del proyecto y las que no se incluyen en el ámbito del mismo. Estas dependencias se encuentran fuera del equipo de proyecto. Por ejemplo, en un proyecto de construcción, es necesario las vistas gubernamentales de evaluación del impacto ambiental antes de comenzar la preparación del emplazamiento.
 - **Dependencias internas:** Implican una relación de precedencia entre las actividades del proyecto, y se encuentran bajo el control del equipo de proyecto.
- 3) **Adelantos y Retrasos:** Un adelanto es la cantidad de tiempo en que una actividad sucesora se puede anticipar con respecto a una actividad predecesora. Por ejemplo, en un proyecto en el que se va a construir un edificio de oficinas, puede programarse el comienzo de la preparación del jardín dos semanas antes de la fecha programada para completar la lista de tareas pendientes. Esto se puede representar como una relación lógica final-comienzo, con un adelanto de dos semanas. Con respecto al retraso, este trata en la cantidad de tiempo que una actividad sucesora retrasa con respecto a una actividad predecesora. Por ejemplo, un equipo de redacción técnica puede empezar a editar un borrador de un documento muy amplio 15 días después de haber empezado a redactarlo. Esto se representaría como una relación lógica comienzo-comienzo, con un retraso de 15 días.

Salidas:

- 1) **Diagramas de Red del Cronograma del Proyecto:** Representación gráfica de las dependencias entre las actividades del cronograma/planificación del proyecto. Para elaborar un diagrama de red se puede hacer de manera manual o mediante el empleo de un software de gestión de proyectos. En la figura mostrada a continuación se puede apreciar como es el diagrama de red de un cronograma del proyecto:

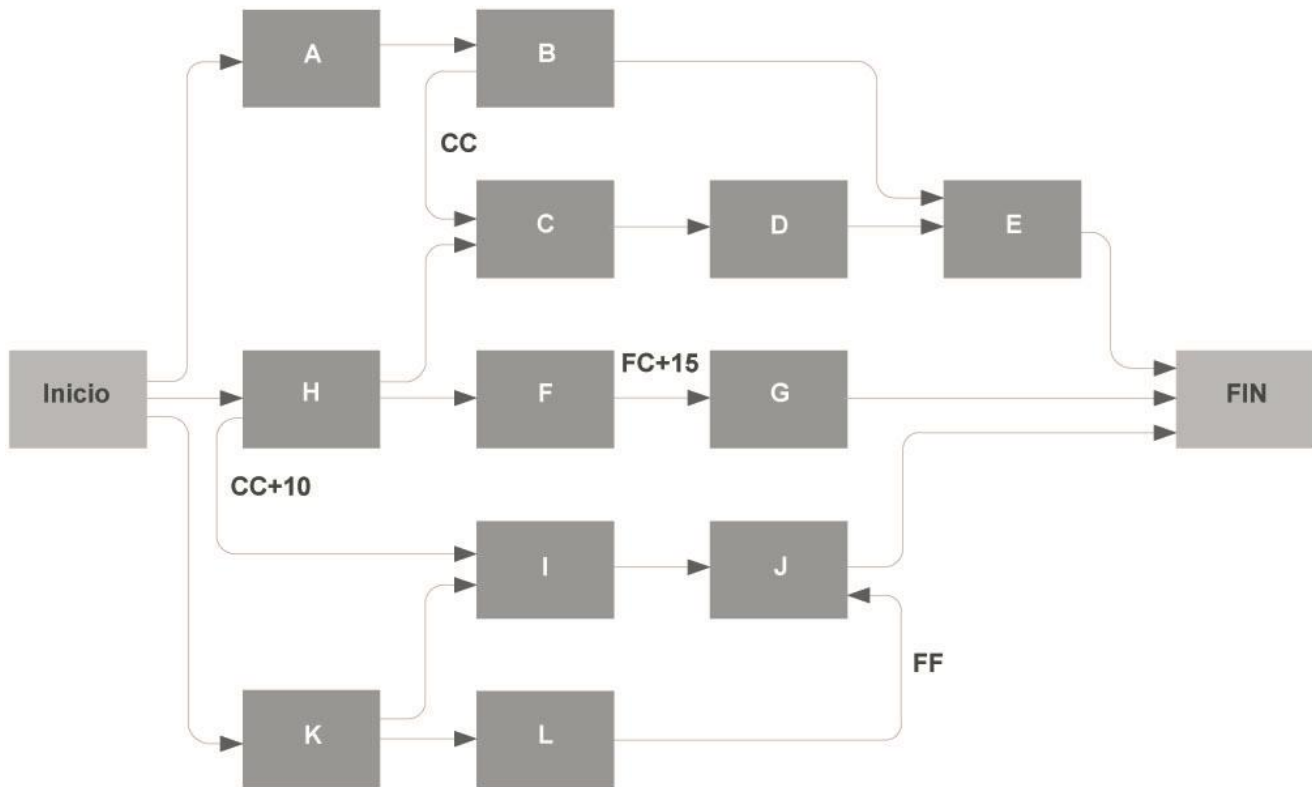


Figura 23: Diagrama de Red del Cronograma del Proyecto. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

2) Actualizaciones a los Documentos del Proyecto: Los documentos a actualizar suelen ser las listas y los atributos de las actividades, la lista de hitos y el registro de riesgos.

4. Estimar los Recursos de las Actividades: Consiste en estimar el tipo y las cantidades de materiales, personas, equipos o suministros necesarios para poder realizar cada una de las actividades. Una de las ventajas clave de este proceso es reconocer el tipo, la cantidad y las características de los recursos necesarios para poder terminar la actividad, lo cual permite estimar tanto el coste como la duración de forma más correcta y exacta. En la figura siguiente, se muestra las entradas, salidas y herramientas del proceso:

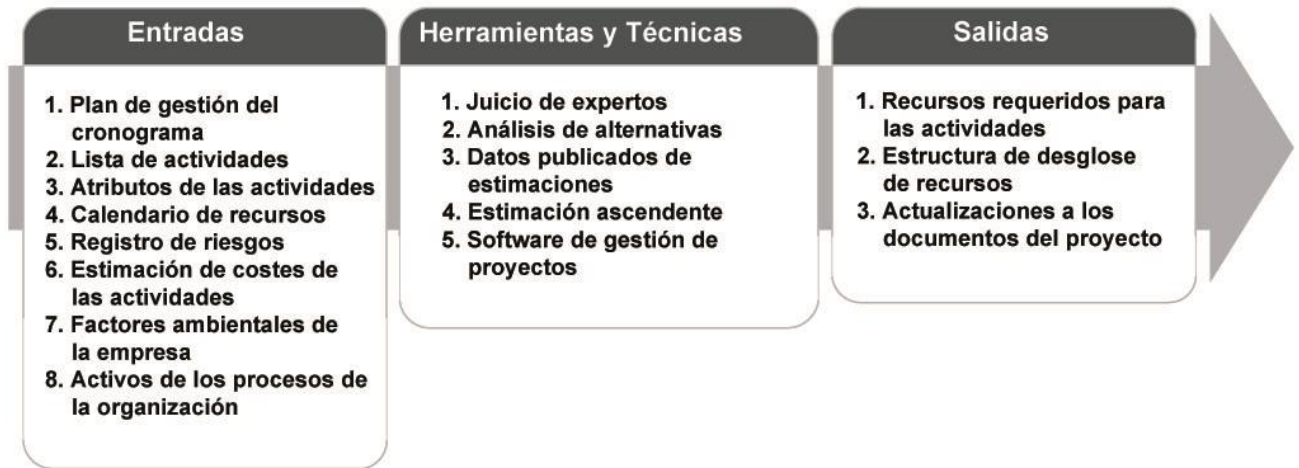


Figura 24: Estimar los Recursos de las Actividades: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan de gestión del cronograma: Definido en las Salidas del proceso “Planificar la Gestión del Cronograma”. Este plan identifica la metodología y la herramienta de programación a usar en el proyecto. Este plan identifica el nivel de exactitud y las unidades de medida a usar para estimar los recursos.
- 2) Lista de Actividades: Descrito en las Salidas del proceso anterior “Definir las Actividades”. La lista de actividades identifica las actividades que necesitarán recursos.
- 3) Atributos de la Actividad: Explicado en las Salidas del proceso “Definir las Actividades”. Los atributos de las actividades, contemplan la principal entrada de datos que se emplearán para la estimación de recursos necesarios para cada una de las actividades de la lista.
- 4) Calendario de Recursos: Definidos y desarrollados con más detalle dentro de las Áreas de Conocimiento “Gestión de Recursos Humanos del Proyecto” y “Gestión de las Adquisiciones del Proyecto”. Consiste en un calendario que establece los días y turnos de trabajo de cada recurso disponible. La información sobre los recursos, disponible en un periodo planificado de la actividad, se utiliza para estimar la utilización de los mismos. También, los calendarios determinan cuándo y por cuánto tiempo se encontrarán disponibles los recursos del proyecto a lo largo de la ejecución del mismo.
- 5) Registro de Riesgos: Descrito en el Área de Conocimiento “Gestión de los Riesgos del Proyecto”. Algunos eventos asociados al riesgo en concreto, pueden afectar en la selección y disponibilidad de los recursos. Además, las actualizaciones al registro de riesgos, se cuentan entre las actualizaciones a los documentos del proyecto.
- 6) Estimación de Costes de las Actividades: Definido dentro del Área de Conocimiento “Gestión de los Costes del Proyecto”. Es importante mencionar que los costes de los recursos pueden afectar a la elección de los mismos.
- 7) Factores Ambientales de la Empresa: Ya descrito en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los factores ambientales pueden afectar en el proceso de la “Estimación de Recursos de las Actividades”, que incluye la localización y las habilidades de los recursos.
- 8) Activos de los Procesos de la Organización: Definido en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” en el Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Entre los activos que suelen afectar a este proceso suelen ser las políticas y los

procedimientos relacionados con los recursos humanos y con el alquiler y la adquisición de suministros y equipos, y la información histórica relativa con los tipos de recursos empleados para trabajos similares a proyectos anteriores.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Juicio de Expertos: Con bastante frecuencia, es necesario este juicio de expertos para evaluar las entradas de este proceso, vinculadas con los recursos.
- 2) Análisis de Alternativas: Muchas actividades del cronograma se pueden realizar a través de métodos alternativos, los cuales incorporan el empleo de diferentes niveles de competencia o habilidades de recursos, diferentes tamaños y tipos de máquinas, diferentes herramientas y las decisiones de hacer los recursos.
- 3) Datos de Estimaciones Publicados: Muchas organizaciones divulgan de manera periódica los índices de producción actualizados y los costes unitarios de recursos para una gran diversidad de industrias, materiales y equipos, en diferentes países.
- 4) Estimación Ascendente: Método de estimación de la duración o el coste del proyecto a través de la suma de las estimaciones de los componentes del nivel inferior en la EDT/WBS. En el caso de que no se pueda estimar una actividad con un nivel razonable de confianza, el trabajo que conlleva esa actividad se divide en un nivel de detalle mayor. Se estiman las necesidades de los recursos y posteriormente se suman esas estimaciones y se crean una cantidad global para cada uno de los recursos de la actividad.
- 5) Software de Gestión de Proyectos: Esta herramienta ayuda a planificación, organización y gestión de los grupos de recursos, así como la realización de las estimaciones de los mismos.

Salidas:

- 1) Recursos Requeridos para las Actividades: Son los tipos y las cantidades de recursos identificados que son necesarios para cada actividad del paquete de trabajo. Además, estos requisitos pueden sumarse para poder determinar los recursos estimados para cada paquete y período de trabajo. La documentación de los recursos requeridos puede incorporar la base de estimación de cada recurso, así como los supuestos al establecer los tipos de recursos a asignar, su disponibilidad y en qué cantidad se usan.
 - 2) Estructura de Desglose de Recursos (EDR): Representación jerárquica de los recursos por categoría y tipo. Estas categorías suelen ser la mano de obra, el material, los equipos y los suministros. En relación a los tipos de recursos, estos pueden tener el nivel de habilidad, de formación u otra información importante con respecto al proyecto.
- 5. Estimar la Duración de las Actividades:** Consiste en realizar una estimación de la cantidad de períodos de trabajo que son necesarios para poder terminar las actividades individuales con los recursos estimados. La ventaja del proceso es la de establecer la cantidad de tiempo necesario para concluir cada una de las actividades. A continuación se muestra las herramientas, salidas y entradas del proceso:

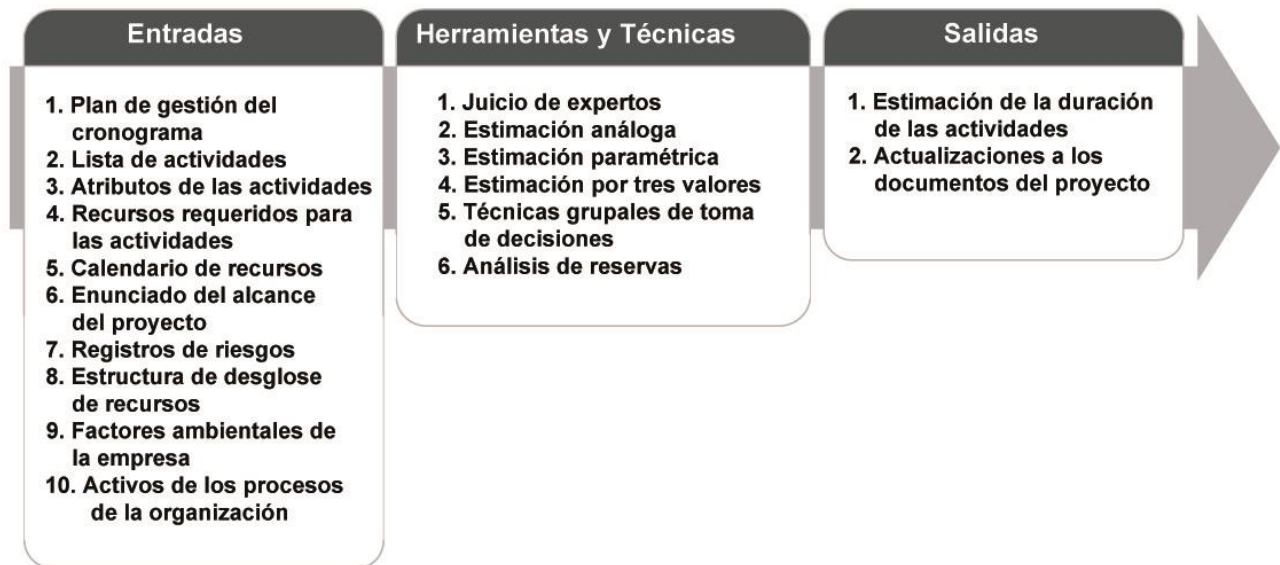


Figura 25: Estimar la Duración de las Actividades: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan de gestión del cronograma: Descrito en las Salidas del proceso “Planificar la Gestión del Cronograma”. Este plan describe el método a emplear y el nivel de precisión junto con otros criterios necesarios para la estimación de la duración de las actividades.
- 2) Lista de Actividades: Definido en las Salidas del proceso anterior “Definir las Actividades”. Esta lista establece las actividades que necesitarán estimaciones de duración.
- 3) Atributos de la Actividad: Desarrollado en las Salidas del proceso “Definir las Actividades”. Conforman la principal entrada de datos que se empleará para la estimación de duraciones para cada una de las actividades de la lista de actividades.
- 4) Recursos Requeridos para las Actividades: Ya descrito en el proceso anterior, dentro de las Salidas de “Estimar los Recursos de las Actividades”. Estos recursos tendrán una consecuencia sobre la duración de las actividades, puesto que el grado con el que los recursos asignados a cada actividad cumplen con los requisitos, tendrán una influencia considerada sobre la duración de la gran parte de las actividades.
- 5) Calendario de Recursos: Definido en las Entradas del proceso anterior “Estimar los Recursos de las Actividades”. El calendario influye en la duración de las actividades del cronograma en conceptos de la disponibilidad de recursos específicos, el tipo de recursos y los recursos con atributos concretos.
- 6) Enunciado del Alcance del Proyecto: Descrito en las Salidas del proceso “Definir el Alcance” dentro del Área de Conocimiento “Gestión del Alcance del Proyecto”. Cuando hay que estimar la duración de las actividades, se debe de tener en cuenta los supuestos y las restricciones del enunciado del alcance del proyecto. Los ejemplos de supuestos incluyen las condiciones existentes, la disponibilidad de información y la frecuencia de presentación de informes. Y los ejemplos de restricciones incluyen la disponibilidad de recursos capacitados y los términos y requisitos del contrato.
- 7) Registro de Riesgos: Definido y desarrollado en el Área de Conocimiento “Gestión de los Riesgos del Proyecto”, que se explicará más adelante. El registro de riesgos facilita una lista de riesgos, junto con los resultados de análisis de riesgos y de la planificación de la repuesta de riesgos.

- 8) Estructura de Desglose de Recursos: Descrito en las Salidas del proceso anterior “Estimas los Recursos de las Actividades”. Es una estructura jerárquica de los recursos identificados, tanto por categoría como por tipo de recurso.
- 9) Factores Ambientales de la Empresa: Definido en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los factores ambientales que suelen influir en este proceso son las bases de datos de estimaciones de duración y otros datos de referencia, las métricas de productividad, la información comercial publicada y la ubicación de los miembros del equipo.
- 10) Activos de los Procesos de la Organización: Desarrollado en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” en el Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los activos que afectan a este proceso son la información histórica relacionada con la duración, los calendarios del proyecto, la metodología de programación y las lecciones aprendidas.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Juicio de Expertos: Este juicio suministra información sobre la estimación de la duración o duraciones máximas recomendadas, provenientes de proyectos semejantes anteriores. El juicio de también puede emplearse para determinar si es aconsejable combinar los métodos de estimación y cómo conciliar las diferencias entre ellos.
- 2) Estimación Análoga: Método para estimación aproximada que compara la duración o el coste de una actividad o de un proyecto, con los datos históricos de una actividad o con proyectos similares y que a menudo dependen de la opinión de expertos (Ashworth, 1994). El estimador debe tener la experiencia pertinente en la estimación del coste de proyectos similares (Loftus, 1999). Este tipo de estimación emplea parámetros de un proyecto con características muy similares, como pueden ser la duración, el presupuesto, el tamaño, la carga y la complejidad, como base para estimar los mismos parámetros o medidas para un proyecto futuro. Cuando hay que estimar duraciones, esta técnica usa la duración real de proyectos similares anteriores como base para la estimación de la duración del proyecto actual.
- 3) Estimación Paramétrica: Técnica que se utiliza un algoritmo para el cálculo del coste o la duración sobre la base de los datos históricos y los parámetros del proyecto. La estimación paramétrica emplea una relación estadística entre datos históricos y otras variables para calcular una estimación de los parámetros de una actividad, como pueden ser el coste, el presupuesto y la duración.
- 4) Estimación por Tres Valores: La exactitud de las estimaciones de la duración de una actividad por único valor puede mejorarse si se tiene en consideración la incertidumbre y el riesgo. Este concepto se creó con la Técnica de Revisión y Evaluación de Programas (PERT), o también denominada Program Evaluation and Review Technique (Medina Ramón, 2011). Este sistema emplea tres estimaciones de tiempo de duración de una actividad, a los cuales llamaremos tiempo Optimista (t_o), tiempo Pesimista (t_p) y tiempo Más Probable (t_m), los cuales se definen a continuación:
 - Tiempo Optimista (t_o): Plazo mínimo de duración de una actividad si se tiene una suerte excepcionalmente buena en su ejecución.
 - Tiempo Pesimista (t_p): Plazo máximo de duración de una actividad si se tiene excepcionalmente mala en su ejecución.
 - Tiempo Más Probable (t_m): También denominado tiempo normal, pudiéndose definir como el tiempo que con más frecuencia se presenta, repitiendo la ejecución de la actividad muchas veces bajo las mismas circunstancias.

- 5) **Técnicas Grupales de Toma de Decisiones:** Los enfoques grupales como pueden ser la tormenta de ideas o las técnicas Delphi o técnicas de grupo nominal, son de utilidad para incorporar a los miembros del equipo en la mejora de la exactitud de la estimación y del compromiso con los resultados de las estimaciones que se produzcan.
- 6) **Análisis de Reservas:** La estimación de recursos puede incluir reservas para contingencias en el cronograma global del proyecto, denominadas a veces “reservas de tiempo” o “colchones”, para tener en consideración la incertidumbre del cronograma. Las reservas para contingencias son la duración estimada dentro de la línea base del cronograma que se asigna a los riesgos identificados y asumidos por la organización, para los cuales se han desarrollado respuestas de contingencia o mitigación. Las reservas para contingencias se vinculan a los llamados “conocidos-desconocidos”, que se pueden estimar para tener en cuenta esta cantidad desconocida de retrabajo. Además, la reserva de contingencia puede ser un porcentaje de la duración estimada de la actividad, una cantidad fija de períodos de trabajo, o puede calcularse mediante métodos de análisis cuantitativos, como la Simulación Monte Carlo, de la cual se explicará con más detalle en el Área de Conocimiento “Gestión de los Riesgos del Proyecto”.

Salidas:

- 1) **Estimaciones de las Actividades:** Consisten en valoraciones cuantitativas de la cantidad probable de períodos de trabajo que se necesitarían para completar una actividad.
 - 2) **Actualizaciones a los Documentos del Proyecto:** Los documentos a actualizar suelen ser los atributos de las actividades y los supuestos adoptados durante el desarrollo de la estimación de la duración de las actividades, como los niveles de habilidad y disponibilidad, así como una base de estimaciones para las duraciones.
- 6. Desarrollar el Cronograma:** Análisis de las secuencias de las actividades, las duraciones, los requisitos de recursos y las restricciones del cronograma para elaborar el modelo de programación del proyecto. Una de las ventajas más relevante de este proceso es la de introducir actividades del cronograma, duraciones, recursos, disponibilidad de los recursos y relaciones lógicas en la herramienta de la programación, generando un modelo de programación con fechas planificadas para completar las actividades del proyecto. A continuación aparece el listado de salidas, entradas y herramientas a seguir en este proceso:



Figura 26: Desarrollar el Cronograma: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

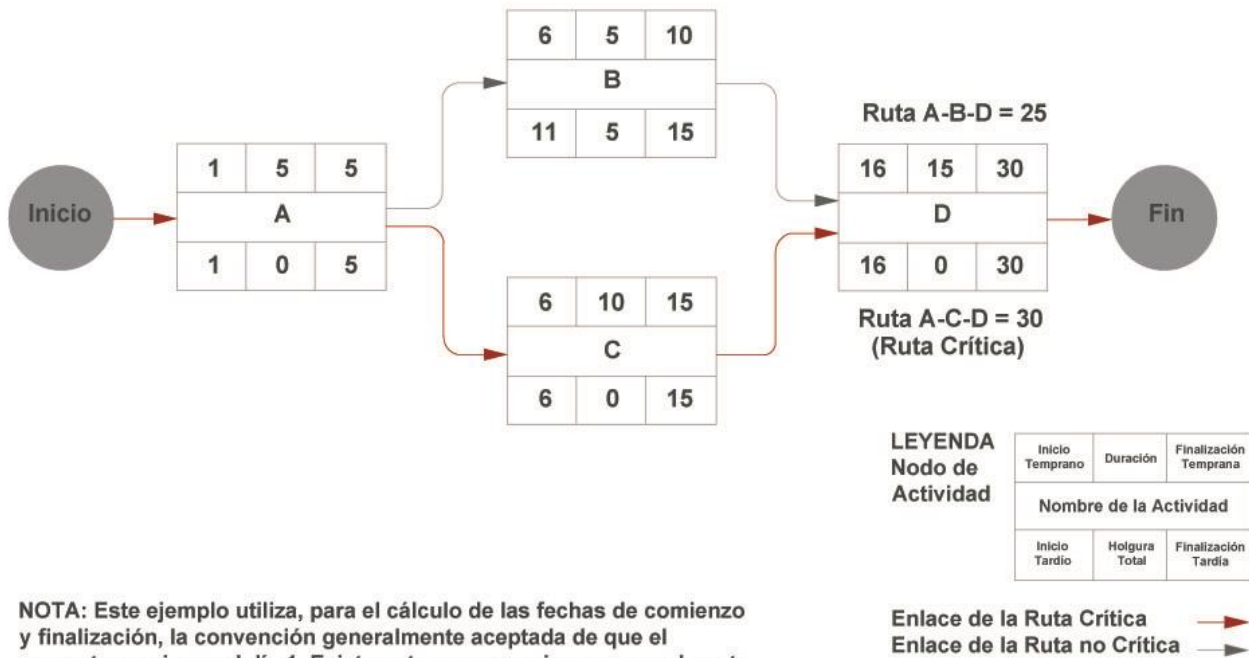
- 1) Plan de gestión del cronograma: Definido ya en el apartado de Salidas del proceso “Planificar la Gestión del Cronograma”. Este plan determina la metodología y la herramienta de programación que se va a usar en el proyecto para el desarrollo del cronograma.
- 2) Lista de Actividades: Descrito en las Salidas del proceso “Definir las Actividades”. La lista de actividades identifica las actividades que se introducen en el modelo de programación.
- 3) Atributos de la Actividad: Definido en las Salidas del proceso “Definir las Actividades”. Los atributos suministran los detalles para construir el modelo de programación.
- 4) Diagramas de Red del Cronograma del Proyecto: Desarrollado en las Salidas del proceso “Secuenciar las Actividades”. Los diagramas incluyen las relaciones lógicas de predecesoras y sucesoras que se emplearán para el cálculo del cronograma.
- 5) Recursos Requeridos para las Actividades: Explicado dentro de las Salidas del proceso anteriormente mencionado “Estimar los Recursos de las Actividades”. Estos recursos son los tipos y cantidades de recursos identificados que cada actividad necesita y se usan para crear el modelo de programación.
- 6) Calendario de Recursos: Descritos en las Áreas de Conocimiento “Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto” y “Gestión de las Adquisiciones del Proyecto”. Los calendarios incluyen toda la información sobre la disponibilidad de los recursos a lo largo del proyecto.
- 7) Estimaciones de la Duración de las Actividades: Ya definido en las Salidas del proceso “Estimar la Duración de las Actividades”. En definitiva, son valoraciones cuantitativas de la cantidad probable de períodos de trabajo que se necesitarán para que una actividad se complete, la cual se utilizará para el cálculo del cronograma.
- 8) Enunciado del Alcance del Proyecto: Descrito en las Salidas del proceso “Definir el Alcance” dentro del Área de Conocimiento “Gestión del Alcance del Proyecto”. El enunciado del alcance

del proyecto incorpora supuestos y restricciones que pueden producir un impacto en el desarrollo del cronograma del proyecto.

- 9) Registro de Riesgos: Definido y desarrollado más adelante dentro del Área de Conocimiento “Gestión de los Riesgos del Proyecto”.
- 10) Asignaciones de Personal al Proyecto: Descrito en el Área de Conocimiento “Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto”, el cual se definirá más adelante. Este tipo de asignaciones determinan qué recursos se asignan a cada una de las actividades.
- 11) Estructura de Desglose de Recursos: Desarrollado en las Salidas del proceso “Estimar los Recursos de las Actividades”. La estructura de desglose de recursos proporciona los detalles que son necesarios para poder realizar el análisis de los recursos y el reporte organizacional.
- 12) Factores Ambientales de la Empresa: Definido en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Entre los factores que se incluyen en este proceso son los estándares, los canales de comunicación y la herramienta de programación que se utilizará para el desarrollo del modelo de programación.
- 13) Activos de los Procesos de la Organización: Desarrollado en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” en el Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los activos que se incluyen en este proceso suelen ser la metodología de programación y el calendario (s) del proyecto.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Análisis de la Red del Cronograma: Técnica que se usa para crear el cronograma del proyecto. Utiliza varias técnicas como puede ser el método de la ruta crítica, el método de la cadena crítica, el análisis “¿Qué pasa si...?” y técnicas de optimización de recursos para el cálculo de las fechas de inicio y fin, tempranas y tardías, de las partes no completadas del proyecto.
- 2) Método de la Ruta Crítica (CPM): Este método se emplea para la estimación de la duración mínima del proyecto y la determinación del nivel de flexibilidad en la programación de los caminos de red lógicos dentro del cronograma. Calcula las fechas de inicio y de fin, tempranas y tardías, para todas las actividades de proyecto, no teniendo en consideración las limitaciones de recursos y realizando un análisis que recorre hacia delante y hacia atrás toda la red del cronograma, tal y como aparece en la figura 27. En este ejemplo, el camino más largo contiene las actividades A, C y D, por tanto la ruta crítica conforma la secuencia A-C-D. La ruta crítica consiste en la secuencia de actividades que representan el camino más largo a través de un proyecto y establece menor duración posible del mismo. Este método se emplea para determinar la flexibilidad en la programación de los caminos de red lógicos dentro de un modelo de programación. Para cualquier de los caminos del cronograma, la flexibilidad se puede medir por la cantidad de tiempo que una actividad del cronograma puede retrasarse o extenderse respecto de su fecha de inicio temprana sin retrasar la fecha de finalización del proyecto ni dejar de acometer restricción alguna del cronograma, lo que se denomina como “holgura total”. Lo que principalmente caracteriza la ruta crítica (CPM) o también llamado Critical Path Method, es que su holgura total sea igual a cero, además de tener holgura positiva, nula o negativa, según el tipo de restricción que se le aplique. Cuando la holgura total es positiva, el recorrido hacia atrás se calcula a partir de una restricción del cronograma posterior a la fecha de finalización temprana calculada durante el recorrido hacia delante, y cuando la holgura total es negativa, se incumple por duración y lógica, una restricción relacionada a las fechas tardías. Una vez calculada la holgura total de un camino de red, se puede determinar la holgura libre, que es la cantidad de tiempo que se puede retrasar una actividad del cronograma dentro de un mismo camino o ruta de red sin retrasar la fecha de inicio temprana de cualquier actividad subsiguiente inmediata de dicha red. A continuación, se muestra un ejemplo del método de la ruta crítica:



NOTA: Este ejemplo utiliza, para el cálculo de las fechas de comienzo y finalización, la convención generalmente aceptada de que el proyecto comienza el día 1. Existen otras convenciones generalmente aceptadas.

Figura 27: Ejemplo de Método de la Ruta Crítica. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

3) Método de la Cadena Crítica (CCM): Método el cual permite al equipo de proyecto colocar colchones en cualquier ruta de cronograma del proyecto, para tener en consideración los recursos limitados y las incertidumbres del proyecto. Se desarrolla a través del enfoque del método de la ruta crítica y tiene en cuenta los efectos de asignación, optimización y nivelación de recursos, además de la incertidumbre en la duración de las actividades que aparecen en la ruta crítica y que se calculan mediante el método de la ruta crítica. Por tanto, el método de la cadena crítica (CCM) o también denominado Critical Chain Management, emplea actividades con duraciones que no presencian márgenes de seguridad, relaciones lógicas ni disponibilidad de recursos, con colchones establecidos estadísticamente y conformados de los márgenes de seguridad agregados de las actividades en un punto determinado del cronograma del proyecto para tener en consideración los recursos limitados y las incertidumbres asociados al proyecto. Los colchones son actividades del cronograma que no necesitan trabajo y que se emplean para el manejo de la incertidumbre. El colchón que se coloca al final de la cadena crítica (Figura 28), se le denomina colchón del proyecto y protege la fecha de finalización objetivo contra cualquier deslizamiento o retraso a lo largo de la cadena crítica. Además, se ponen colchones adicionales, como pueden ser los colchones de alimentación, en cada punto en que una cadena de las tareas dependientes, que está fuera de la cadena crítica, alimenta a la misma. De esta forma, los colchones de alimentación protegen a la cadena crítica contra deslizamientos o retrasos a lo largo de las cadenas de alimentación.



Figura 28: Ejemplo de Método de la Cadena Crítica. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

4) Técnicas de Optimización de Recursos: A continuación se muestran dos técnicas empleadas en la programación:

- Nivelación de Recursos: Técnica en la que las fechas de inicio y fin se ajustan sobre la base de las restricciones de los recursos, con la finalidad de equilibrar la demanda de recursos con la oferta disponible. Se emplea cuando los recursos compartidos se encuentran únicamente disponibles en determinados momentos o en cantidades limitadas, cuando han sido sobrecargados, es decir, cuando un recurso se ha asignado a dos más tareas durante el mismo período, o cuando se quiere mantener la utilización de recursos en un nivel constante.
- Equilibrio de Recursos: Consiste en ajustar las actividades del modelo de programación, de manera que las necesidades de recursos del proyecto no sobrepasen ciertos límites de recursos predefinidos. En el equilibrio de recursos, la ruta crítica del proyecto no se modifica, y la fecha de finalización no se puede retrasar. Es decir, las actividades solo se pueden retrasar dentro del margen de su holgura libre y de su holgura total.

5) Técnicas de Modelado: Las siguientes son algunas de las técnicas de modelado:

- Análisis de Escenarios: Proceso por el cual se evalúan diferentes escenarios con la finalidad de predecir su efecto, tanto positivo como negativo, sobre los objetivos del proyecto. Se trata, en definitiva, de hacer un análisis de la pregunta “¿Qué pasa si se produce la situación representada por el escenario A?”. Una vez realizada la pregunta se procede al análisis de la red del cronograma, usando el propio cronograma para el cálculo de los distintos escenarios, como pueden ser un retraso en la entrega de un componente principal, la prolongación de la duración de un diseño específico o la incorporación de factores externos, como la huelga u otros. Los resultados de este análisis pueden emplearse para la evaluación de la viabilidad del cronograma del proyecto.
- Simulación: Consiste en el cálculo de múltiples duraciones del proyecto a través de diferentes conjuntos de supuestos sobre las actividades, normalmente mediante el uso de distribuciones de probabilidades construidas a partir de estimaciones por tres valores. La técnica de simulación más empleada es la de Monte Carlo (Romero López, 2002), la cual define una distribución de duraciones posibles para cada actividad, que a su vez se

emplean para el cálculo de una distribución de posibles resultados para el proyecto global.

- 6) Adelantos y Retrasos: Definido en las Herramientas y Técnicas del Proceso anterior “Secuenciar las Actividades”. Son refinamientos que se usan durante el análisis de la red con la finalidad de desarrollar un cronograma viable mediante un ajuste del momento de comienzo de las actividades sucesoras.
- 7) Comprensión del Cronograma: Su utilidad es la de recortar el calendario del proyecto sin tener que realizar ningún cambio en el alcance del proyecto, con la finalidad de cumplir con las restricciones del cronograma, las fechas establecidas u otras medidas. Las técnicas de comprensión incluyen:
 - Intensificación: Se emplea para acortar la duración del cronograma con el incremento menor de coste posible a través de la aportación de recursos. Entre los ejemplos destacados de la intensificación, incluyen la aprobación de horas suplementarias, la aportación de recursos adicionales o un pago adicional para acelerar la entrega de las actividades que están en la ruta crítica.
 - Ejecución rápida: Las actividades o fases del proyecto que se realizan en secuencia, se llevan a cabo en paralelo. Un ejemplo de la ejecución rápida sería la construcción de los cimientos de un edificio antes de terminar los planos arquitectónicos. Este tipo de técnica puede derivar a que los trabajos se tengan que volver a ejecutar, además de un incremento del riesgo.
- 8) Herramienta de Programación: Las herramientas automatizadas de programación incluyen el modelo de programación e incrementan el proceso de programación a través de la generación de fechas de inicio y fin, fundamentadas en las entradas de actividades, diagramas de red, recursos, y duraciones de las actividades mediante el análisis de la red del cronograma.

Salidas:

- 1) Línea Base del Cronograma: Es la versión aprobada de un modelo de programación que sólo se puede cambiar a través de recursos formales de control de cambios y que se emplea como base de comparación con los resultados reales. Además es aceptada y aprobada por los interesados adecuados como la línea base del cronograma, con fechas de inicio y fin de la línea base.
- 2) Cronograma del Proyecto: Salida de un modelo de programación que presenta actividades que están relacionadas con fechas planificadas, duraciones, hitos y recursos. El cronograma, también denominado planificación, contiene como mínimo una fecha de inicio y una de fin planificadas para cada actividad. En el caso de que la planificación de recursos se hiciera en una fase temprana, entonces el cronograma conservaría su carácter preliminar hasta que se hayan confirmado las asignaciones de recursos y se hayan determinado las fechas de inicio y fin. Normalmente, el cronograma se suele hacer antes de la conclusión del plan para la dirección del proyecto. Aunque el modelo programación del proyecto pueden presentarse el formato tabla, lo más común es representarlo en forma gráfica, a través de los siguientes formatos:
 - Diagramas de barras: Conocidos como diagramas de Gantt, representan la información del cronograma con la lista de actividades en el eje vertical, las fechas en el eje horizontal y las duraciones de las actividades en forma de barras colocadas en función de las fechas de inicio y fin.
 - Diagramas de hitos: Muy semejantes a los diagramas de barras, sin embargo solamente indentifican el inicio y el fin de la programación de los principales entregables y las interfaces externas clave.

- Diagramas de red del cronograma del proyecto: Se representan como un diagrama de actividad en el nodo, que expone actividades y relaciones sin escala de tiempo, denominado de manera habitual diagramas de lógica pura, o con el formato de diagrama de red del cronograma que incorpora una escala temporal, y que a veces se denomina diagrama lógico de barras. Estos diagramas, con la información de la fecha de las actividades, habitualmente muestran la lógica de la red del proyecto y las actividades del cronograma que están dentro de la ruta crítica del proyecto. Otra representación del diagrama de red de cronograma es un diagrama lógico fundamentado en una escala de tiempos. Estos diagramas contienen una escala de tiempos y unas barras que representan la duración de las actividades con las relaciones lógicas. Se encuentra optimizado para mostrar las relaciones entre actividades, y puede aparecer cualquier número de actividades en secuencia en una misma línea de diagrama.
- 3) Datos del Cronograma: Es el conjunto de información que describe y controla el cronograma. Lo que se incluye como mínimo dentro de los datos del cronograma del proyecto son los hitos y las actividades del cronograma, los atributos de las actividades y la documentación de todos los supuestos y restricciones indentificados. La información detallada de apoyo incluye lo siguiente:
- Requisitos de recursos por período de tiempo, con frecuencia representados en formato de histograma de recursos.
 - Cronogramas alternativos, como pueden ser el mejor o peor escenario, con o nivelación de recursos, con o sin fechas obligatorias.
 - Programación de las reservas para contingencias.
- 4) Calendarios del Proyecto: Este tipo de calendario establece los días y turnos de trabajo disponibles para las actividades del cronograma. Distingue entre los períodos de tiempo, en días o fracciones de días, disponibles para completar las actividades programadas y los períodos de tiempo no disponibles.
- 5) Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto: Los elementos del plan para la dirección del proyecto que pueden actualizarse, incluyen la línea base del cronograma y el plan de gestión del cronograma.
- 6) Actualizaciones a los Documentos del Proyecto: Los documentos del proyecto a actualizar son:
- Recursos requeridos para las actividades: La nivelación de recursos puede tener un efecto importante en las estimaciones preliminares de los tipos y cantidades de recursos necesarios. En el caso de que en el análisis de nivelación de recursos modificase los recursos requeridos para el proyecto, estos últimos sería actualizados.
 - Atributos de las actividades: Se suelen actualizar para incorporar todos los requisitos de recursos revisados y cualquier otra revisión surgida del proceso “Desarrollar el Cronograma”.
 - Calendarios: El calendario de cada proyecto puede contener múltiples calendarios, calendarios de proyecto, calendarios de recursos individuales, etc.
 - Registro de riesgos: Podría existir la necesidad de actualizar el registro de riesgos para mostrar las oportunidades o amenazas indentificadas al establecer los supuestos de la programación.

7. Controlar el Cronograma: Proceso de monitorear el estado de las actividades del proyecto para actualizar el avance de mismo y gestionar los cambios de la línea base del cronograma con el objetivo de cumplir el plan. La ventaja de este proceso es la de suministrar los medios para detectar las desviaciones con respecto al plan, estableciendo las acciones correctivas y preventivas para reducir el riesgo lo máximo posible. A continuación se muestran las entradas, salidas y herramientas de este proceso:



Figura 29: Controlar el Cronograma: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan para la dirección del proyecto: Definido en las Salidas del Proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Este plan incluye el plan de gestión del cronograma, el cual define cómo se va a controlar y gestionar el cronograma del proyecto, y la línea base del cronograma, la cual se emplea como base para comparar con los resultados reales con el objetivo de establecer si es necesario un cambio, una acción correctiva o una acción preventiva.
- 2) Cronograma del proyecto: Descrito en las Salidas del Proceso anterior “Desarrollar el Cronograma”. Este cronograma hace referencia a la versión más reciente del cronograma, con anotaciones para indicar las actualizaciones, actividades terminadas y comenzadas a la fecha de corte indicada.
- 3) Datos de Desempeño del Trabajo: Ya descrito en las Salidas del Proceso “Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Estos datos tratan sobre la información sobre el avance del proyecto, como pueden ser las actividades que han comenzado, su avance, y qué actividades han terminado.
- 4) Calendarios del Proyecto: Desarrollado y explicado en las Salidas del Proceso “Desarrollar el Cronograma”. Un modelo de proyecto puede necesitar más de un calendario del proyecto para poder permitir distintos períodos de trabajo para algunas actividades a la hora del cálculo de los pronósticos del cronograma.
- 5) Datos del Cronograma: Descrito en las Salidas del Proceso “Desarrollar el Cronograma”. En este proceso de “Controlar el Cronograma”, estos datos se analizarán, revisarán y actualizarán.
- 6) Activos de los Procesos de la Organización: Su descripción ya detallada en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” del Área de Conocimiento de “Gestión de Integración del Proyecto”. Los activos que afectan en este proceso son las políticas, los procedimientos y las guías existentes, tanto formales como informales, las herramientas de control del cronograma y los métodos de monitoreo e información a usar.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Revisiones del Desempeño: Mide, compara y analiza el desempeño del cronograma, en aspectos como las fechas de comienzo y fin, el porcentaje terminado y la duración restante para así poder finalizar el trabajo de ejecución. A continuación se definen las técnicas que se emplean:
 - Análisis de tendencias: Estudia el desempeño del proyecto durante el tiempo para determinar si el desempeño está mejorando o empeorando. Las técnicas de análisis gráfico permiten entender el desempeño a la fecha y compararlo con las metas de desempeño futuras, en términos de fechas de finalización.
 - Método de la ruta crítica: Comparar el avance durante la ruta crítica puede ayudar a establecer el estado del cronograma. Un cambio en la ruta crítica supondrá un impacto directo en la fecha de finalización del proyecto.
 - Método de la cadena crítica: La comparación de desempeño del cronograma, como pueden ser la variación del cronograma (SV) y el índice de desempeño del cronograma (SPI), se emplean para la evaluación de la magnitud de la desviación con respecto a la línea base original del cronograma. La variación de la holgura total y de la de fin temprano son además componentes importantes en la planificación de cara a evaluar el desempeño del proyecto en el tiempo. Los aspectos más relevantes del control del cronograma se incluyen la determinación de la causa y el grado de desviación con relación a la línea base del cronograma, la consideración de las implicaciones de esas desviaciones para terminar el trabajo futuro y la decisión en relación a la necesidad de emprender acciones correctivas o preventivas.
- 2) Software de Gestión de Proyectos: Este tipo de software accede hacer un seguimiento de las fechas planificadas en comparación con las fechas reales, comunicar a cerca de las desviaciones en el avance con respecto a la línea base y predecir los efectos de los cambios en el cronograma del proyecto.
- 3) Técnicas de Optimización de Recursos: Definidas en las Herramientas y Técnicas del Proceso anterior “Desarrollar el Cronograma”. Estas técnicas conllevan la programación de las actividades y los recursos necesarios por las actividades, teniendo en consideración la disponibilidad de recursos y el tiempo.
- 4) Técnicas de Modelado: Definidas en las Herramientas y Técnicas del Proceso “Desarrolla el Cronograma”. Su empleo es para la revisión de los distintos escenarios, sobre la base de monitoreo del riesgo, con la finalidad de ordenar el modelo de programación con el plan para la dirección del proyecto y la línea base aprobada.
- 5) Adelantos y Retrasos: Se emplea durante el análisis de la red para poder encontrar formas de volver a ordenar con el plan de actividades retrasadas del proyecto.
- 6) Comprensión del Cronograma: Ya desarrolladas en Herramientas y Técnicas del Proceso “Desarrollar el Cronograma”. La comprensión del cronograma consiste en las diferentes formas de volver a alinear las actividades retrasadas del proyecto con el plan a través de la ejecución rápida o el incremento del cronograma para el trabajo restante.
- 7) Herramienta de Programación: La información del cronograma se restauran y compilan en el modelo de programación para plasmar el avance real del proyecto y el trabajo que queda pendiente. La herramienta de programación y los datos de apoyo del cronograma se emplean en combinación con procedimientos manuales u otro software de gestión de proyectos para realizar el análisis de la red del cronograma y crear un cronograma actualizado del proyecto.

Salidas:

- 1) Información de Desempeño del Trabajo: Los valores calculados de los indicadores de desempeño en el tiempo SV y SPI para las partes de la EDT/WBS, y en concreto los paquetes de trabajo y las cuentas de control, se documentan y se informa a las partes interesadas.
- 2) Pronóstico del Cronograma: Son estimaciones o predicciones de condiciones y eventos en el futuro del proyecto, fundamentados en la información y el conocimiento disponibles en el momento de hacer el pronóstico. Los pronósticos se renuevan y emiten de nuevo sobre la base de información de desempeño del trabajo suministrada a medida que se va desarrollando el proyecto. La información consiste en el desempeño pasado del proyecto y en el desempeño para el futuro e incorpora indicadores de valor ganado que podrían tener impacto sobre el proyecto en el futuro.
- 3) Solicitudes de Cambio: El análisis de variación del cronograma, con además la revisión de informes de avance, resultados de las medidas de desempeño y los cambios del alcance o del cronograma del proyecto, pueden provocar como resultado solicitudes de cambio de línea base del cronograma y/o de otros componentes del plan para la dirección del proyecto. Estas solicitudes se llevan a cabo para su revisión y tratamiento a través del proceso “Realizar el Control Integrado de Cambios”. Las acciones preventivas pueden tener cambios recomendados para eliminar o suprimir la probabilidad de variaciones negativas del cronograma.
- 4) Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto: Los elementos a actualizar del plan para la dirección del proyecto son:
 - Línea de base del cronograma: Los cambios de esta línea de base se integran como respuesta a las solicitudes de cambio aprobadas relacionadas con cambios en el alcance del proyecto, en los recursos de las actividades o en las estimaciones de la duración de las actividades.
 - Plan de gestión del cronograma: Se puede actualizar para reflejar cualquier tipo de cambio en la forma de gestionar el cronograma.
 - Línea base de costes: Puede actualizarse para reflejar solicitudes de cambio aprobadas o cambios originados por las técnicas de comprensión del cronograma.
- 5) Actualizaciones a los Documentos del Proyecto: Los documentos a actualizar son los siguientes:
 - Datos del cronograma: Pueden desarrollarse nuevos diagramas de red del cronograma del proyecto para manifestar las duraciones restantes aprobadas y las modificaciones aprobadas del cronograma.
 - Cronograma del proyecto: Se creará un cronograma actualizado del proyecto a partir del modelo de programación completado con los datos actualizados del cronograma para manifestar los cambios del mismo y gestionar el proyecto.
 - Registro de Riesgos: Este registro y los planes de respuesta a los riesgos que incluyen también, son susceptibles de ser actualizados mediante la base de los riesgos que pueden surgir como consecuencia de la aplicación de técnicas de comprensión del cronograma.
- 6) Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización: Los activos de los procesos de organización a actualizar incluyen las causas de las variaciones, las acciones correctivas seleccionadas y su justificación, y otros tipos de lecciones aprendidas de control del cronograma del proyecto.

2.2.6.4. Gestión de costes del proyecto

Según Project Management Institute (2013) la Gestión de los Costes contiene todos los procesos vinculados con planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costes de manera que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado. Esta gestión debe de tener en consideración los requisitos de los interesados al gestionar los costes, los cuales medirán los costes del proyecto de diversas formas y en momentos distintos. Una de las principales tareas de es el coste de los recursos necesarios para completar las actividades del proyecto. A continuación se muestran todos los procesos empleados en esta Área con su descripción detallada:

- 1. Planificar la Gestión de los Costes:** Proceso el cual determina las políticas, procedimientos y la documentación necesaria para planifica, gestionar, ejecutar el gasto y controlar los costes del proyecto. Una de las ventajas es la de proporcionar una guía dirección sobre cómo se gestionará los costes del proyecto durante el transcurso del mismo. A continuación se muestran las entradas, salidas y herramientas de este proceso:



Figura 30: Planificar la Gestión de los Costos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan para la dirección del proyecto: Descrito en las Salidas del Proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. La información del plan para la dirección del proyecto que se emplea para el desarrollo del plan de gestión de los costes contiene la línea de base del alcance, la cual incluye el enunciado del alcance del proyecto y los detalles de la EDT/WBS, la línea de base del cronograma, que concreta en qué situación se incurrirá en los costes del proyecto, y otro tipo de información como pueden ser las programaciones, el riesgo y las comunicaciones.
- 2) Acta de Constitución del Proyecto: Definida y desarrollada en las Salidas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” del Área de Conocimiento “Gestión de Integración del Proyecto”. Esta acta suministra el resumen del presupuesto, a partir del cual se van desarrollando los costes con detalle del proyecto.
- 3) Factores Ambientales de la Empresa: Definidos en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los factores que afectan a este proceso son la cultura y la estructura de la organización, las condiciones del mercado, las tasas de cambio de divisas para los proyectos cuyos costes se crean en más de un país, la información comercial publicada, como pueden ser los ratios de los costes de los recursos, y el sistema de información para la dirección de proyectos.

- 4) **Activos de los Procesos de la Organización:** Explicados en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” en el Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los activos que influyen en este proceso son los procedimientos de control financiero, información histórica y bases de conocimiento de lecciones aprendidas, bases de datos financieros, y políticas, procedimientos y guías existentes, formales e informales, que tratan sobre la gestión de costes y el presupuesto.

Herramientas y Técnicas:

- 1) **Juicio de Expertos:** Este juicio proporciona una perspectiva importante sobre el entorno así como la información de proyectos parecidos realizados anteriormente. Además también puede orientar sobre la conveniencia o no de modificar métodos y cómo conciliar las diferencias entre ellos.
- 2) **Técnicas Analíticas:** El desarrollo del plan de gestión puede llevar a cabo la elección de alternativas estratégicas para la financiación del proyecto, como pueden ser la auto-financiación, financiación mediante las acciones o a través de deuda. El plan de gestión de los costes puede a la vez describir maneras para financiar los recursos del proyecto, tales como pueden ser el construir, comprar, alquilar o arrendamiento financiero. Las políticas y los procedimientos de la organización pueden afectar en la elección de las técnicas financieras que se emplearán para la toma de decisiones. Estas técnicas, además, pueden influir en el plazo de retorno de la inversión, en el retorno de la inversión, en la tasa interna de retorno, en el flujo de caja descontado y en el valor actual neto.
- 3) **Reuniones:** El equipo de proyecto podrá realizar reuniones de planificación para el desarrollo del plan de gestión de los costes, siendo los participantes de las mismas el director y el patrocinador del proyecto, determinados miembros del equipo del mismo, determinados interesados, o personas que tengan ciertas responsabilidades relacionadas con los costes del proyecto.

Salidas:

- 1) **Plan de Gestión de los Costes:** Componentes del plan para la dirección del proyecto y define la manera en que se planificarán, estructurarán y controlarán los costes del proyecto. Los procesos de gestión de costes, además de las herramientas y técnicas a utilizar, se plasman en el plan de gestión de los costes, el cual consta de lo siguiente:
 - **Unidades de medida:** Se describe, para cada uno de los recursos, las unidades que se emplearán en las mediciones.
 - **Nivel de precisión:** Grado de redondeo, tanto hacia arriba como hacia abajo, el cual le será de aplicación en las estimaciones del coste de las actividades.
 - **Nivel de exactitud:** Se concreta el rango aceptable que se usará para realizar estimaciones reales sobre el coste de las actividades.
 - **Enlaces con los procedimientos de la organización:** La estructura de desglose de tareas (EDT/WBS) determina el marco general para el plan de gestión de los costes y permite que exista coherencia con la estimaciones, presupuestos y control de costes. El componente de la EDT/WBS que se emplea para la contabilidad de los costes del proyecto se le menciona cuenta de control, la cual se le asigna un código único o un número de cuenta vinculados con el sistema de contabilidad de la organización ejecutora.

- **Umbrales de control:** Para monitorear el desempeño del coste, pueden definirse umbrales de variación, que determinan un valor establecido para la variación permitida antes de que sea necesario realizar una acción.
- **Reglas para la medición del desempeño:** Estas reglas se establecen a través de la gestión del valor ganado (EVM). El plan de gestión de los costes podría describir los puntos en los que se hará la medición de las cuentas de control en el ámbito de la EDT/WBS, establecer las técnicas que se usarán para la medición del valor ganado, y especificar las metodologías de seguimiento y las fórmulas de cómputo de gestión del valor ganado para establecer la estimación a la conclusión (EAC) proyectada de manera que proporcione una prueba de validación de la EAC ascendente.
- **Formatos de los informes:** Describen los formatos y la frecuencia de presentación de los distintos informes de costes.
- **Descripciones de los procesos:** Se documentan las descripciones de cada uno de los procesos de gestión de los costes.
- **Detalles adicionales:** Estos detalles contiene la descripción de la selección estratégica del financiamiento, el procedimiento utilizado para tener en cuenta las fluctuaciones en los tipos de cambio y el procedimiento para el registro de los costes del proyecto.

2. Estimar los Costes: Consiste en el desarrollo de la estimación aproximada de los recursos monetarios para completar las actividades de proyecto. Una de las ventajas más relevante es la determinación del importe de los costes necesarios para completar el trabajo del proyecto. A continuación aparece el listado de las entradas, herramientas y salidas de este proceso, que se describirán con más detalle:

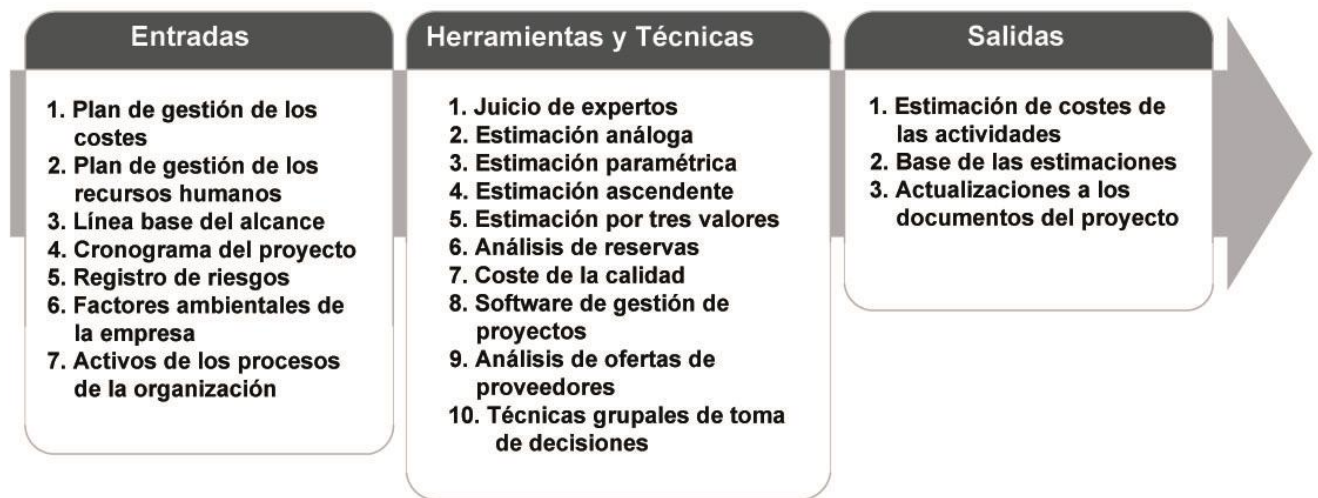


Figura 31: Estimar los Costos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan de Gestión de los Costes: Descrito en las Salidas del Proceso anterior “Planificar la Gestión de los Costes”. Este plan define la manera en la que se gestionan y controlan los costes del proyecto. Esto contiene el método empleado y el nivel de exactitud necesario para estimar los costes de las actividades.
- 2) Plan de Gestión de los Recursos Humanos: Definido y desarrollado en el Área de Conocimiento “Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto”, que se describirá más adelante. Este plan aporta los atributos de la dotación de personal del proyecto, los salarios y las compensaciones correspondientes, partes necesarias para el desarrollo de las estimaciones de los costes del proyecto.
- 3) Línea Base del Alcance: Consta de los siguiente:
 - Enunciado del alcance del proyecto: Proporciona la definición del producto, los criterios de aceptación, los entregables más importantes, los límites del proyecto, los supuestos y las restricciones del proyecto. Uno de los supuestos comunes que es necesario determinar cuándo se estiman los costes de un proyecto es si las estimaciones se limitarán exclusivamente a los costes directos del proyecto o se incorporarán además los costes indirectos
 - Estructura de desglose de trabajo (EDT/WBS): Aporta las relaciones entre todos los componentes y los entregables del proyecto.
 - Diccionario de la EDT/WBS: Aporta información con detalle acerca de los entregables y una explicación del trabajo necesario para producir cada entregable en el ámbito de cada uno de los componentes de la EDT/WBS.
- 4) Cronograma del Proyecto: Definido en las Salidas del Proceso “Desarrollar el Cronograma” del Área de Conocimiento anterior “Gestión del Tiempo del Proyecto”. El tipo y la cantidad de recursos, así como la cantidad de tiempo que dichos recursos se destinan a finalizar el trabajo del proyecto, son los factores importantes para determinar el coste del proyecto. Los recursos de las actividades del cronograma y sus correspondientes duraciones se emplean como entradas principales para este proceso. El proceso de Estimar los Recursos de las Actividades supone establecer la disponibilidad y el número de horas establecidas del personal, así como las cantidades necesarias de materiales y equipos requeridos para realizar las actividades del cronograma. Este proceso está coordinado con la estimación de costes. La estimación de costes de cada una de las actividades afectará a las estimaciones del coste de cualquier proyecto cuyo presupuesto contiene una provisión para el coste de financiamiento y cuyos recursos se apliquen por unidad de tiempo durante la duración de la actividad.
- 5) Registro de Riesgos: Descrito en el Área de Conocimiento “Gestión de los Riesgos del Proyecto”. Se debe comprobar el registro de riesgos para tener en consideración los costes de mitigación de los riesgos. Por lo general, los riesgos efectúan un impacto tanto en los costes de las actividades como en los del proyecto global.
- 6) Factores Ambientales de la Empresa: Ya descritos en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los factores ambientales que afectan a este proceso son las condiciones del mercado, las cuales describen los productos, servicios y resultados que están a disposición en el mercado, sus proveedores y los términos y condiciones que los rigen, y la información comercial de dominio público.
- 7) Activos de los Procesos de la Organización: Definidos y desarrollados en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” en el Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los activos que influyen a este proceso suelen ser las políticas y las plantillas de estimación de costes, la información histórica y las lecciones aprendidas.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Juicio de Expertos: Este juicio contiene una perspectiva importante sobre el entorno así como la información de proyectos semejantes realizados anteriormente.
- 2) Estimación Análoga: Esta estimación usa los valores del alcance, el coste, el presupuesto y la duración, o medidas de escalas como el tamaño, peso y complejidad de un proyecto previo semejante, como base para estimar el mismo parámetro. Cuando hay que estimar los costes, este método emplea el coste real de proyectos parecidos como base para estimar el coste del proyecto actual.
- 3) Estimación Paramétrica: Este tipo de estimación emplea una relación entre los datos históricos importantes y otras variables para el cálculo de una estimación del coste del trabajo del proyecto. Además, la estimación paramétrica de costes se aplica a un proyecto en su totalidad o partes del mismo, combinándose con otros métodos de estimación.
- 4) Estimación Ascendente: Se emplea para estimar un componente del trabajo. El coste individual de cada paquete de trabajo o actividad se calcula con el mayor nivel superior posible de detalle. El coste detallado se resume más adelante o se “acumula” en niveles mayores para fines de reporte y seguimiento.
- 5) Estimación por Tres Valores: Se puede progresar la exactitud de las estimaciones de los costes de una actividad única si se tiene en cuenta la incertidumbre y el riesgo y se emplean estimaciones por tres valores para describir un rango aproximado del coste de la actividad:
 - Más probable (cM): El coste de una actividad se valora sobre la base de una evaluación realista del esfuerzo requerido para el trabajo necesario y de cualquier gasto previsto.
 - Optimista (cO): Este se estima sobre la base de un análisis del escenario más favorable para esa actividad.
 - Pesimista (cP): El coste de la actividad se estima sobre la base del análisis del escenario más desfavorable para esa actividad.
- 6) Análisis de Reservas: Las estimaciones pueden contener reservas (provisiones para contingencias) para tener en cuenta la incertidumbre sobre el coste, las cuales consisten en el presupuesto, dentro de la línea base de costes, que se asigna a los riesgos identificados y asumidos por la organización, para los que se desarrollan respuestas de contingencia o mitigación. Las reservas para contingencias se contemplan con frecuencia como la parte del presupuesto destinada a cubrir los “conocidos-desconocidos” susceptibles de afectar al proyecto, cubriendo una actividad concreta, la totalidad del proyecto o ambas, definiéndose como un porcentaje del coste estimado, como un monto fijo, que puede calcularse empleado procedimientos de análisis cuantitativos.
- 7) Coste de Calidad (COQ): Los supuestos relacionados con los costes de la calidad se pueden usar para preparar la estimación de costes de las actividades.
- 8) Software de Gestión de Proyectos: Tanto las aplicaciones de software de gestión de proyectos, como las hojas de cálculo informatizadas, simulaciones y herramientas estadísticas, se utilizan para aligerar la estimación de costes, simplificando el uso de algunas de las técnicas de estimación de costes.
- 9) Análisis de Ofertas de Proveedores: Los métodos de estimación de costes pueden contener el análisis de cuánto debería costar el proyecto sobre la base de las ofertas de proveedores calificados. Cuando proyectos concretos se adjudican a un proveedor mediante un proceso competitivo, se puede solicitar al equipo del proyecto un trabajo adicional de estimación de costes para examinar el precio de los entregables individuales y calcular un coste que sustente el coste total final del proyecto.
- 10) Técnicas Grupales de Toma de Decisiones: Hay técnicas como la tormenta de ideas, las técnicas Delphi (**Listone & Turoff, 1975**) o el grupo Nominal (**Delbecq, Van de Ven, & Gustafson, 1975**),

que son necesarias para implicar a los componentes del equipo en la mejora de la precisión de la estimación y su nivel de compromiso con los resultados de las estimaciones resultantes. A través de la participación en el proceso de estimación de un grupo estructurado de personas cercano a la ejecución técnica del trabajo, se logra información adicional y se obtienen estimaciones más exactas.

Salidas:

- 1) **Estimación de Costes de las Actividades:** Son evaluaciones cuantitativas de los costes probables que se necesitan para terminar el trabajo del proyecto, pudiendo presentarse de forma resumida o detallada. Se realiza una estimación de los costes para todos los recursos aplicados a la estimación de costes de las actividades, como pueden ser el trabajo directo, los materiales, el equipamiento, los servicios, las instalaciones, la tecnología de la información y determinadas categorías especiales (coste de financiación, factor de inflación, tasas de cambio de divisas, reserva para contingencias de coste).
 - 2) **Base de las Estimaciones:** La cantidad y el tipo de detalles adicionales que refuerzan la estimación de costes cambian en función del área de aplicación. La documentación de apoyo tiene que aportar una comprensión clara y completa de la forma en que se alcanzó la estimación de costes. Los detalles para las estimaciones de costes de las actividades contienen la documentación de los fundamentos de las estimaciones (es decir, de cómo se desarrollaron), de todos los supuestos realizados, de todas las restricciones conocidas, una indicación del rango de las estimaciones posibles para reflejar que se espera que el coste del elemento se encuentre dentro de este rango de valores, y una indicación del nivel de confianza de la estimación final.
 - 3) **Actualizaciones a los Documentos del Proyecto:** Una de las actualizaciones suelen ser el registro de riesgos.
- 3. Determinar el Presupuesto:** Consiste en sumar los costes estimados de las actividades individuales o paquetes de trabajo de cara a determinar una línea base de costes autorizada. El beneficio más relevante de este proceso es que establece la línea base de costes con respecto a la cual se puede monitorear y controlar el desempeño del proyecto. A continuación se muestra el listado de las herramientas, técnicas, entradas y salidas del proceso:



Figura 32: Determinar el Presupuesto: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan de Gestión de los Costes: Definido y desarrollado en las Salidas del Proceso anterior “Planificar la Gestión de los Costes”. Este plan describe la forma en que se gestionarán y controlarán los costes del proyecto.
- 2) Línea Base del Alcance:
 - Enunciado del alcance del proyecto: Las limitaciones formales por período relacionadas con los gastos de fondos del proyecto pueden ser requeridas por la organización, por contrato, o por otras entidades como las agencias gubernamentales. Estas restricciones se contemplan en el enunciado del alcance del proyecto.
 - Estructura de desglose del trabajo: La EDT/WBS del proyecto determina las relaciones entre los entregables del proyecto y sus distintos componentes.
 - Diccionario de la EDT/WBS: El diccionario y los enunciados detallados del trabajo del proyecto relacionados reconocen los entregables y aportan una descripción del trabajo a realizar para crear los entregables para cada uno de los componentes de la EDT/WBS.
- 3) Estimación de Costes de las Actividades: Definido en las Salidas del Proceso “Estimar los Costes”. Las estimaciones del coste de cada actividad dentro de un paquete de trabajo se suman para obtener una estimación de costes de cada uno de los paquetes de trabajo
- 4) Base de las Estimaciones: Descrito en las Salidas del Proceso anterior “Estimar los Costes”. El detalle que sustenta las estimaciones de costes introducido en la base de las estimaciones debería concretar los supuestos básicos adoptados relacionados con la inclusión o exclusión de los costes indirectos y otros costes del presupuesto del proyecto.
- 5) Cronograma del Proyecto: Definido y desarrollado en las Salidas del Proceso “Desarrollar el Cronograma” del Área de Conocimiento “Gestión del Tiempo del Proyecto”. Contiene las fechas planificadas de inicio y fin de las actividades del proyecto, los hitos, los paquetes del trabajo y las cuentas de control. Esta información puede usarse para sumar los costes que corresponden a los períodos del calendario en los cuales se ha planificado incurrir en dichos costes.
- 6) Calendarios de Recursos: Ya desarrollados dentro de las Áreas de Conocimiento “Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto” y “Gestión de las Adquisiciones del Proyecto”, las cuales de describirán posteriormente. Estos calendarios aportan información sobre qué recursos se designan al proyecto y en qué momento se asignan, pudiéndola emplear para indicar el coste de los recursos durante el proyecto.
- 7) Registro de Riesgos: Definido en el Área de Conocimiento “Gestión de los Riesgos del Proyecto”. Se tiene que inspeccionar y comprobar el registro de riesgos para tener en consideración los costes correspondientes a las respuestas frente a riesgos. Las actualizaciones de registro de riesgos se incorporan entre las actualizaciones de los documentos del proyecto.
- 8) Acuerdos: Descritos en el Área de Conocimiento “Gestión de las Adquisiciones del Proyecto”. La información aplicable relacionada al contrato y a los costes de los productos, servicios o resultados que han sido o serán adquiridos, se incorporan en la elaboración del presupuesto.
- 9) Activos de los Procesos de la Organización: Ya descritos en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” en el Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los activos que influyen en este proceso son las políticas, procedimientos y guías, tanto formales como informales, relacionadas con la preparación de presupuestos de costes, las herramientas para la elaboración de presupuestos de costes y los métodos para la preparación de informes.

Herramientas y Técnicas:

- 1) **Agregación de Costes:** Las estimaciones de costes se pueden sumar por paquetes de trabajo, según la EDT/WBS. Las estimaciones de costes de trabajo se añaden más tarde para los niveles superiores de componentes de la EDT/WBS, y finalmente para todo el proyecto.
- 2) **Análisis de Reservas:** Puede determinar tanto reservas para contingencias como las reservas de gestión del proyecto.
- 3) **Juicio de Expertos:** La experiencia la puede aportar cualquier grupo o individuo con conocimientos y experiencia. El juicio de expertos puede originarse de varias fuentes:
 - Otras unidades dentro de la organización ejecutora.
 - Consultores.
 - Interesados (Clientes).
 - Asociaciones profesionales y técnicas.
 - Grupos de la industria.
- 4) **Relaciones Históricas:** Cualquier tipo de relación histórica que dé como solución estimaciones paramétricas conlleva el empleo de características (parámetros) del proyecto para el desarrollo de modelos matemáticos que permitan predecir los costes totales del proyecto. Estos modelos pueden ser simples (por ejemplo la construcción de una vivienda unifamiliar se fundamentará en un coste determinado por metro cuadrado) o complejos (por ejemplo un modelo de coste de desarrollo de software usa varios factores de ajuste diferenciados, en que cada uno de estos factores conlleva gran cantidad de criterios).
- 5) **Conciliación del Límite de Financiamiento:** Los gastos de fondo deben de coordinarse con los límites de financiamiento comprometidos en relación con la financiación del proyecto. Esto se consigue a través de la aplicación de restricciones de fechas establecidas para el trabajo incluido en el cronograma del proyecto.

Salidas:

- 1) **Línea Base de Costes** Esta línea de base es la suma de los presupuestos aprobados para las diferentes actividades del cronograma, excluyendo cualquier reserva de gestión, que solamente se puede modificar mediante procedimientos formales de control de cambios, y se emplea como base de comparación con los resultados reales. En la figura 33 se muestra los componentes del presupuesto de un proyecto y la línea de base de costes:

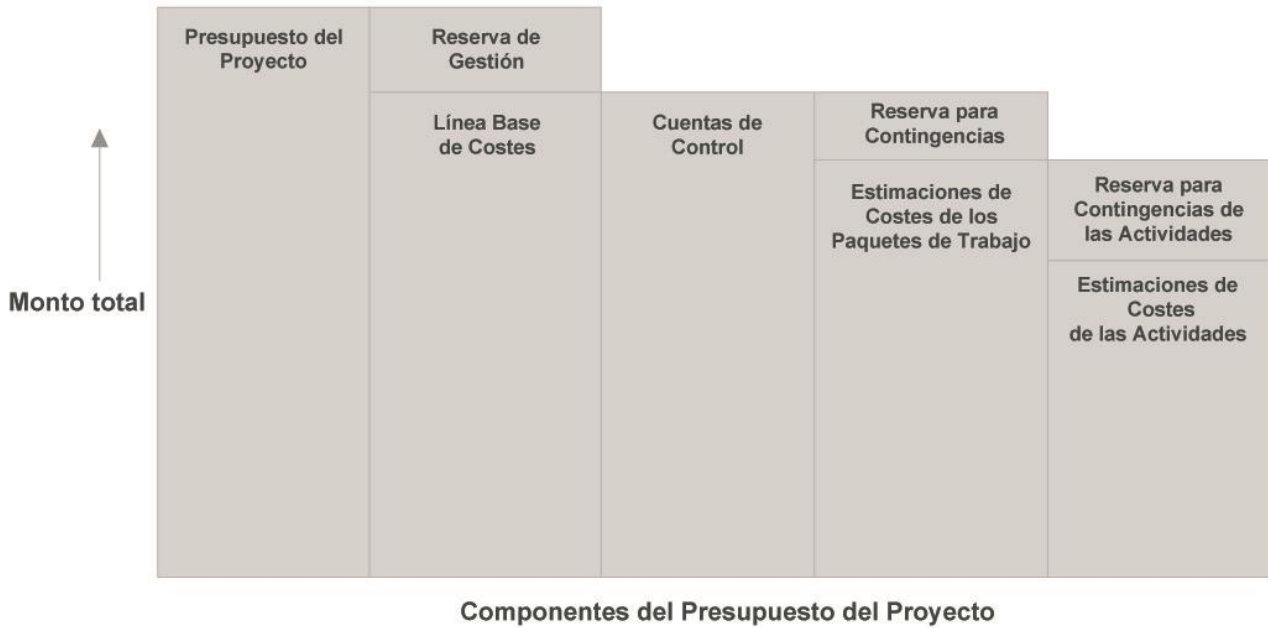


Figura 33: Componentes del Presupuesto del Proyecto. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

- 2) **Requisitos de Financiamiento del Proyecto:** Los requisitos de financiamiento totales y periódicos proceden de la línea de base de costes, que contiene los gastos proyectados más las deudas anticipadas. A menudo, el financiamiento tiene lugar en cantidades incrementales que no son de forma continuada y que pueden no estar asignadas de forma homogénea. Los fondos totales son los que se encuentran incluidos en la línea de base de costes más las reservas de gestión, en caso de existir. Los requisitos de financiamiento pueden tener la fuente o fuentes de dicho financiamiento.
 - 3) **Actualizaciones a los Documentos del Proyecto:** Los documentos posibles a actualizar son el registro de riesgos, la estimación de costes de las actividades y el cronograma del proyecto.
- 4. Controlar los Costes:** Proceso de monitorear el estado del proyecto para actualizar sus costes y gestionar cambios de la línea base de coste. Una de las ventajas de este proceso es que suministra medios para detectar desviaciones en relación al plan con objeto de tomar acciones correctivas y minimizar el riesgo. A continuación se muestra el listado de las entradas, herramientas y salidas de este proceso:



Figura 34: Controlar los Costos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan para la Dirección del proyecto: Descrito en las Salidas del Proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. El plan contiene información para controlar los costes, como pueden ser la línea de base de los costes, la cual se equipara con los resultados para establecer si es necesario la implementación de un cambio, un acción correctiva o preventiva, y además también contiene el plan de gestión de los costes, la cual define la manera en que se administrarán y controlarán los costes del proyecto.
- 2) Requisitos de Financiamiento del Proyecto: Definido en las Salidas del Proceso anterior “Determinar el Presupuesto”.
- 3) Datos de Desempeño del Trabajo: Definido y explicado en las Salidas del Proceso “Dirigir y Gestionar la Ejecución/Trabajo del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Estos datos contienen información sobre el avance del proyecto, como pueden ser las actividades que se han iniciado, su avance y los entregables que se han terminado. Además también incluye los costes autorizados y los que no se han incurrido todavía.
- 4) Activos de los Procesos de la Organización: Ya desarrollados en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” en el Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los activos pueden influir en el proceso de controlar los costes y contienen las políticas, los procedimientos y las guías existentes, relacionadas con el control de los costes, las herramientas para el control de los costes y los métodos de monitoreo e información a utilizar.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Gestión del Valor Ganado (EVM): Metodología que combina medidas del alcance, cronograma y recursos para evaluar el desempeño y el avance del proyecto. Es un método de dirección de proyectos que proporciona resaltar la necesidad de realizar medidas correctoras mediante indicadores de rendimiento que tienen que ser calculados durante el proyecto en puntos clave de control; monitoreando tres dimensiones (Climent Alós, 2014):

- Valor Planificado (PV): Presupuesto que se asigna a los trabajos programados para terminar una actividad. El Valor planificado total se entiende a veces como línea base para la medición del desempeño (PMB); aunque en ocasiones se le conoce como el presupuesto hasta la conclusión (BAC).
- Valor Ganado (EV): Medida de trabajo en términos de presupuesto, correspondiéndose con la medición del desempeño y no siendo mayor que el presupuesto aprobado del Valor Planificado de un componente o actividad. Por tanto el EV se emplea para saber el porcentaje completado de un proyecto. Los directores de proyecto controlan el EV para conocer el estado actual y determinar las tendencias de desempeño a largo plazo.
- Coste Real (AC): Es el coste incurrido en los trabajos ejecutados durante un periodo de tiempo determinado. El AC tiene que coincidir con lo que se haya presupuesto para el PV (Valor Planificado) y medido por el EV (Valor Ganado).

En base a estas tres dimensiones, además se realiza un control y monitoreo de las variaciones o desviaciones con relación a la línea de base aprobada inicialmente:

- Variación del Cronograma (SV): Medida de desempeño del cronograma, siendo esta la diferencia entre el EV y PV; ambos medidos en unidades monetarias y también su variación. Las variaciones negativas reflejarán un retraso en la ejecución del proyecto. Hay que tener en consideración que será igual a cero cuando se complete el proyecto. PMBOK recomienda la utilización junto con la programación de la ruta crítica (CPM) y la gestión de riesgos. Su fórmula ([1]) es la siguiente:

$$SV: EV - PV$$

[1]

- Variación del Coste (CV): Importe de déficit o superávit del presupuesto en el momento del control, expresando en unidades monetarias la diferencia entre el EV y AC. Medida de desempeño del coste que indica la relación entre el desempeño real y los costes incurridos. Una Variación de Coste negativa es habitualmente complicado de recuperar en un proyecto. La fórmula ([2]) es la que se muestra a continuación:

$$CV = EV - AC$$

[2]

Los valores de SV y CV pueden pasar a ser indicadores de eficiencia para reflejar el desempeño del coste y del cronograma de cualquier proyecto para comparar con otros proyectos. Dichos indicadores se detallan a continuación:

- Índice de Desempeño del Cronograma (SPI): Medida de eficiencia del cronograma expresándose como la razón entre el EV y el PV; reflejando de manera numérica como se está usando el tiempo. El valor de referencia es la unidad, obteniendo un resultado por encima de éste, por tanto, indica que se ha efectuado más trabajo del programado,

y por debajo, que el volumen de trabajo es menor al planificado. Su fórmula es la siguiente:

$$SPI = \frac{EV}{PV}$$

[3]

- Índice de Desempeño del Coste (CPI): Medida de eficiencia del coste de los recursos presupuestados. PMBOK la considera como la métrica más crítica dentro de la Gestión del Valor Ganado, expresándose como la razón entre el EV y el AC y su valor de referencia es la unidad. Un valor por encima significa un coste inferior a lo planificado, mientras que un valor inferior supone un coste superior a lo programado en relación al trabajo realizado. La fórmula es la mostrada a continuación:

$$CPI = \frac{EV}{AC}$$

[4]

Se puede monitorear e informar sobre los tres parámetros, que son el valor planificado, el valor ganado y el coste real, por periodos semanales o mensuales de manera acumulativa.

- 2) Pronósticos: Según va avanzando el proyecto, existe la posibilidad de desarrollar una estimación a la conclusión (EAC) que puede distinguirse del presupuesto hasta la conclusión (BAC). Este pronóstico se hace en base al desempeño del proyecto. El EAC trata de los costes reales invertidos para realizar los distintos trabajos, más una estimación hasta la conclusión (ETC) (Climent Alós, 2014).

Project Management Institute (2013) explica que el método más habitual de calcular la EAC que desarrollan los equipos de proyecto consiste en los costes reales y en la experiencia adquirida durante dicho proyecto a partir del trabajo completado. La ecuación de la estimación a la conclusión (EAC) es la siguiente:

$$EAC = AC + ETC$$

[5]

De manera paralela en la Gestión del Valor Ganado, los datos pueden facilitar distintas EACs estadísticas, de las cuales se explican a continuación (Climent Alós, 2014):

- EAC para el trabajo de la ETC a la tasa presupuestaria: Le da importancia al desempeño real, a los costes reales y predice que todo el trabajo futuro de la ETC se realizará de acuerdo a lo que esté en el presupuesto. La fórmula es la siguiente:

$$EAC = AC + (BAC - EV)$$

[6]

- EAC para el trabajo de la ETC con el CPI actual: Se considera que en el futuro el proyecto se desarrollará de la misma manera que lo ha estado haciendo hasta la fecha, siendo el CPI acumulativo que en el proyecto ha incurrido hasta la fecha. La ecuación es la que se muestra a continuación:

$$EAC = \frac{BAC}{CPI}$$

[7]

- EAC para el trabajo de la ETC teniendo en consideración el CPI y SPI: El método tiene en cuenta el CPI y el SPI conseguidos en el desempeño del cronograma, siendo más eficaz cuando el cronograma es un factor que afecta al esfuerzo de la ETC. Este método designa diferentes pesos al CPI y el SPI, según valore la dirección del proyecto (50/50, 80/20 etc). A continuación se muestra la ecuación:

$$EAC = AC + \frac{BAC - EV}{CPI \cdot SPI}$$

[8]

- 3) Índice de Desempeño del Trabajo por Completar (TCPI): Es la proyección calculada del desempeño del coste que tiene que conseguirse para el trabajo restante, tal y como sucede con el BAC o la EAC. La ecuación es la siguiente:

$$TCPI = \frac{BAC - EV}{BAC - AC}$$

[9]

- 4) Revisiones del Desempeño: Estas revisiones comparan el desempeño del coste a lo largo del tiempo, las actividades o los paquetes de trabajo que sobrepasan el presupuesto o que están por debajo del éste, y los fondos necesarios para terminar el trabajo en ejecución. Si se emplea el EVM, se establece lo siguiente:

- Análisis de variación: Constituye la explicación de las **variaciones del coste** ($CV=EV-AC$), del **cronograma/planificación** ($SV = EV- PV$), y de la **variación a la conclusión** ($VAC=BAC-EAC$). Las variaciones que se estudian suelen ser las del coste y del cronograma. En el caso de proyectos no traten el EVM, se pueden hacer análisis de variaciones semejantes a través de la comparación entre el coste de actividades planificadas y el coste real de las mismas, para así poder localizar las desviaciones entre la línea base de costes y el desempeño real del proyecto.
- Análisis de tendencias: Estudia el desempeño del proyecto a lo largo del tiempo para detectar si está evolucionando positivamente o está empeorando.
- Desempeño del valor ganado: La gestión del valor ganado realiza una comparación de la línea de base para la medición (PMB) con respecto al desempeño real del cronograma y del coste.

- 5) Software de Gestión de Proyectos: Se emplea para monitorear las tres dimensiones de la gestión del valor ganado, que son el Valor Planificado (PV), el Valor Ganado (EV) y el Coste Real (AC), para así representarlo de forma gráfica las tendencias y poder mostrar los resultados finales del proyecto.
- 6) Análisis de Reservas: Se emplea para controlar el estado de las reservas para contingencias y de gestión, para así poder analizar si el proyecto necesita de estas reservas o se tienen que pedir reservas adicionales.

Salidas:

- 1) Información de Desempeño del Trabajo: Los valores de CV, SV, CPI y SPI, VAC para los componentes de la EDT, los paquetes de trabajo y las cuentas de control, se documentan y se comunican a los interesados.
- 2) Pronósticos de Costes: El valor EAC debe documentarse y comunicarse a los interesados.
- 3) Solicitudes de Cambio: El análisis del desempeño del proyecto puede llevar a una solicitud de cambio de la línea de base de costes o de otros elementos del plan para la dirección del proyecto, el cual pueden contener acciones preventivas o correctivas.
- 4) Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto: A continuación de muestran los elementos del plan más frecuentes a actualizar:
 - Línea de base de costes: Los cambios de la línea de base de costes se integran en función a las solicitudes de cambio aprobadas con relación a los cambios en el alcance del proyecto, en los recursos de las actividades o estimaciones de costes.
 - Plan de gestión de los costes: Los cambios como pueden ser los umbrales de control o los niveles detallados de exactitud, que hacen falta para la gestión de los costes de los proyecto, se incluyen como respuesta a la retroalimentación de los interesados destacados.
- 5) Actualizaciones a los Documentos del Proyecto: Los documentos a actualizar suelen los las estimaciones de costes y la base de las estimaciones.
- 6) Actualizaciones a los activos de los procesos de la organización: Los activos que más comúnmente se suelen actualizar son las causas de las variaciones, las acciones correctivas elegidas y las razones justificadas y las bases de datos financieros.

2.2.6.5. Gestión de la calidad del proyecto

Esta Área de Conocimiento contiene los procesos y las actividades de la organización ejecutora que determina las políticas de calidad, los objetivos y las responsabilidades de calidad, para que el proyecto pueda satisfacer sus necesidades (**Project Management Institute, 2013**).

PMI (**2013**) establece que la Gestión de la Calidad emplea políticas y métodos para que el sistema de la calidad pueda implementarse en el contexto del proyecto, además de apoyar la mejora continua del proceso. Se muestra a continuación con detalle, los procesos que se utilizan en esta Área de Conocimiento:

- 1. Planificar la Gestión de la Calidad:** Proceso mediante el cual se establecen los requisitos de calidad para el proyecto y sus entregables, además de la documentación que determine el cumplimiento con los mismos. Una de las ventajas más relevantes de este proceso que suministra guía y dirección sobre cómo se va a realizar la gestión y la validación de la calidad durante el proyecto. En la siguiente figura se muestra las entradas, herramientas y salidas:



Figura 35: Planificar la Gestión de la Calidad: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (**Project Management Institute, 2013**)

Entradas:

- 1) Plan para la dirección del Proyecto: Definido en las Salidas del Proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Este plan se emplea para poder desarrollar el plan de gestión de calidad, siendo utilizada la siguiente información:
 - Línea base del Alcance: Contiene lo siguiente:
 - Enunciado del Alcance del Proyecto: Engloba la descripción del mismo, sus entregables y los criterios de aceptación.
 - Estructura de desglose del trabajo (EDT/WBS): Contiene los entregables y los paquetes de trabajo que se usan para medir el desempeño del proyecto,
 - Diccionario de la EDT/WBS: Información con detalle de los elementos de la EDT.
 - Línea base del cronograma: Documenta las medidas aceptadas del desempeño del cronograma, las cuales contienen las fechas de inicio y fin.
 - Línea base de costes: Esta línea determina el intervalo de tiempo aceptado que se va a emplear para la medición del desempeño en concepto de costes.
 - Otros planes de gestión: Aportan a la calidad global de proyecto.

- 2) Registro de Interesados: Definido dentro del Área de Conocimiento “Gestión de los Interesados del Proyecto”. Es la identificación de los interesados que tienen un interés en concreto o un impacto en la calidad.
- 3) Registro de Riesgos: Descrito más adelante en el Área de Conocimiento “Gestión de los Riesgos del Proyecto”. Este registro incluye la información relacionada con las amenazas y las oportunidades que podrían tener impacto en los requisitos de calidad.
- 4) Documentación de Requisitos: Ya desarrollado en las Salidas del Proceso “Recopilar Requisitos” del Área de Conocimiento “Gestión del Alcance del Proyecto”. Contiene los requisitos de tiene que cumplir el proyecto en referencia con las expectativas de los interesados. Los componentes de la documentación de requisitos tienen los requisitos del proyecto y los de calidad, entre otros.
- 5) Factores Ambientales de la Empresa: Explicado en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los factores que afectan en este proceso de la planificación de la gestión de la calidad, son las normativas de las agencias gubernamentales, las reglas, estándares y guías específicas para el área de aplicación, las condiciones de trabajo u operativas de proyecto, y las percepciones culturales.
- 6) Activos de los Procesos de la Organización: Descripción ya detallada en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” del Área de Conocimiento de “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los activos que afectan a esto proceso son las políticas, procedimientos y guías de calidad de la organización, las bases de datos históricos y las lecciones aprendidas de proyectos anteriores.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Análisis Costo-Beneficio: Los beneficios que hay que cumplir con los requisitos de calidad son menor trabajo, más productividad, costes menores, más satisfacción de los integrantes del proyecto y más rentabilidad. Este análisis para cada actividad admite comparar el coste del nivel de calidad con el beneficio esperado.
- 2) Costo de la Calidad (COQ): Contiene los costes que se han cometido a lo largo de la vida del producto mediante inversiones para la prevención del incumplimiento de los requisitos, de la evaluación de la conformidad del producto y del no cumplimiento de los requisitos. Los costes por fallos se organizan por internos, que son los establecidos por el proyecto, y los externos, los determinados por el cliente. En la tabla siguiente (Tabla) se muestra los tipos de costes de calidad:

Coste de Conformidad	Coste de No Conformidad
Costes de Prevención (Elaborar un producto de calidad)	Costes Internos por Fallos (Fallas detectadas por el proyecto)
- Capacitación - Documentar procesos - Equipamiento - Tiempo para hacerlo bien	- Retrabajo - Trabajo desechado
Costes de Evaluación (Evaluar la calidad)	Costes Externos por Fallos (Fallas detectadas por el cliente)
- Pruebas - Pérdidas por pruebas destructivas - Inspecciones	- Responsabilidades - Trabajo por garantía - Pérdida de negocio
Gastos incurridos durante el proyecto para evitar fallos	Gastos incurridos durante y después del proyecto debido a fallos

Tabla 4: Coste de la Calidad. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

3) Siete Herramientas Básicas de Calidad: Estas herramientas se emplean para la detección y la solución de problemas surgidos en la organización (Camisión, Cruz, & González, 2006). Ishikawa (1994) explica que si estas herramientas se usan una forma correcta, pueden llegar a solucionar el 95% de los problemas que aparecen en los puestos de trabajo, pudiendo solventar el 5% restante en la utilización de métodos estadísticos. A continuación se muestra la explicación de cada una de ellas:

- Diagrama causa-efecto: También denominado diagrama de espina o diagrama de Ishikawa, el cual se usa para reunir en una gráfica todas las causas posibles de un problema o la identificación de los aspectos necesarios para lograr un objetivo en concreto. Los pasos más a seguir para el desarrollo del diagrama son: Definir y determinar con claridad el problema o efecto, identificar los factores o causas que originan el efecto, la representación del diagrama y el análisis de las relaciones causa-efecto (Camisión, Cruz, & González, 2006).

De entre las aplicaciones más relevantes de esta herramienta (Galvano, 1995) son: La de conocer y superar las causas de los defectos, reducción de costes, obtención de mejoras en los procesos y la mejora de la calidad de los productos.

También presenta una serie de ventajas como son (Lloréns & Fuentes, 2001): La de proporcionar una metodología racional para las solución de problemas, el de permitir hacer de forma sistemática las posibles causas de un problema y el favorecer el trabajo en equipo.

- Diagrama de Flujo ó Mapa de Procesos: Es la representación gráfica de las diferentes etapas de un proceso de fabricación, gestión, administrativo o de servicios, representadas en orden secuencial (Chowdury, 2005), (Perez Marqués, 2010).

En este tipo de diagrama aparecen las actividades, los puntos de decisión, las ramificaciones, las rutas paralelas y el orden del proceso. Una de las ventajas de esta herramienta es que pueden emplearse para el entendimiento y la estimación del coste de la calidad de un proceso (Project Management Institute, 2013).

- Hojas de verificación u Hojas de Control: Se emplea para recoger datos necesarios y así hacer luego un análisis de los mismos. Su principal uso proviene de datos objetivos a la hora de analizar un fenómeno en concreto. Las hojas principales de recogida de datos son: hoja de datos cuantificables, hoja de datos medibles, hoja de recogida de datos por situación del defecto y hoja de síntesis **(Camisón, Cruz, & González, 2006)**
- Diagramas de Pareto: Representación gráfica que muestra los problemas más relevantes, en función de su frecuencia de ocurrencia o coste tanto en dinero como en tiempo, permitiendo establecer las preferencias de intervención **(Camisón, Cruz, & González, 2006)**. Es la distribución de frecuencias que consiste en el *principio de Pareto* **(Iqbal & Rizwan, 2009)** **(Li & Jiang, 1996)**, llamado también regla 80/20, el cual establece que el 80% de la meta se puede lograr en el 20% del tiempo asignado, es decir, que el 80% de los problemas tienen origen por un 20% de las causas.
Según Galgano **(1995)**, en la construcción el diagrama de Pareto tiene las siguientes partes: Decidir cómo clasificar los datos, determinar el tiempo de recogida de los datos, obtener los datos y ordenarlos, dibujar los ejes de coordenadas, dibujar el diagrama, construir una línea de frecuencia acumulada y el análisis de Pareto.
Las ventajas de esta herramienta son **(Galgano, 1995)**: Permitir observar los resultados de las acciones de mejora implantadas al comparar dos diagramas del mismo fenómeno, en situaciones de diferentes tiempos, ser una herramienta polivalente y fácilmente aplicable y poder emplearla en presentaciones y reuniones.
- Histogramas: Son diagramas de barras en las que representan el grado y la naturaleza de variación dentro del rendimiento de un proceso, mostrando la distribución de frecuencias de un grupo de valores **(Camisón, Cruz, & González, 2006)**.
El histograma se aplica en la confección de informes, análisis de estudios de las capacidades del proceso, la maquinaria y el equipo, y para el control **(Ishikawa, 1994)**.
Los pasos para su elaboración son: Identificación del objetivo de uso del histograma y recopilación de los datos importantes, identificación de los valores máximos y mínimos y cálculo del rango, determinación del número de barras a representar, establecimiento de la anchura de barras, cálculo de los límites inferior y superior de cada barra, dibujo del histograma y su posterior análisis y actuación con los resultados **(Camisón, Cruz, & González, 2006)**.
Sin embargo, los histogramas tienen algunas desventajas **(Ishikawa, 1994)**: no aceptan establecer las causas de variación dentro de un mismo periodo, y además cuando hay que realizar la distribución de frecuencias y representarla, son necesarios muchos datos, para poder identificar qué forma tiene la distribución.
- Diagramas de Control: Se emplean para poder establecer el comportamiento de un proceso, si es estable o predecible. Los límites superior e inferior de las especificaciones muestran los valores máximo y mínimos que se permiten. Si hay incumplimiento de los límites de las especificaciones, se determinarán unas sanciones. Los límites de control se realizan mediante el empleo de cálculos y principios estadísticos para establecer la capacidad natural de conseguir un proceso estable. El director de proyecto junto con el resto de interesados, pueden usar emplear los límites de control calculados de forma estadísticas para reconocer los puntos en los cuales se administrarán las medidas correctivas para la prevención de un desempeño anormal. Por concluyente, lo que quiere la acción correctiva es lograr la estabilidad natural de un proceso estable y eficaz **(Project Management Institute, 2013)**.
- Diagramas de dispersión o de correlación: La función de estos diagramas es la de conocer si existe una relación entre dos variables, que son la causa y el efecto, habitualmente. Se aplica después de haber empleado la herramienta del diagrama de

Ishikawa, en el cual ya se ha seleccionado todas las causas posibles del efecto. La utilidad de esta herramienta es la de saber que cuando cambia una causa, también cambia el efecto (Camisión, Cruz, & González, 2006).

Elaborar el diagrama consta de 4 etapas, que son las siguientes (Galvano, 1995): La recogida de datos y la representación de los mismos, la interpretación del diagrama y la medición de la correlación.

- 4) Estudios comparativos: Se comparan prácticas reales o planificadas del proyecto con las de proyectos que se puedan comparar, para así poder encontrar las mejoras prácticas, crear ideas de mejora y crear una base para medir el desempeño.
- 5) Diseño de Experimentos (DOE): Método estadístico en el cual se identifican los factores que puedan afectar a variables específicas de un producto o proceso que se encuentre en desarrollo. Se puede emplear en el proceso de Planificar la Gestión de la Calidad, para así poder determinar la cantidad y el tipo de pruebas que hay que ejecutar, además de su impacto en el coste de calidad. También se usa para la reducción de la sensibilidad del desempeño del producto frente a las fuentes de variación ocasionadas por diferencias ambientales.
- 6) Muestreo Estadístico: Elegir una parte de la población de interés para su inspección. La frecuencia y el tamaño de la muestra se tendrían que acordar en el proceso de planificar la gestión de la calidad, de tal forma que el coste de la calidad tenga en consideración la cantidad de pruebas, los desechos esperados, etc.
- 7) Herramientas Adicionales de Planificación de Calidad: Estas se emplean para describir los requerimientos de calidad y para además poder planificar las actividades de gestión de calidad. A continuación se muestra con definición las siguientes herramientas:
 - Tormenta de ideas: Descrito más adelante dentro del Área de Conocimiento “Gestión de los Riesgos del Proyecto”.
 - Análisis de campo de fuerza: Diagramas que muestran fuerzas a favor y en contra del cambio.
 - Técnicas de grupo nominal: Consiste en analizar las ideas en tormentas de ideas en grupos más pequeños, para después revisarlas en otro grupo más grande.
 - Herramientas de Gestión y Control de Calidad: Es la vinculación y secuenciación de las actividades identificadas. Descrito en las Herramientas del Proceso siguiente “Realizar el Aseguramiento de la Calidad”.
- 8) Reuniones: Se realizan reuniones de planificación por parte de los equipos de proyecto para el desarrollo del plan de gestión de calidad. Entre los participantes se encuentran el director de proyecto, el patrocinador del mismo, determinados miembros del equipo del proyecto e interesados o cualquier persona que tenga ciertas responsabilidades relacionadas con la Gestión de la Calidad del Proyecto.

Salidas:

- 1) Plan de Gestión de la Calidad: Es una parte dentro del plan para la dirección del proyecto, el cual define de qué forma se implementarán las políticas de calidad de una organización, describiendo como el equipo de proyecto planifica efectuar los requisitos de calidad que se establecen en el proyecto. Además, se tendría que revisar este plan en una fase temprana de del proyecto para garantizar que las decisiones se basen de una información válida.
- 2) Plan de Mejoras del Proceso: Es un plan secundario del plan para la dirección del proyecto, ya definido dentro del Proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” en el Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Consiste en especificar los pasos para en análisis de los procesos de dirección del proyecto y de desarrollo del producto, con el objetivo de establecer las actividades que aumenten su valor. Las áreas a tener en consideración son: Límites del proceso, los cuales describen el objetivo del mismo, su inicio y fin, sus entradas y salidas, el propietario y los interesados del proceso; la configuración del proceso, que define gráficamente

los procesos mediante las interfaces identificadas, y se emplea para ayudar el análisis; las métricas del proceso, junto con los límites de control, los cuales analizan la mejora del proceso; y los objetivos de mejora de desempeño, que son una guía de las actividades de mejora del proceso.

- 3) Métricas de Calidad: Define un atributo del producto o del proyecto, y la forma que medirá el proceso de control de calidad. Se utilizan en los procesos del aseguramiento de la calidad y del control del mismo. Las métricas de calidad pueden ser: índice de puntualidad, control de coste, frecuencia de defectos, tasa de fallas, disponibilidad, confiabilidad y cobertura de las pruebas.
- 4) Listas de Verificación de Calidad: Herramienta estructurada, que se emplea para comprobar que se hayan usado los pasos necesarios. Estas listas pueden ser desde lo más sencillo a lo más complejo, dependiendo de las condiciones del proyecto.
- 5) Actualizaciones a los Documentos del Proyecto: Los documentos a actualizar suelen ser el registro de los interesados (descrito en el Área de Conocimiento “Gestión de los Interesados del Proyecto”), matriz de asignación de responsabilidades (definida dentro del Área de Conocimiento “Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto) y EDT/WBS.

2. Realizar el Aseguramiento de Calidad: Es el proceso mediante el cual se audita las condiciones de calidad y los resultados que se obtienen mediante las medidas de control de calidad, con el objetivo de garantizar que se empleen los estándares de calidad y las descripciones correctas. A continuación, en la figura 36, se muestra la entradas, herramientas y salidas de este proceso, definido más concretamente:

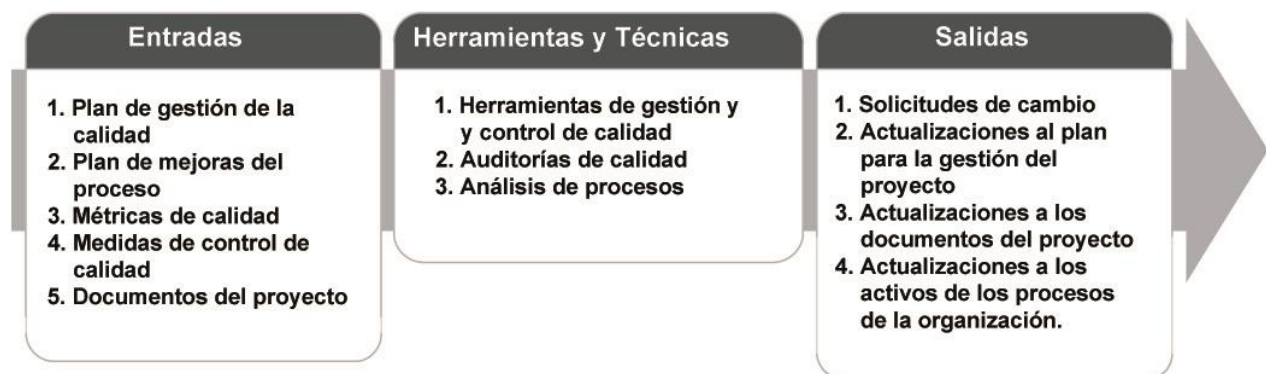


Figura 36: Realizar el Aseguramiento de Calidad: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan de Gestión de la Calidad: Definido en el proceso anterior en las Salidas del proceso “Planificar la Gestión de la Calidad”. Este plan trata de definir los enfoques del aseguramiento de la calidad y de la mejora continua de los procesos del proyecto.
- 2) Plan de Mejoras del Proceso: Ya descrito en la Salidas del proceso “Planificar la Gestión de la Calidad”. Las actividades del aseguramiento de la calidad del proyecto tienen que proporcionar un soporte con los planes de mejora de los procesos de la organización que ejecuta.
- 3) Métricas de Calidad: Entrada ya descrita en el proceso anterior “Planificar la Gestión de la Calidad”. Como ya se ha comentado anteriormente, éstas métricas contienen atributos a medir y variaciones permitidas.

- 4) Mediciones de Control de Calidad: Se analizarán con más detenimiento en el proceso siguiente “Control de Calidad”, dentro de esta Área de Conocimiento. Estas mediciones son resultados de las actividades del control de calidad, y se utilizan para analizar y evaluar la calidad de los procesos del proyecto respecto a los estándares de la organización ejecutora.
- 5) Documentos del Proyecto: Pueden contribuir en el trabajo de aseguramiento de la calidad y deben de tener un control en el ámbito de un sistema de gestión de la configuración.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Herramientas de Gestión y Control de Calidad: Para poder realizar el proceso de Aseguramiento de la Calidad, es necesario el uso de unas herramientas, las cuales se describen a continuación:
 - Diagrama de Afinidad: Herramienta que simplifica un grupo de datos verbales, como pueden ser las ideas, opiniones, temas o expresiones, los cuales los agrupa en según la relación que tienen entre ellos (**Camisón, Cruz, & González, 2006**). Con respecto a su utilidad, este diagrama mejora la elaboración de una EDT/WBS, proporcionando una estructura a la descomposición del alcance (**Project Management Institute, 2013**). Según autores como Vilar (**1998**) y Straker (**1995**), los pasos para la creación del diagrama son: Formar el equipo correcto, realizar un proceso de recogida de datos, registrar las ideas, agrupar las tarjetas (las tarjetas que están relacionadas entre ellas, se crean grupos), crear tarjetas cabecera (tarjeta que tenga la idea principal de todas las que forman el grupo), y por último el dibujar el diagrama de afinidad.
 - Gráficas de programación de decisiones de proceso (PDPC): Establece y representa los acontecimientos y contingencias posibles en el proceso de resolver un problema. Además proporciona medidas de acción contra las posibles contingencias y dificultades, así como el poder anticiparse ante desviaciones que puedan surgir. Para la construcción de estas gráficas es necesario lo siguiente: Determinación de un objetivo que se quiera conseguir, plantear las distintas opciones de acción, determinar para cada opción la secuencia de pasos de implantación, establecer los problemas que puedan surgir, proponer contramedidas y clasificar las contramedidas (**Camisón, Cruz, & González, 2006**).
 - Dígrafos de Interrelaciones: Son una adaptación a los diagramas de relaciones. Muestran un proceso mediante el cual se resuelven problemas de distintos escenarios con cierta complejidad, los cuales crean relaciones lógicas que conectan hasta cincuenta elementos importantes. Además existe la posibilidad de que esté dígrafo se pueda generar a través de datos de otras herramientas (diagrama de afinidad, del árbol o de espina de pez) (**Project Management Institute, 2013**).
 - Diagramas de Árbol: Su empleo consiste en la descomposición de temas en partes, proyectos en tareas y síntomas en causas primordiales. La representación más común es de izquierda a derecha, pero también las hay de derecha a izquierda, de arriba abajo o viceversa. Para poder construirlo es necesario: La definición del tema, problema u objeto a tratar, la creación de todas las actividades o partes relacionadas con el tema a tratar, la valoración de las ideas y representación del Diagrama de Árbol (**Camisón, Cruz, & González, 2006**). Según PMBOK (**2013**), estos diagramas se pueden usar para la representación de la EDT/WBS (Estructura Desagregada de Tareas), o OBS (Estructura Desagregada de la Organización), entre otros.
 - Matrices de Priorización: Se emplean para priorizar actividades, temas o características de productos, a través de criterios de ponderación, y para la toma de decisiones.

Existen dos métodos para la creación de estas matrices que son **(Camisión, Cruz, & González, 2006)**:

- Método del criterio analítico completo: El cual define el objetivo a lograr, crea un listado de criterios a aplicar, juzga la relevancia relativa de cada criterio, y compara cada opción a partir de la combinación de todos los criterios.
 - Método del consenso de criterios: Este método determina prioridades en los criterios, ordena las opciones mediante cada criterio, y calcula la puntuación de importancia individual para cada opción bajo cada criterio.
- Diagrama de Red de Actividades: Planifica y controla de manera correcta el desarrollo y el progreso de un proyecto compuesto por actividades. El DF es la representación gráfica de un proyecto, el cual muestra las relaciones entre las distintas actividades o tareas. Los pasos para su construcción son: Reflexionar en grupo sobre las actividades que son necesarias para hacer el proyecto, realizar la secuencia de ejecución de las mismas calculando después los tiempos, y por último representar el Diagrama de Red de Actividades **(Camisión, Cruz, & González, 2006)**. Existen dos formatos de diagramas de red, que serían el AOA (Actividad en Flecha) y AON (Actividad en Nodo) **(Project Management Institute, 2013)**.
 - Diagramas Matriciales: Su objetivo es el de establecer los puntos de conexión lógica entre grupos de características, funciones o actividades, representándolos de manera gráfica. Los puntos para crear este diagrama son: Definición del objetivo del diagrama matricial, formación de equipo de trabajo, creación de los grupos de elementos que se van a comparar, determinación del formato de matriz y su construcción, y finalmente su análisis **(Camisión, Cruz, & González, 2006)**.
- 2) Auditorías de Calidad: Proceso estructurado el cual establecer si las actividades de un proyecto cumplen con las políticas, procesos y métodos de la organización del proyecto. Los objetivos que se tienen que cumplir son: La identificación de las mejores prácticas que se han implementado, la determinación de las no conformidades, el compartir las buenas prácticas implementadas en proyectos semejantes, el ofrecimiento de forma positiva para la mejora de la incorporación de procesos que ayuden al equipo y el remarcar las contribuciones de cada auditoría en el repositorio de lecciones que se han aprendido en la organización.
 - 3) Análisis de Procesos: Sigue el mismo procedimiento que el plan de mejoras del proceso, pero con la diferencia de que incluyen el análisis desde la raíz, técnica que establecen las causas subyacentes que ocasionan un problema y crea acciones para prevenirlo. Además también analiza los problemas y restricciones que han ido sucediendo y las actividades que no añaden valor.

Salidas:

- 1) Solicitudes de Cambio: Se generan y se usan como Entradas del Proceso “Realizar el Control Integrado de Cambios” del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”, lo que permite tener en consideración las todas las mejoras planteadas. Se usan para crear las acciones preventivas o para solucionar los defectos.
- 2) Actualizaciones al Plan para la para la Dirección del Proyecto: Las partes del Plan para la Dirección del Proyecto a actualizar son las del plan de gestión de la calidad, la de gestión del alcance, gestión del cronograma y gestión de los costes.
- 3) Actualizaciones a los Documentos del Proyecto: Los documentos a actualizar suelen ser los informes de auditorías de calidad, los planes de formación y la documentación del proceso.

- 4) Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización: Los componentes de los activos de los procesos de la organización que suelen actualizarse con los estándares de la calidad y el sistema de gestión del mismo.

3. Controlar la Calidad: Proceso de controlar y registrar los resultados de ejecución de las actividades de calidad, con el objetivo de evaluar el desempeño y plantear los cambios necesarios. Las ventajas de este procesos son la de determinar las causas de una calidad insuficiente con fallos del proceso o producto, estableciendo las acciones para poder eliminarlas, y comprobar que los entregables y el trabajo del proyecto cumplen con los requisitos establecidos por los interesados. En la Figura siguiente se muestra el listado de las entradas, salidas y herramientas a emplear en este proceso:



Figura 37: Controlar la Calidad: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan para la Dirección del Proyecto: Definido ya en las Salidas del proceso anterior “Planificar la Gestión de la Calidad”. Dentro de este plan se encuentra el plan de gestión de calidad, en el que se describe el control de la calidad en el ámbito del proyecto.
- 2) Métricas de Calidad: Descrito dentro de las Salidas del proceso “Planificar la Gestión de la Calidad”. Una métrica es una característica para medir el proyecto.
- 3) Listas de Verificación: Desarrollado en las Salidas del proceso anterior “Planificar la Gestión de la Calidad”. Son aquellas listas de formato estructurado que se emplean para verificar que el trabajo del proyecto y sus entregables cumplen con los requisitos establecidos.
- 4) Datos de Desempeño del Trabajo: Explicado en las Salidas del proceso “Dirigir y gestionar la ejecución/trabajo del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Estos datos de desempeño pueden contener el desempeño técnico planificado versus el real, el del cronograma planificado versus el real y el del coste planificado versus el real.
- 5) Solicitudes de Cambio Aprobadas: Forma parte del proceso “Realizar el Control Integrado de Cambios” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. La

actualización del registro de cambios marcará que algunos cambios se han aprobado y que otros no. Estas solicitudes de cambio pueden contener variaciones como la reparación de desperfectos o la revisión de formas de trabajo o del cronograma/planificación.

- 6) Entregables: Descrito en las Salidas del Proceso “Dirigir y Gestionar la Ejecución/Trabajo del Proyecto” en el Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Es un resultado o producto, que se convierte en un entregable validado requerido por el proyecto.
- 7) Documentos del Proyecto: Los documentos necesarios son los acuerdos, los informes de auditorías de calidad y registros de cambios, planes de formación y evaluación de eficacia, y documentación del proceso (como puede ser la obtenida por usar las 7 herramientas básicas de la calidad o de las herramientas de gestión y control de calidad, explicadas anteriormente).
- 8) Activos de los Procesos de la Organización: Se encuentran detallados en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los activos que afectan para este proceso de controlar la calidad son: Estándares y políticas de calidad de la organización, guías normalizadas del trabajo y procedimientos de generación de informes relacionados con los problemas y defectos, y políticas de comunicación.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Siete Herramientas Básicas de Calidad: Definido dentro de las Herramientas y Técnicas del Proceso anterior “Planificar la Gestión de la Calidad” en esta misma Área de Conocimiento.
- 2) Muestro Estadístico: Desarrollado en las Herramientas y Técnicas del Proceso anterior “Planificar la Gestión de la Calidad”. Estas muestras se escogen y se prueban según criterios del plan de gestión de calidad.
- 3) Inspección: Es una prueba del producto para saber si cumple con los estándares documentados.
- 4) Revisiones de Solicitudes de Cambio Aprobadas: Las solicitudes de cambio que se han aprobado tienen que revisarse para así poder comprobar que se implementaron tal cual fueron aprobadas.

Salidas:

- 1) Mediciones de Control de Calidad: Son soluciones documentadas de las actividades de control de calidad, que tienen que tener el mismo formato que el Proceso anterior “Planificar la Gestión de la Calidad”.
- 2) Cambios Validados: Cualquier componente que se haya modificado tendrá que inspeccionarse y deberá ser aceptado o rechazado antes de que se emita una notificación de la decisión.
- 3) Entregables Verificados: Estos entregables validados conforman el resultado de la ejecución del proceso de “Controlar la Calidad”, y constituyen la entrada del proceso de “Validar el Alcance”, descrito dentro del Área de Conocimiento “Gestión del Alcance del Proyecto”.
- 4) Información de Desempeño del Trabajo: Son los datos de desempeño seleccionados de varios procesos de control, estudiados en contexto e incorporados sobre la base de relaciones entre áreas.
- 5) Solicitudes de Cambio: En el caso de que las acciones preventivas recomendadas o las reparaciones de defectos necesitan de un cambio de plan para la dirección del proyecto, entonces hay que realizar una Solicitud de Cambio, descrita anteriormente en el Proceso de “Supervisar y Controlar el Trabajo del Proyecto” del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”, y conforme el proceso “Realizar el Control Integrado de Cambios”, dentro de la misma Área de Conocimiento.

- 6) Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto: Los componentes del plan para la dirección del proyecto que pueden actualizarse con el Plan de Gestión de la Calidad y el Plan de Mejora del Proceso.
- 7) Actualizaciones a los Documentos del Proyecto: Los documentos posibles a actualizar son los estándares de calidad, los acuerdos, los informes de auditoría de calidad y registros de cambio, los planes de formación y evaluaciones de eficacia, y la documentación del proceso, la cual se obtiene a través de las siete herramientas de calidad y las herramientas de gestión y control de calidad.
- 8) Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización: Los elementos activos que pueden actualizarse con las listas de verificación completas y la documentación sobre lecciones aprendidas.

2.2.6.6. Gestión de recursos humanos del proyecto

Según la Guía PMBOK (2013), esta Área de Conocimiento contiene todos los procesos que organizan, gestionan y guían al equipo de proyecto, el cual está constituido por personas que tienen un rol y una responsabilidad para realizar y completar el proyecto. Los componentes de este equipo pueden tener distintas habilidades, pueden estar designados en tiempo completo o parcial y se pueden incorporar o retirar del equipo según avance el proyecto. También se les hace partícipe de la toma de decisiones y en la planificación, favoreciendo así el compromiso del proyecto. A continuación se muestra una descripción de todos los procesos que intervienen en esta Área:

1. **Planificar la Gestión de los Recursos Humanos:** Proceso mediante el cual se identifican y documentan los roles en un proyecto, sus responsabilidades, habilidades, habilidades necesarias, relaciones de comunicación y la creación de un plan para la gestión del personal. Una de las ventajas de este proceso es la designación de roles y sus responsabilidades en el proyecto, los organigramas y el plan de gestión del personal. La figura 38 muestra las entradas, herramientas y salidas a emplear:

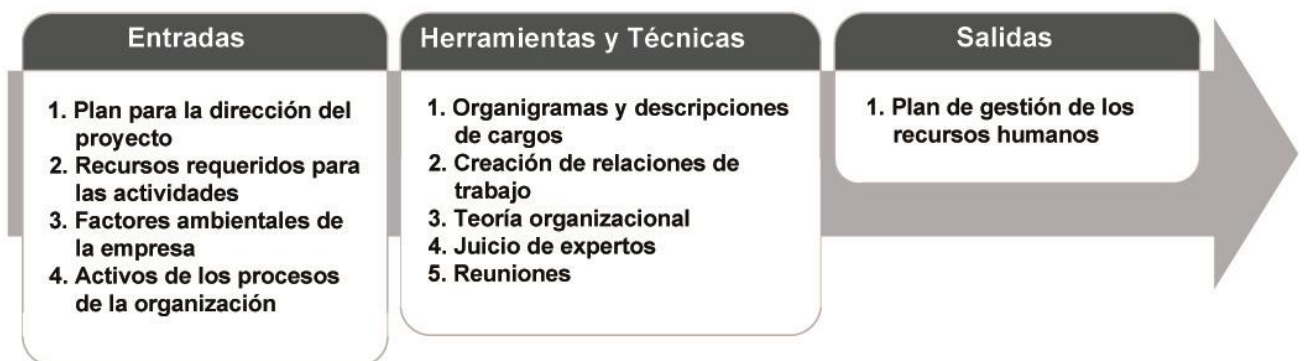


Figura 38: Planificar la Gestión de los Recursos Humanos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan para la Dirección del Proyecto: Descrito en las Salidas del Proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” en el Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Dentro de este plan se desarrolla el plan de gestión de recursos humanos. Toda la información para crear dicho plan contiene: el ciclo de vida del proyecto y los procesos de cada fase, la forma en la que se ejecutarán el trabajo para lograr los objetivos del proyecto, un plan de gestión de cambios, un plan de gestión de la configuración que documente como se va a llevar a cabo esa gestión, una descripción de cómo la integridad de las líneas de base del proyecto serán mantenidas y las necesidades y métodos de comunicación entre los integrantes del proyecto.
- 2) Recursos Requeridos para las Actividades: Desarrollado en las Salidas del Proceso “Estimar los Recursos de las Actividades” en el Área de Conocimiento “Gestión del Tiempo del Proyecto”. Planificar los recursos humanos implicar el uso de requisitos de recursos de las actividades para determinar las necesidades de recursos humanos para el proyecto.
- 3) Factores Ambientales de la Empresa: Explicado en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los factores influyentes de este proceso son la cultura y estructura de la organización, los recursos humanos, la dispersión geográfica de los componentes del equipo, las políticas de gestión del personal y los requisitos del mercado
- 4) Activos de los Procesos de la Organización: Descritos en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” en el Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los activos que afectan a este proceso suelen ser: Los procesos estándares de la organización, las plantillas para organigramas y definiciones de puestos de trabajo, las lecciones aprendidas sobre la estructura de la organización y los métodos de escalamiento para la gestión de incidencias surgidas.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Organigramas y Descripciones de Puestos de Trabajo: Hay varios formatos para documentar los roles y las responsabilidades de los componentes del equipo. A continuación se describen tres tipos:
 - Diagramas Jerárquicos: Mientras que La Estructura de Desglose de Tareas (EDT/WBS) muestra una desglose de los entregables del proyecto, la Estructura de Desglose de la Organización (OBS) se clasifica según departamentos, unidades o equipos existentes dentro de una organización, numerando las actividades del proyecto o los paquetes de trabajo que tenga cada departamento. La Estructura de Desglose de Recursos (RBS) consiste en una en ordenar jerárquicamente los recursos, relacionados por categoría y tipo, cuya función es la de ayudar a la planificación y control del trabajo del proyecto. Cada nivel inferior muestra una definición detallada del recurso hasta llegar a una con el nivel necesario de detalle para que se pueda usar en conjunto con la estructura de desglose de tareas (EDT/WBS).
 - Diagramas Matriciales: Una matriz de asignación de responsabilidades (RAM) es una tabla en la que aparecen los recursos del proyecto a los que se les ha asignado un paquete de trabajo. Su uso consiste en ilustrar las relaciones de los paquetes de trabajo entre los componentes del equipo de proyecto. En proyectos grandes la RAM se puede hacer en varios niveles. El formato matricial desarrolla todas las actividades asociadas con una persona y viceversa. Un ejemplo de RAM es la matriz RACI (persona responsables de ejecutar una tarea) (Tabla 4). Una matriz RACI es útil cuando un equipo está formado por recursos internos y externos.

Matriz RACI	Persona				
Actividad	Ana	Tomás	Juan	María	Mercedes
Desarrollar el acta de constitución	A	R	I	I	I
Recopilar requisitos	I	A	R	C	C
Enviar el plan de pruebas	I	A	R	R	C
Desarrollar el plan de pruebas	A	C	I	I	R

R=Responsable de Ejecución; A=Responsable último; C=Persona a consultar; I=Persona a Informar

Tabla 5: Matriz RACI. Elaboración por Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

- Formatos tipo texto: Se utilizan para responsabilidades de componentes del equipo de proyecto que necesitan de descripciones más detalladas. Estos documentos muestran información sobre las responsabilidades, autoridad, competencias y cualificaciones. Existen varias formas de nombrar los documentos como pueden ser las descripciones de los puestos de trabajo y los formularios de rol-responsabilidad-autoridad.
- 2) Creación de Relaciones de Trabajo: Es la interacción formal e informal con otras personas de una organización, industria o entorno de trabajo. Es la forma de entender los factores políticos e interpersonales que tendrán un impacto sobre la eficacia de las distintas opciones de gestión del personal. Entre las distintas actividades para crear relaciones de trabajo, nos encontramos con la correspondencia proactiva, los almuerzos de negocio, las conversaciones informales o las conferencias especializadas, entre otros.
 - 3) Teoría Organizacional: Muestra información relacionada con la forma en la que se comportan las personas, los equipos de trabajo y las unidades de la organización. El empleo de temas comunes de teoría organizacional puede lograr reducir el tiempo, el coste y los esfuerzos para realizar las salidas de este proceso, así como la mejora de la eficiencia de la planificación.
 - 4) Juicio de Expertos: Cuando se hace el plan de gestión de recursos humanos, se emplea el juicio de expertos para numerar las condiciones preliminares para habilidades necesarias, evaluar los roles que hacen falta para el proyecto según las descripciones estándar de roles de la organización, establecer la cantidad de esfuerzo preliminar y el número de recursos para conseguir los objetivos del proyecto, determinar las relaciones de comunicación, mostrar las guías sobre los tiempos a tener en consideración para la incorporación del personal, identificar riesgos vinculados a los planes de adquisición, retención y liberación del personal y establecer y recomendar programas para el cumplimiento de contratos gubernamentales.
 - 5) Reuniones: Cuando se planifica la gestión de los recursos humanos, el equipo de proyecto tendrá reuniones de planificación regularmente.

Salidas:

- 1) Plan de Gestión de los Recursos Humanos: Como ya se ha comentado con anterioridad, este plan se desarrolla dentro del plan para la dirección del proyecto, el cual contiene una guía sobre la forma en que se debería definir, conseguir, dirigir y liberar los recursos humanos del proyecto. Este plan consta de lo siguiente:
 - Roles de responsabilidades: Para poder determinar los roles y responsabilidades necesarias para el proyecto se necesita tener en cuenta lo siguiente:
 - Rol: Función asignada a una persona en el ámbito del proyecto.
 - Autoridad: Derecho de establecer los recursos del proyecto, tomar decisiones, firmar, aceptar entregables e influir sobre otras personas para hacer el trabajo.
 - Responsabilidad: Las tareas asignadas y el trabajo que se espera que haga un componentes del equipo del proyecto.
 - Competencias: Habilidad y capacidad necesarias para terminar las actividades que ha sido asignadas dentro de las restricciones del proyecto.
 - Organigramas del proyecto: Representación gráfica de los componentes del equipo de proyecto y de sus relaciones de comunicación.
 - Plan para la gestión del personal: Este plan es una parte del plan de gestión de los recursos humanos que explica cuándo y cómo se van a integrar los miembros del equipo de proyecto y el tiempo que se les va a necesitar. Define cómo se cumplirán las condiciones de recursos humanos. Puede ser formal o informal, muy detallado o general, dependiendo de las necesidades del proyecto. Los aspectos a considerar son:
 - Adquisición de personal: Surgen una serie de preguntas cuando se planifica la incorporación de componentes al equipo de proyecto, como por ejemplo si los recursos humanos provienen de la misma organización o de fuentes externas o si los miembros del equipo necesitan trabajar en un único sitio o pueden hacerlo desde otros lugares, entre otras.
 - Calendarios de recursos: El cual muestra los días y turnos de trabajo en los cuales está disponible cada recurso concreto. El plan de gestión del personal define los marcos temporales para los componentes del equipo de proyecto, sea de forma individual o colectiva, así como también el inicio de las actividades de adquisición, como la contratación del personal. Una de las herramientas para representar los recursos humanos es el histograma de recursos (Figura 39), empleado por el equipo de proyecto para representar de forma visual la asignación de recursos a las distintas partes interesadas, mostrando también las horas que una persona, departamento o equipo de proyecto va a necesitar semanal o mensualmente durante todo el proyecto.

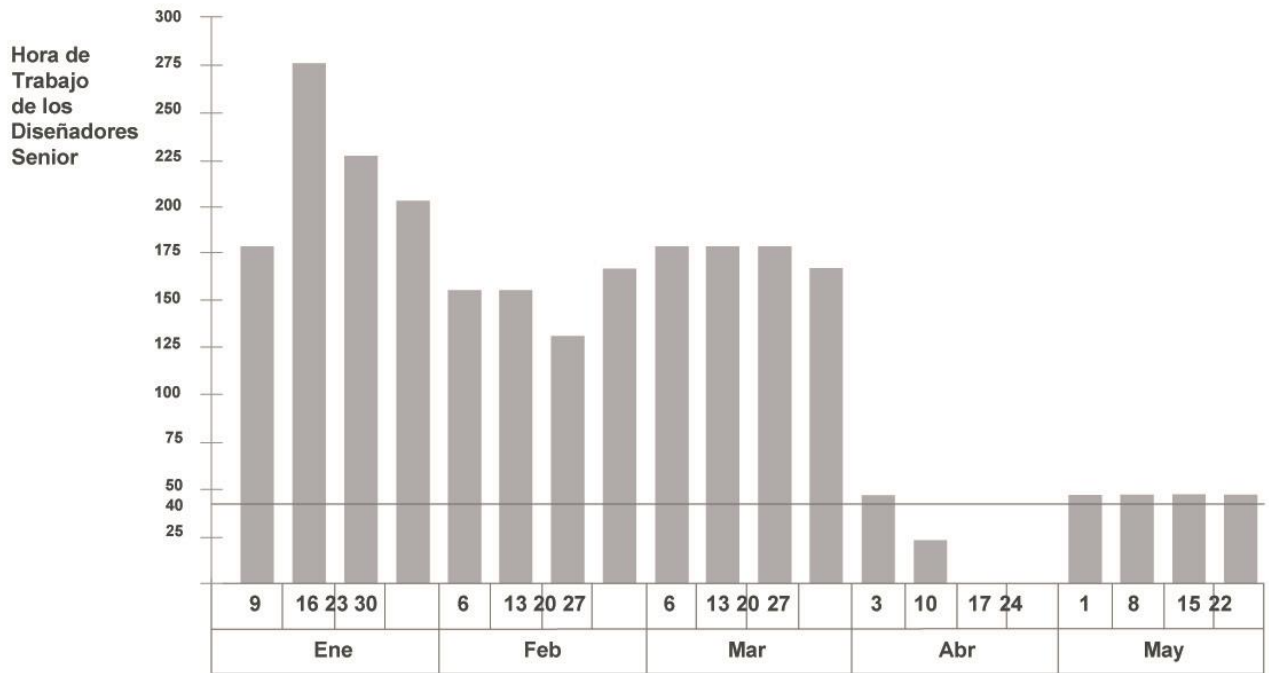


Figura 39: Ejemplo de Histograma de Recursos. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

- Plan de liberación del personal: Determinar la metodología y el calendario de liberación de los componentes del equipo de proyecto beneficia al proyecto y los miembros del equipo. Cuando se liberan los miembros del equipo, los costes asociados con esos recursos no continúan cargados al proyecto, reduciendo por tanto sus costes.
- Necesidades de capacitación: En el caso de que los componentes del equipo asignados no tengan las competencias requeridas, se puede crear un plan de capacitación como parte del proyecto, el cual contiene medios para ayudar a los miembros a obtener certificaciones que ayuden a su capacidad.
- Reconocimiento y recompensas: Este reconocimiento y recompensas ayudan a promover y reforzar los comportamientos deseados, los cuales se basan en actividades y desempeño que estén bajo el control de la persona.
- Cumplimiento: El plan de gestión del personal puede contener estrategias para cumplir con las normativas gubernamentales aplicadas, los convenios colectivos de trabajo y otras políticas relacionadas con recursos humanos.
- Seguridad: Las políticas y los procedimientos que protegen a los componentes del equipo frente a los peligros que tienen relación con la seguridad, se pueden incluir en el plan de gestión del personal.

- 2. Adquirir el Equipo del Proyecto:** Consiste en confirmar la disponibilidad de recursos humanos y conseguir el equipo necesario para completar las actividades del proyecto. El beneficio más importante es el de definir y guiar la selección del equipo y asignar responsabilidades para lograr un equipo competente. A continuación se muestra en la siguiente figura, las entradas, salidas y herramientas de este proceso:

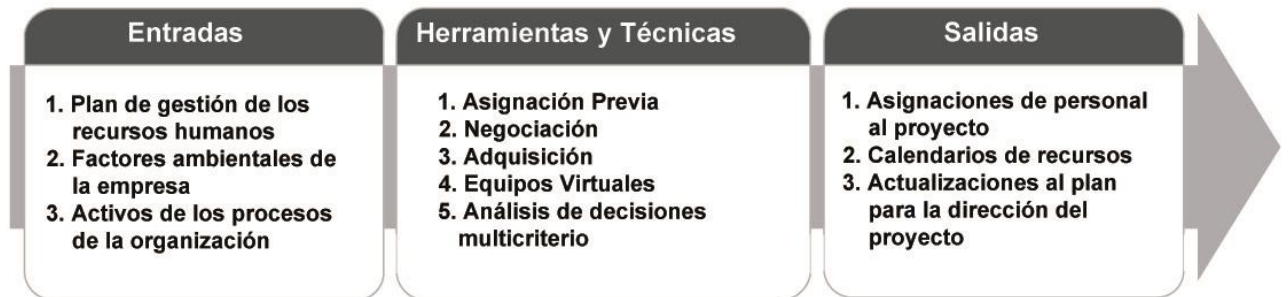


Figura 40: Adquirir el Equipo del Proyecto: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan de Gestión de los Recursos Humanos: Descrito en las Salidas del proceso anterior “Planificar la Gestión de los Recursos Humanos”. Este plan contiene una guía sobre la forma en que se tienen que identificar, adquirir, dirigir y liberar los recursos humanos del proyecto. Contiene los roles y las responsabilidades que describen los cargos habilidades y competencias del proyecto, los organigramas del proyecto, y el plan para la gestión del personal donde se muestran los períodos de tiempo.
- 2) Factores Ambientales de la Empresa: Ya descritos en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los factores que afectan a este proceso son: La información relacionada con los recursos humanos, incluyendo disponibilidad, niveles de competencia, experiencia e interés de trabajar, políticas de gestión del personal, estructura de la organización y múltiples lugares geográficos.
- 3) Activos de los Procesos de la Organización: Ya mencionados y desarrollados en el proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” del Área de Conocimiento de “Gestión de Integración del Proyecto”. Estos activos incluyen políticas, procesos y métodos estándares de la organización.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Asignación Previa: Se trata de cuando los componentes del equipo se han elegido con cierta antelación. Esto se puede dar en el caso de que el proyecto resulte de la identificación de personas concretas en el marco de una propuesta competitiva, si el proyecto depende de la experiencia de algunas personas o si el acta de constitución del proyecto se describen determinadas asignaciones del personal.
- 2) Negociación: Las asignaciones del personal en muchos casos, pueden ser negociadas. El equipo de proyecto puede negociar con:

- Gerentes funcionales, para afirmar que el proyecto obtenga el personal con las competencias requeridas dentro del plazo necesario y que los componentes del equipo de proyecto tengan la capacidad, disposición y autorización para poder trabajar en proyecto.
 - Otros equipos de dirección del proyecto dentro de la organización, para lograr la asignación correcta de los recursos humanos escasos.
 - Organizaciones externas, vendedores, proveedores, contratistas, etc., para lograr así los recursos humanos necesarios, escasos, especializados, certificados o de otro tipo.
- 3) Adquisición: Cuando la organización no cuenta con el personal interno necesario para finalizar un proyecto, entonces se necesitan adquirir servicios de proveedores externos.
- 4) Equipos Virtuales: Estos equipos muestran nuevas opciones a la hora de conseguir a los componentes del equipo de proyecto. Los equipos virtuales son grupos de personas con una meta en común y que se implican poco o nada en reuniones presenciales. Las nuevas tecnologías de comunicación como el correo electrónico, las teleconferencias, los medios sociales, las reuniones en plataformas web o las videoconferencias, son los que hacen posible estos equipos virtuales. Este modelo de equipo virtual proporciona:
- Constituir equipos de la misma organización que viven en distintas áreas geográficas.
 - El aporte de experiencia personal al equipo de proyecto.
 - La incorporación de empleados que trabajan desde oficinas de su casa.
 - Incorporar personas con discapacidad o límites de movilidad.
 - Progresar en proyectos que podrían haberse descartados por gastos de desplazamiento.
- 5) Análisis de Decisiones Multicriterio: Permite desarrollar y usar criterios para calificar o puntuar a los componentes con potencial del equipo de proyecto. Los criterios se ponderan conforme la importancia relacionada con las necesidades dentro del equipo. A continuación se muestran varios criterios de selección:
- Disponibilidad: Se establece si el componente del equipo puede trabajar en el proyecto dentro del marco temporal necesario.
 - Coste: Se comprueba si el coste de añadir un componente al equipo se encuentra dentro del presupuesto que se ha establecido.
 - Experiencia: Se verifica si el componente del equipo tiene la experiencia necesaria.
 - Capacidad: Se comprueba si el componente del equipo cuenta con las competencias que se le pide.
 - Conocimiento: Se considera si el miembro del equipo tiene los conocimientos necesarios.
 - Habilidades: Se determina si el componente del equipo tiene las habilidades para usar e implementar una herramienta de proyecto.
 - Actitud: Se verifica si la persona tiene la capacidad de trabajar en equipo.
 - Factores internacionales: Se considera la ubicación geográfica del componente del equipo, su zona horaria y sus capacidades de comunicación.

Salidas:

- 1) Asignaciones del Personal al Proyecto: Es cuando el proyecto está constituido de personal adecuado al equipo de proyecto. Dentro de la documentación de estas asignaciones se incluye un directorio del equipo de proyecto, memorandos a los componentes del equipo y nombres incluidos en otras partes del plan para la dirección del proyecto, como los organigramas o cronogramas.

- 2) Calendarios de Recursos: Estos calendarios contienen los períodos de tiempo durante los cuales cada componente del equipo de proyecto está disponible para trabajar en el proyecto.
- 3) Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto: Las partes del plan para la dirección de proyecto que suelen actualizarse, es el plan para la dirección del proyecto, entre otros.

3. Desarrollar el Equipo del Proyecto: Proceso en el cual se mejoran las competencias, la interacción entre los componentes y el entorno del equipo para conseguir el mejor desempeño. Un beneficio de este proceso es el de lograr una mejoría en el trabajo en equipo, en las habilidades y competencias personales, motivación de los empleados y un desempeño del proyecto mejorado. En la Figura 41 se muestran las entradas, herramientas y salidas de este proceso:



Figura 41: Desarrollar el Equipo del Proyecto: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan de Gestión de los Recursos Humanos: Explicado y desarrollado en las Salidas del proceso anterior “Planificar la Gestión de los Recursos Humanos”. Proporciona una guía sobre la manera en la que se tiene que definir, adquirir, controlar, dirigir y liberar los recursos humanos del proyecto. Establece las estrategias y planes de capacitación para desarrollar el equipo de proyecto, como pueden ser las recompensas, la retroalimentación, la capacidad añadida y acciones disciplinarias.
- 2) Asignaciones de Personal al Proyecto: Descritas en las Salidas del proceso anterior “Adquirir el Equipo de Proyecto”. Las asignaciones se empiezan con una lista de los componentes del equipo de proyecto.
- 3) Calendarios de Recursos: Ya desarrollado dentro de las Salidas del proceso anterior “Adquirir el Equipo de Proyecto”. Los calendarios establecen los momentos en los que los componentes del equipo de proyecto pueden incorporarse a las actividades de desarrollo del equipo

Herramientas y Técnicas:

- 1) Habilidades Interpersonales: Son competencias conductuales que contienen habilidades de comunicación, inteligencia emocional, resolución de conflictos, influencia, capacidad de trabajar en equipo y facilitación de grupos.

- 2) **Capacitación:** Contiene las actividades diseñadas para la mejoría de competencias de los componentes del equipo de proyecto, pudiendo ser formal e informal. Entre los métodos de capacitación más relevantes, destacamos la capacitación en el aula, por Internet, la consistente en computadoras, la capacitación en el puesto de trabajo a cargo de otro miembro, la tutoría y el entrenamiento. La capacitación programada se puede desarrollar según lo dictaminado en el plan de gestión de recursos humanos, y la no programada se crea como resultado de la observación, conversación y evaluaciones de desempeño del proyecto, realizadas en el proceso de dirigir el equipo de proyecto.
- 3) **Actividades de Desarrollo del Espíritu de Equipo:** Estas actividades pueden variar desde un tema tratado en cuatro minutos en una reunión de seguimiento hasta una experiencia facilitada por profesionales para mejorar las relaciones interpersonales, impartido fuera de la organización. Su meta es la conseguir ayudar a todos los componentes del equipo para trabajar conjuntamente de forma eficaz. El espíritu en equipo es importante para lograr el éxito del proyecto. Uno de los modelos para definir el desarrollo de un equipo es el de la escalera de Tuckman (**Tuckman, 1965**), (**Tuckman & Jensen, 1977**), el cual determina cinco etapas de desarrollo por las que pueden pasar por los equipos. A continuación se describen más detalladamente las fases:
 - **Formación:** Consiste en la etapa en la que se reúne todo el equipo y se les informe sobre el proyecto y de que roles y responsabilidades se les adjudicará.
 - **Turbulencia:** Etapa en la que el equipo se adentra en el trabajo del proyecto, las decisiones técnicas y el enfoque de dirección del proyecto.
 - **Normalización:** Los componentes del equipo empiezan a trabajar de manera conjuntamente y a adaptar sus hábitos y comportamientos para generar un apoyo al equipo.
 - **Desempeño:** Los equipos que consiguen la etapa de desempeño funcionan como una unidad perfectamente organizada, siendo independientes y afrontando los problemas eficazmente.
 - **Disolución:** Es cuando el equipo ya ha terminado su trabajo y se va del proyecto.
- 4) **Reglas Básicas:** Determinan expectativas claras sobre el comportamiento aceptable por los componentes del equipo de proyecto. Un compromiso con pasos claros hace que desde el inicio se reduzcan los malentendidos y haya más productividad.
- 5) **Coubicación:** La coubicación o matriz estrecha consiste en colocar varios o todos los componentes más activos del equipo de proyecto en la misma ubicación física para conseguir la mejora de su capacidad de desempeñarse en equipo. Las estrategias de coubicación pueden tener una sala de reuniones para el equipo, espacios para publicar cronogramas o otras aportaciones que conlleven a mejorar la comunicación de los miembros.
- 6) **Reconocimiento y Recompensas:** Parte de este proceso de desarrollar el equipo de proyecto, implica reconocer y recompensar el comportamiento que se desea. Los planes relacionados con la forma de recompensar a las personas se crean durante el proceso anterior “Planificar la Gestión de los Recursos Humanos”. Las decisiones sobre la concesión de recompensas se deciden, de forma formal e informal, en el proceso de “Dirigir el Equipo de Proyecto” a través de evaluaciones de desempeño del proyecto.
- 7) **Herramientas para la Evaluación del Personal:** Estas herramientas muestran al director y al equipo de proyecto un conocimiento sobre áreas de fortaleza y de debilidad, ayudando al director de proyecto a evaluar las prioridades y las aspiraciones del equipo, cómo se procesa y se organiza la información, cómo se toman decisiones y cómo se relacionan con otras personas. Hay varias herramientas disponibles, tales como las encuestas de actitud, las evaluaciones concretas, las entrevistas estructuradas, las pruebas de habilidad y las pruebas focales.

Salidas:

- 1) **Evaluaciones de Desempeño del Equipo:** Conforme se implementan esfuerzos de desarrollo del equipo de proyecto, como la capacitación, el desarrollo del espíritu en equipo y la cohesión, el equipo de dirección elabora evaluaciones de la eficacia del equipo, formales o informales. Los criterios de evaluación del desempeño del equipo tienen que estar determinados por las partes pertinentes e introducidos en las entradas del proceso “Desarrollar el Equipo de Proyecto”. El desempeño de un equipo con éxito se mide en términos de éxito técnico acorde a objetivos ya establecidos para el proyecto, de desempeño según el cronograma del proyecto y según el presupuesto. La evaluación de la eficacia puede contener los siguientes indicadores:
 - Mejoras de las habilidades lo que origina que las personas hagan sus tareas eficazmente.
 - Mejoras a nivel de competencias ayudando al equipo a funcionar mejor.
 - Reducción del índice de rotación del personal.
 - Mayor cohesión del equipo, compartiendo de manera abierta información y experiencias.

- 2) **Actualizaciones a los Factores Ambientales de la Empresa:** Los factores ambientales que pueden actualizarse son la gestión del personal, los registros de capacitación de los empleados y las evaluaciones de las habilidades.

4. Dirigir el Equipo del Proyecto: Proceso mediante el cual se realiza el seguimiento de desempeño de los componentes del equipo, se proporciona retroalimentación, se resuelven conflictos y se gestionan los cambios en el equipo con el objetivo de optimizar el desempeño del proyecto. La ventaja de este proceso es la influencia en el comportamiento del equipo, la gestión de los conflictos, la resolución de los problemas y la evaluación del desempeño de los componentes del equipo de proyecto. A continuación se define y se describe las entradas, salidas y herramientas del proceso:

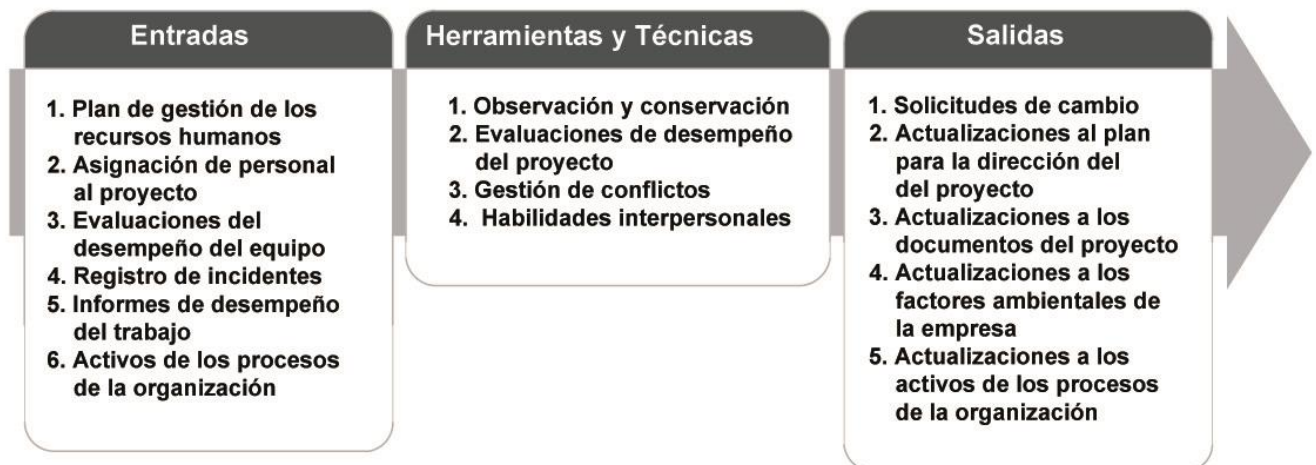


Figura 42: Dirigir el Equipo del Proyecto: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan de Gestión de los Recursos Humanos: Descrito en las Salidas del proceso “Planificar la Gestión de los Recursos Humanos”. Este plan contiene una guía sobre la forma en la cual se tienen que definir, conseguir, dirigir, controlar y liberar los recursos humanos del proyecto. Incluye roles y responsabilidades, organización del proyecto y plan para la gestión del personal
- 2) Asignaciones de Personal al Proyecto: Explicadas en las Salidas del proceso anterior “Adquirir el Equipo de Proyecto”. Estas asignaciones contienen la documentación donde se muestra la lista de los componentes del proyecto.
- 3) Evaluaciones de Desempeño del Equipo: Desarrolladas en las Salidas del Proceso “Desarrollar el Equipo de Proyecto”. El equipo de proyecto hace de manera continua evaluaciones formales e informales de desempeño del equipo de proyecto, pudiendo además realizar acciones para la resolución de incidencias, ajustes de comunicación, resolución de conflictos y la mejora de la interacción del equipo.
- 4) Registro de Incidentes: Se puede emplear un registro de incidentes para documentar y controlar quien es el responsable de la resolución de los incidentes específicos antes de una fecha concreta.
- 5) Informes de Desempeño del Trabajo: Descrito en las Salidas del Proceso “Supervisar y Controlar el Trabajo del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento de “Gestión de Integración del Proyecto”. Estos informes contienen documentación sobre el estado actual del proyecto en comparación con las proyecciones del mismo. Las áreas de desempeño que pueden ayudar a la gestión del equipo de proyecto incluyen los resultados que provienen del control del cronograma, de costes, de calidad, y de la validación del alcance.
- 6) Activos de los Procesos de la Organización: Su descripción detallada en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” del Área de Conocimiento de “Gestión de Integración del Proyecto”. Los activos influyentes en este proceso son los certificados de reconocimiento, los boletines informativos, las páginas Web, las estructuras de bonificaciones, el código corporativo de vestimenta y otros beneficios adicionales de la organización.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Observación y Conservación: Se usan para para mantenerse en contacto con el trabajo y las actitudes de los componentes del equipo de proyecto.
- 2) Evaluaciones de Desempeño del Proyecto: Los objetivos de estas evaluaciones son los de aclarar los roles y responsabilidades, suministrar retroalimentación constructiva a los componentes del equipo, descubrir situaciones desconocidas, crear planes individuales de capacitación y determinar objetivos concretos para períodos futuros.
- 3) Gestión de Conflictos: Las fuentes de los conflictos contienen la escasez de recursos, las preferencias de la programación y los estilos de trabajo. Las reglas generales del equipo, las normas del grupo, las prácticas como la planificación y las comunicación establecidas por la dirección de proyecto, y la definición de roles, disminuyen la cantidad de conflictos. Los factores que influyen en la resolución de conflictos contienen la importancia relativa y la intensidad del conflicto, la rapidez que haya para la resolución del mismo, la postura adoptada por las personas intervinientes y la motivación para la resolución del conflicto. Hay cinco estrategias para resolver conflictos, que se muestran a continuación:
 - Retirarse/Eludir: Retirarse de una situación de conflicto, posponer el problema para poder estar mejor preparado o para que lo resuelvan otros.
 - Suavizar/Adaptarse: Hacer hincapié en los asuntos de acuerdo en lugar de las diferencias; ceder la postura propia frente a las necesidades de otros.

- Consensuar/Conciliar: Obtener soluciones que consigan un grado de satisfacción a todas las partes.
 - Forzar/Dirigir: Implantar el punto de vista propio a costa de los demás, ofreciendo soluciones de tipo ganar o perder.
 - Colaborar/Resolver el Problema: Aplicar varios puntos de vista y visiones distintas desde diferentes perspectivas.
- 4) **Habilidades Interpersonales:** Los directores de proyecto usan una combinación de habilidades técnicas, personales y conceptuales para analizar las situaciones e interactuar de forma correcta con los componentes del equipo. A continuación se muestran varios ejemplos de habilidades interpersonales:
- **Liderazgo:** Para que un proyecto tenga éxito, es necesario habilidades de liderazgo. Esta habilidad es relevante en todas las etapas del ciclo de vida del proyecto.
 - **Influencia:** La capacidad de influir el director de proyecto en los interesados resulta importante para lograr el éxito del proyecto. Las habilidades para la influencia contienen:
 - Capacidad de convencer y expresar los puntos de vista y las posturas asumidas.
 - Niveles altos de habilidades de escucha activa y efectiva.
 - Tener consciencia y en consideración las distintas perspectivas en cualquier situación.
 - Recopilar de información importante y crítica para abordar problemas relevantes y conseguir acuerdos.
 - **Toma de decisiones eficaz:** Conlleva la habilidad de negociar e influenciar la organización y los equipos de dirección del proyecto. Para poder llevar a cabo la toma de decisiones es necesario tener en cuenta la focalización de los objetivos perseguidos, el seguimiento de un proceso de decisiones, el estudio de factores ambientales, el análisis de la información disponible, el desarrollo de cualidades personales de los miembros del equipo, la creatividad en equipo y la gestión del riesgo.

Salidas:

- 1) **Solicitudes de Cambio:** Los cambios del personal pueden provocar un impacto sobre el resto del plan para la dirección del proyecto. Cuando estas situaciones del personal dañan a equipo de proyecto apartándolo del plan para la dirección del proyecto, generando que se alargue un cronograma o que suba un presupuesto, entonces puede procesarse una solicitud de cambio a través del proceso “Realizar el Control Integrado de Cambios” del Área de Conocimiento de “Gestión de Integración del Proyecto”. Los cambios pueden ser la asignación de personas a actividades distintas, subcontratar parte del trabajo o el reemplazamiento de componentes del equipo.
- 2) **Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto:** Dentro de plan de dirección del proyecto, los elementos a actualizar entre otros, sería el plan de gestión de los recursos humanos.
- 3) **Actualizaciones a los Documentos del Proyecto:** Los documentos a actualizar suelen ser el registro de incidentes, la descripción de roles y la asignación del personal de proyecto
- 4) **Actualizaciones a los Factores Ambientales de la Empresa:** Los factores ambientales a actualizar en este proceso suelen ser las entradas para las evaluaciones de desempeño de la organización y las actualizaciones de las habilidades del personal

- 5) Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización: Los activos a actualizar son la documentación relacionada con la informática histórica, las lecciones aprendidas, las plantillas y los procesos estándar de la organización.

2.2.6.7. Gestión de comunicaciones del proyecto

La Gestión de las Comunicaciones del Proyecto contienen todos aquellos procesos necesarios para conseguir que la planificación, recopilación, creación, distribución, almacenamiento, recuperación, gestión, control, monitoreo y disposición final de la información del proyecto sean correctos y oportunos. El director de proyecto emplea gran parte de su tiempo comunicándose con los componentes del equipo y los interesados del proyecto, tanto internos como externos (**Project Management Institute, 2013**). Los procesos que se utilizan dentro de esta área son los que se muestran a continuación:

1. **Planificar la Gestión de las Comunicaciones:** Consiste en crear un enfoque y un plan adecuado para las comunicaciones del proyecto sobre la base de las necesidades y los requerimientos de información de los interesados y de los activos de la organización disponibles. Uno de los beneficios más importantes de este proceso es la identificación y documentación del enfoque a usar para comunicarse con los interesados de una forma más productiva y eficaz. A continuación se explica con más detalle las herramientas, salidas y entradas a utilizar en este proceso:

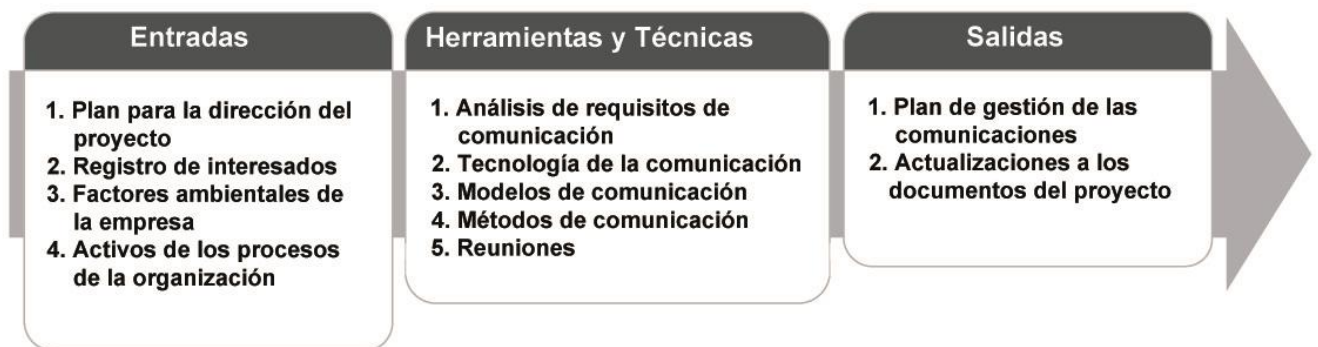


Figura 43: Planificar la Gestión de las Comunicaciones: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan para la Dirección del Proyecto: Descrito en las Salidas del Proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. El plan contiene información sobre la forma en la que se ejecutará, monitoreará, controlará y se cerrará el proyecto.
- 2) Registro de los Interesados: Se describirá con más detalle más adelante en el Área de Conocimiento “Gestión de los Interesados del Proyecto”. Este registro proporciona toda la información para la planificación de la comunicación de los interesados del proyecto.
- 3) Factores Ambientales de la Empresa: Explicados y desarrollados en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. El proceso de planificar la gestión de las comunicaciones está vinculado a los factores ambientales, porque la estructura de la organización tendrá un efecto importante sobre los requerimientos de comunicaciones del proyecto.

- 4) **Activos de los Procesos de la Organización:** Descritos en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” en el Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Estos activos se emplean como entradas de este proceso. Cabe destacar de los activos las lecciones aprendidas y la información histórica, ya que tienen una gran relevancia puesto que muestran conocimiento tanto en decisiones tomadas en temas de comunicación como en resultados de dichas decisiones en el marco de proyectos semejantes.

Herramientas y Técnicas:

- 1) **Análisis de Requisitos de Comunicación:** Establece las necesidades de información de los interesados del proyecto. Estos requisitos se describen combinando el tipo y el formato de la información necesaria con un análisis del valor de dicha información. El director de proyecto además tiene que considerar la cantidad de canales de comunicación potenciales como un indicador de la complejidad de las comunicaciones del proyecto. Las fuentes de información que suelen utilizarse habitualmente para identificar y describir los requisitos de comunicación son: Organigramas; relaciones de responsabilidad de la organización del proyecto y de los interesados; disciplinas, departamentos y especialidades metidas en el proyecto; logística de número de personas que se involucrarán en el proyecto; necesidades de información interna y externa; y requisitos de información y comunicación de los interesados.
- 2) **Tecnología de la Comunicación:** Los métodos para transmitir información entre los interesados del proyecto puede cambiar de manera considerable. Los factores que pueden afectar en la elección de la tecnología de la comunicación son:
 - La urgencia de necesidad de información.
 - La disponibilidad de la tecnología.
 - Facilidad de uso.
 - Entorno del proyecto.
 - Sensibilidad y confidencialidad de la información.
- 3) **Modelos de Comunicación:** Se usan para facilitar las comunicaciones y el intercambio de información, pudiendo cambiar de un proyecto a otro y además entre las distintas etapas dentro de un proyecto. La secuencia básica de un modelo de comunicación es la mostrada a continuación:
 - **Codificar:** Los pensamientos o ideas se traducen en lenguaje por parte del emisor.
 - **Transmitir el Mensaje:** Esta información es enviado después por la emisora mediante un canal de comunicación. La transmisión del mensaje puede verse interrumpida por varios factores como la distancia, la falta de conocimientos con la tecnología, diferencia cultural, entre otros. Al conjunto de estos factores se les llama “ruido”.
 - **Descodificar:** El mensaje es traducido nuevamente por el receptor en pensamientos o ideas.
 - **Confirmar:** Una vez el receptor haya recibido el mensaje, él puede indicar la recepción del mismo.
 - **Retroalimentación/Respuesta:** Una vez se haya descodificado el mensaje, el receptor codifica pensamientos e ideas de un nuevo mensaje.
- 4) **Métodos de Comunicación:** Hay varios métodos de comunicación, que se utilizan para la distribuir información entre los interesados del proyecto. Estos métodos son:

- Comunicación interactiva: Entre dos o más partes que hacen un intercambio de información de tipo multidireccional. Incluye reuniones, llamadas telefónicas, mensajería, etc.
 - Comunicación de tipo push (empujar): Enviada a receptores concretos que necesitan recibir información. Este tipo de comunicación contiene cartas, memorandos, informes, correos electrónicos, faxes, correos de voz, blogs, etc.
 - Comunicación de tipo pull (tirar): Se usa para grandes cantidades de información o para audiencias grandes, y se necesita que los receptores accedan al contenido de la comunicación según su criterio. Incluye sitios de internet, aprendizaje virtual, bases de datos de lecciones aprendidas, repositorios de conocimiento, etc.
- 5) Reuniones: Ya definidas dentro de las Herramientas y Técnicas del Proceso de “Dirigir y Gestionar la Ejecución/Trabajo del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. El proceso de planificar la gestión de las comunicaciones necesita del debate y diálogo con el equipo de proyecto con el objetivo de establecer la forma más correcta de actualizar y comunicar la información del proyecto, y de responder a las solicitudes de dicha información por parte de los interesados. Estos debates y diálogos se determinan mediante reuniones, que se hacen de forma presencial o en línea desde distintas ubicaciones.

Salidas:

- 1) Plan de Gestión de las Comunicaciones: Es un componente del plan para la dirección del proyecto y define la manera en que se planificarán, estructurarán, monitorearán y controlarán las comunicaciones del proyecto. El plan contiene lo siguiente:
- Requisitos de comunicación de los interesados.
 - Información que tiene que ser comunicada, incluyendo el idioma, formato, contenido y nivel de detalle.
 - Motivo de la distribución de dicha información.
 - Plazo de frecuencia para la distribución de información necesaria y para la recepción de la confirmación.
 - Persona responsable de comunicar la información.
 - Persona responsable de autorizar la propagación de información confidencial.
 - Persona o grupos que recibirán información.
 - Métodos empleados para la transmisión de la información, como memorandos, correos electrónicos y/o comunicados de prensa.
 - Recursos asignados para las actividades de comunicación, incluyendo tiempo y presupuesto.
 - Proceso de escalamiento, con identificación de los plazos y la cadena de mando (nombres) para el escalamiento de aquellos incidentes que no puedan obtener solución en un nivel más bajo.
 - Método para actualizar y refinar el plan de gestión de las comunicaciones conforme el proyecto avanza.
 - Glosario de la terminología común.
 - Diagramas de flujo de la información que discurre dentro del proyecto, los flujos de trabajo con la posible secuencia de autorizaciones, la lista de informes, etc.
 - Restricciones de comunicación, derivadas normalmente de una legislación o normativa concreta.

- 2) Actualizaciones a los Documentos del Proyecto: Los documentos a actualizar son el cronograma del proyecto y el registro de los interesados.

2. Gestionar las Comunicaciones: Proceso de elaborar, recopilar, distribuir, almacenar, recuperar y realizar la disposición final de información del proyecto conforme al plan de gestión de las comunicaciones. El beneficio de este proceso es el de conseguir un flujo de comunicaciones eficaz y válido entre los interesados del proyecto. A continuación se muestra más detalladamente las entradas, herramientas y salidas del proceso:

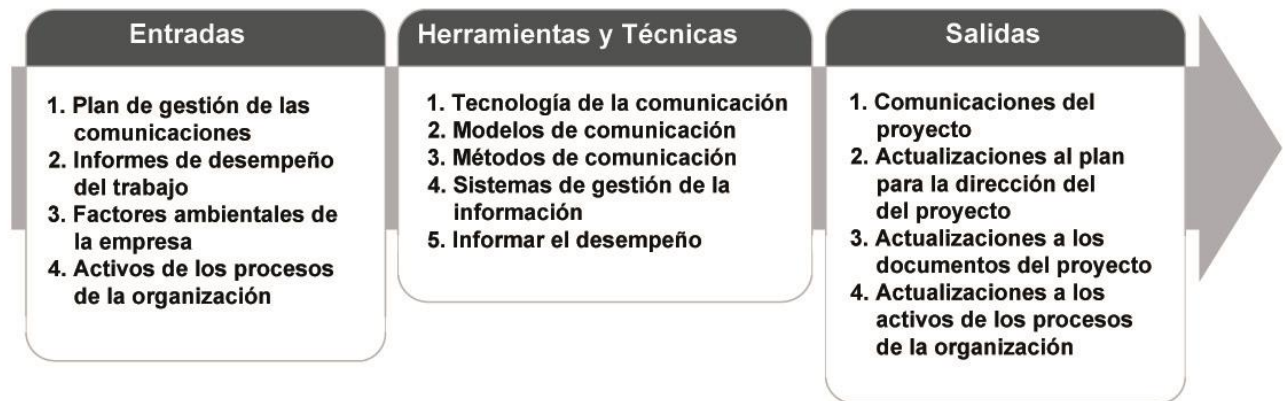


Figura 44: Gestionar las Comunicaciones: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan de Gestión de las Comunicaciones: Descrito en las Salidas del Proceso anterior “Planificar la Gestión de las Comunicaciones”. Este plan define la manera en que se planificarán, estructurarán, monitorearán y controlarán las comunicaciones del proyecto.
- 2) Informes de Desempeño del Trabajo: Definido en las Salidas del Proceso “Supervisar y Controlar el Trabajo del Proyecto” dentro de Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Estos informes son un compendio de información sobre el desempeño y el estado del proyecto que puede emplearse para facilitar la discusión y elaborar comunicaciones.
- 3) Factores Ambientales de la Empresa: Explicados en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los factores que influyen en este proceso son la cultura y la estructura de la organización, los estándares y las normativas gubernamentales y el sistema de información para la dirección de proyecto.
- 4) Activos de los Procesos de la Organización: Ya desarrollados en las Entradas del Proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” en el Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los activos influyentes en este proceso de gestionar las comunicaciones son las políticas, métodos, procesos y guías relacionados con la gestión de las comunicaciones, las plantillas, la información histórica y las lecciones aprendidas.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Tecnología de la Comunicación: Descrito en el Proceso anterior “Planificar la Gestión de las Comunicaciones”. Ya que la selección de la comunicación puede cambiar de un proyecto a otro, y además durante la vida del proyecto, el foco se centra en asegurar que la elección sea la correcta para la información que se está comunicando.
- 2) Modelos de Comunicación: Explicados dentro del proceso “Planificar la Gestión de las Comunicaciones”. Ya que todos los elementos de la comunicación colaboran para conseguir un proceso de comunicación eficaz y eficiente, el foco se centra en asegurar que el modelo de comunicación escogido sea el correcto para el proyecto que se esté llevando y que se establezcan y gestionen las barreras (ruido).
- 3) Métodos de Comunicación: Mencionados y desarrollados en el Proceso anterior “Planificar la Gestión de las Comunicaciones”. Ya que pueden aparecer muchas barreras y desafíos potenciales en este proceso, el foco se centra en asegurar que la información que se haya creado y distribuido haya sido recibida y comprendida para permitir la respuesta y la retroalimentación.
- 4) Sistemas de Gestión de Información: La información del proyecto se gestiona y se reparte a través de distintas herramientas:
 - Gestión de documentos impresos: Cartas, memorandos, informes y comunicados de prensa.
 - Gestión de comunicaciones electrónicas: Correo electrónico, correo de voz, teléfono, videoconferencias, sitios y publicaciones web
 - Herramientas electrónicas para la dirección de proyectos: Interfaces web con software de programación y de gestión de proyectos, software de soporte para reuniones y oficinas virtuales, portales y herramientas de gestión del trabajo colaborativo.
- 5) Informar el Desempeño: Consiste en la recopilación y la distribución de información de desempeño, incluyendo informes de estado, mediciones de avance y predicciones. Implica seleccionar y analizar de forma periódica datos reales y compararlos con la línea de base con el objetivo de entender y comunicar el avance y el desempeño del proyecto, así como predecir los resultados del mismo. Los formatos pueden variar desde sencillo hasta más elaborado. El informe simple conlleva información como el porcentaje completado o los indicadores de estado para cada área (alcance, cronograma, costes, calidad). El informe con más contenido contiene: Análisis de desempeño pasado y de las proyecciones del proyecto (incluyendo tiempo y costes), estado actual de riesgos, trabajo terminado durante el período y el que habrá que completar en el siguiente, resumen de cambios aprobados durante el período y otra información relevante.

Salidas:

- 1) Comunicación del Proyecto: Las comunicaciones del proyecto contienen informes de desempeño, estado de entregables, avance del cronograma y costes cometidos. Además pueden variar de manera importante y son influenciadas por factores como la urgencia y el impacto del mensaje, su forma de entrega y el nivel de confidencialidad.
- 2) Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto: El plan contiene información sobre las líneas base del proyecto, la gestión de las comunicaciones y la de los interesados. Cada una de estas áreas puede necesitar de actualizaciones sobre la base del desempeño actual del proyecto frente a la línea base para la medición del desempeño (PMB), el cual es un plan aprobado del trabajo del proyecto, integrando parámetros relacionados con el alcance, cronograma, costes del proyecto y calidad.
- 3) Actualizaciones a los Documentos del Proyecto: Los posibles documentos a actualizar dentro de este proceso son el registro de incidentes, el cronograma del proyecto y los requerimientos del proyecto.

- 4) Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización: Los activos a actualizar son:
- Notificaciones a los interesados sobre incidentes resueltos, cambios aprobados y estado general del proyecto.
 - Informes del proyecto que definen el estado del proyecto
 - Presentaciones del proyecto. El equipo de proyecto muestra información de forma formal e informal a todos los interesados del proyecto.
 - Registros del proyecto, que pueden contener correspondencia, memorandos, actas de reuniones y otros documentos que describan el proyecto.
 - Retroalimentación de los interesados. La información relacionada con las operaciones del proyecto que llega de los interesados se reparte y se utiliza para cambiar o mejorar el desempeño futuro del proyecto.
 - Documentación de las lecciones aprendidas, que contiene las causas de las incidencias, el razonamiento subyacente a la acción correctiva elegida y otros tipos de lecciones aprendidas.

3. **Controlar las Comunicaciones:** Proceso en cual se monitorea y controlan las comunicaciones durante el ciclo de vida del proyecto para asegurar que haya una satisfacción de las necesidades de información de los interesados del proyecto. Uno de las ventajas es el aseguramiento de un flujo óptimo de información entre los participantes de comunicación. En la figura siguiente se muestra las entradas, salidas y herramientas del proceso:

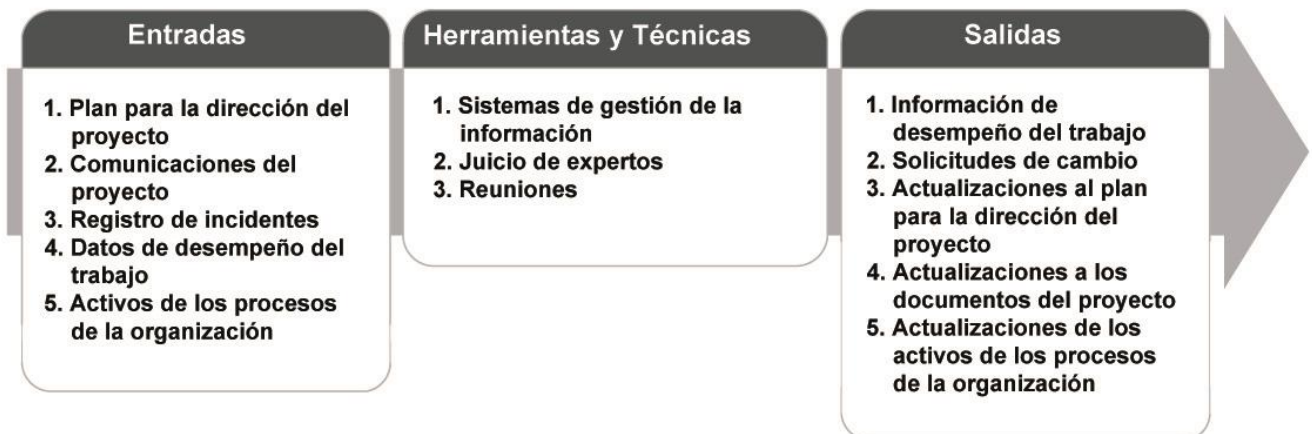


Figura 45: Controlar las Comunicaciones: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan de para la Dirección del Proyecto: Descrito en las Salidas del Proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. El plan contiene información sobre este proceso: requisitos de comunicación de los interesados, motivo de la distribución de la información, plazo y frecuencia de la distribución de información necesaria e individuo o grupo que reciba información
- 2) Comunicaciones del Proyecto: Definido y explicado en las Salidas del Proceso anterior “Gestionar las Comunicaciones”. Las comunicaciones del proyecto derivan de gran cantidad de fuentes y pueden cambiar de manera considerada en lo relativo a su formato, nivel de detalle, grado de

formalidad y confidencialidad. Las comunicaciones del proyecto pueden contener el estado de los entregables, el avance del cronograma y los costes cometidos.

- 3) Registro de Incidentes: Explicado y desarrollado más adelante en el Área de Conocimiento “Gestión de los Interesados del Proyecto”. Se emplea para documentar y monitorear la resolución de incidentes. Se puede que emplear para ayudar a la comunicación y asegurar una mayor comprensión conjunta de las incidencias. Un registro escrito informa a monitorea quien será el responsable de la resolución de los incidentes concretos antes de la fecha final. En la resolución de los incidentes se afrontan los obstáculos que puedan impedir que el equipo logre sus metas.
- 4) Datos de Desempeño del Trabajo: Descrito en las Salidas del Proceso “Dirigir y Gestionar la ejecución/trabajo del Proyecto en el Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Pueden contener detalles sobre las comunicaciones que se ha repartido de manera real, realimentación sobre las comunicaciones, resultados de encuestas de eficacia de la comunicación u otras observaciones que se hayan identificado.
- 5) Activos de los Procesos de la Organización: Explicado en las Entradas del Proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” en el Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los activos influyentes en este proceso son: Las plantillas de informes, las políticas, estándares y procedimientos que describan las comunicaciones, las tecnologías de comunicación, los medios de comunicación aceptados, las políticas de conservación de registros y los requisitos de seguridad.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Sistema de Gestión de la Información: Contiene un conjunto de herramientas estándar para que el director de proyectos capture, acumule, y reparta a los interesados la información relacionada con los costes, el avance del cronograma y el desempeño del proyecto. Existen algunos paquetes de software que aceptan que el director de proyecto consolide informes que vienen de varios sistemas y ayudan a distribuir informes a los interesados del proyecto.
- 2) Juicio de Expertos: El equipo de proyectos puede recurrir a esta herramienta para la evaluación del impacto de las comunicaciones del proyecto, la necesidad de intervención, las acciones que se tendrían que acometer, la responsabilidad de emprender dichas acciones y el plazo para ejecutarlas. El juicio de expertos puede ser proporcionado por un grupo o individuo con capacitación o conocimientos específicos, como: Otras Unidades dentro de la organización, consultores, interesados, tanto clientes como patrocinadores, asociaciones de profesionales, grupos de industriales, expertos en materia y oficina de dirección de proyectos.
- 3) Reuniones: En este proceso es necesario el debate y diálogo, mediante reuniones que pueden ser presenciales o en línea desde distintos sitios con el equipo de proyecto, para establecer la forma más correcta de actualizar y comunicar el desempeño del proyecto, y de responder a las solicitudes de información de los interesados.

Salidas:

- 1) Información de Desempeño del Trabajo: Definido y desarrollado en las Entradas del Proceso “Supervisar y Controlar el Trabajo del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Esta información organiza y resume los datos de desempeño que se han seleccionado, los cuales contienen información sobre el estado y el avance del proyecto con el nivel de detalle necesario por los distintos interesados

- 2) Solicitudes de Cambio: Este proceso de controlar la comunicaciones puede llevar a la necesidad de ajuste, acción y de intervención. Como resultado de ello, se crean solicitudes de cambio como salidas, las cuales se procesan mediante el proceso de “Realizar el Control Integrado de Cambios” del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”, y puede dar lugar a: Estimaciones de costes nuevas o revisadas, secuencias de actividades, fechas programadas, necesidades de recursos, ajuste al plan para la dirección del proyecto y otros documentos, recomendaciones de acciones correctivas que puedan ajustar el desempeño del proyecto alineándolo con el plan para la dirección del proyecto y recomendaciones que puedan bajar la probabilidad de incurrir en un desempeño negativo futuro.
- 3) Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto: Este proceso puede llevar a actualizaciones del plan de gestión de las comunicaciones y también de otras partes del plan para la dirección del proyecto.
- 4) Actualizaciones a los Documentos del Proyecto: Los documentos posibles a actualizar en este proceso son los pronósticos, los informes de desempeño y el registro de incidentes.
- 5) Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización: Los activos susceptibles de actualizarse serían los formatos de informe y la documentación de las lecciones aprendidas.

2.2.6.8. Gestión de riesgos del proyecto

Según Project Management Institute (2013), esta Área de Conocimiento contiene todos los procesos para poder realizar la planificación de la gestión de los riesgos, la identificación, análisis, planificación de repuesta y control de los riesgos de un proyecto. Los objetivos son los de conseguir una mayor probabilidad e impacto en acontecimientos positivos, disminuir la probabilidad y el impacto de los acontecimientos negativos en el proyecto. Se muestra el listado de los procesos de esta Área de Conocimiento, explicados con más detalle (Project Management Institute, 2013):

1. **Planificar la Gestión de los Riesgos:** Consiste en de qué manera hay que realizar las actividades de gestión de los riesgos de un proyecto. La ventaja de este proceso es que se asegura que el nivel, el tipo y la visibilidad de la gestión de los riesgos son acordes a los riesgos con la importancia del proyecto para la organización. A continuación se muestra el listado de las entradas, salidas y herramientas del proceso:

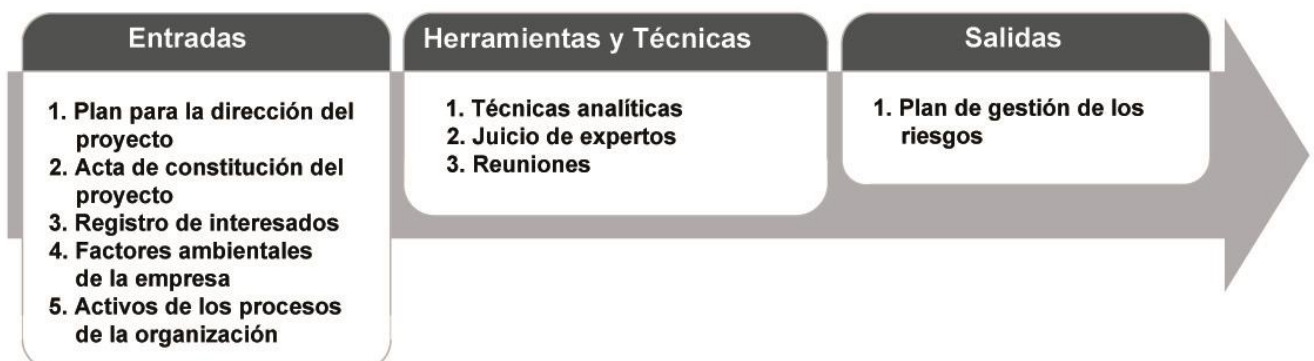


Figura 46: Planificar la Gestión de los Riesgos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan de para la Dirección del Proyecto: Ya definido dentro de las Salidas del Proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. El plan de gestión de riesgos es un componente dentro del plan para la dirección del proyecto, el cual proporciona el estado actual de las áreas afectadas por el riesgo, incluyendo el alcance, el cronograma/planificación y el coste.
- 2) Acta de Constitución del Proyecto: Descrita en Salidas del Proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” en el Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. El acta puede contener varias entradas como los riesgos altos, las descripciones del proyecto y requisitos de alto nivel.
- 3) Registro de los Interesados: Se describirá más adelante en el Área de Conocimiento “Gestión de los Interesados del Proyecto”. Proporcionan los detalles relacionados con los interesados del proyecto, suministrando una visión genérica de sus roles.
- 4) Factores Ambientales de la Empresa: Explicados en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los factores que pueden influir en este proceso son las actitudes frente al riesgo, los umbrales y las tolerancias que definen el nivel de riesgos que llevará la organización.
- 5) Activos de los Procesos de la Organización: Descritos y desarrollados en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los activos que pueden llegar a influir en este proceso son: Las categorías de riesgo, las descripciones comunes de conceptos, los formatos de declaración de riesgos, las plantillas estándar, los roles y sus responsabilidades, los niveles de autoridad para toma de decisiones y las lecciones aprendidas.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Técnicas Analíticas: Su uso consiste en comprender y describir el contexto general de la gestión de riesgos del proyecto, siendo una combinación de las actitudes de los interesados frente al riesgo y la exposición al riesgo estratégico de un proyecto en concreto sobre la base del contexto general del proyecto.
- 2) Juicio de Expertos: Para conseguir afianzar una descripción detallada del plan de gestión de riesgos, es necesario recoger el juicio y la experiencia de grupos o individuos capacitados en el tema, como pueden ser: La dirección general, los interesados del proyecto, los directores del proyecto que han trabajado en la misma área, expertos en materia en relación a los negocios, grupos de industria, asesores, y asociaciones profesionales y técnicas.
- 3) Reuniones: Se hacen reuniones de planificación para elaborar el plan de gestión de riesgos con los equipos de proyecto, participando el director de proyecto, componentes del equipo de proyecto, interesados seleccionados o cualquier otra persona dentro de la organización con responsabilidad de poder llevar la gestión de la planificación y ejecución de actividades relacionadas con los riesgos. En estas reuniones se describen los planes de alto nivel para llevar a cabo las actividades de gestión de riesgos. También se desarrollarán los elementos de coste de la gestión de riesgos y las actividades del cronograma/planificación para colocarlos dentro del presupuesto y en el cronograma de proyecto. Se determinarán las metodologías para la aplicación de las reservas para contingencias en materia de riesgos y se asignarán las responsabilidades de gestión de riesgos. Por último, se adaptarán unas plantillas generales de la organización para las categorías de riesgo y las descripciones de conceptos como los niveles de riesgo, la probabilidad por tipo de riesgo o el impacto por tipo de objetivo y matriz de probabilidad e impacto.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Plan de Gestión de los Riesgos: Forma parte del plan para la dirección del proyecto y define la forma en que se estructurarán y se llevarán a cabo las actividades de gestión de riesgos. Este plan contiene lo siguiente:
 - Metodología: Describe los enfoques, herramientas y fuentes de la información que se empleará para llevar a cabo la gestión de riesgos en el proyecto.
 - Roles y responsabilidades: Describe el líder, el apoyo de los miembros del equipo de gestión de riesgos para cada tipo de actividad del plan de gestión de riesgos y sus responsabilidades.
 - Presupuesto: Estimación sobre la base de recursos asignados, los fondos que son necesarios para su inclusión en la línea base de costes, y determina los protocolos para la aplicación de la reserva para contingencias y reserva de gestión.
 - Calendario: Describe cuándo y con qué frecuencia se realizarán los procesos de gestión de los riesgos durante el ciclo de vida del proyecto, estableciendo protocolos para el uso de las reservas para contingencias del cronograma, determinando las actividades de gestión de riesgos que se tienen que incluir en el cronograma.
 - Categorías de riesgo: Contienen un medio para realizar juntar las causas potenciales de riesgo. Se pueden usar varios enfoques como la estructura consistente en los objetivos del proyecto por categoría. Una estructura de desglose de riesgos (RBS) facilita al equipo de proyecto a tener en consideración la gran cantidad de fuentes que pueden dar lugar a riesgos del proyecto en un ejercicio de identificación de riesgos. Distintas estructuras de RBS resultarán adecuadas para diferentes tipos de proyecto. Una organización puede usar un marco de categorización a medida creado manera previa, el cual puede consistir en una simple liste de categorías o en estructura RBS.
 - Definiciones de la probabilidad e impacto de riesgos: La calidad y la credibilidad del análisis de riesgos necesitan de una definición de los diferentes niveles de probabilidad e impacto de los riesgos concretos para el contexto del proyecto. Las descripciones generales de los niveles de probabilidad e impacto se adaptan a cada proyecto individual durante el proceso “Planifica la Gestión de los Riesgos” para su empleo en procesos subsiguientes. En la tabla siguiente se muestra un ejemplo de descripciones de impactos negativos que se pueden emplear en la evaluación de los impactos de riesgos relacionados con cuatro objetivos del proyecto.

Condiciones Definidas para las Escalas de Impacto de un Riesgo sobre los Principales Objetivos del Proyecto					
Objetivos del Proyecto	Se muestran escalas relativas o numéricas				
	Muy bajo/0,05	Bajo/0,10	Moderado/0,2	Alto/0,4	Muy alto/0,8
Coste	Aumento del coste insignificante	Aumento del coste <10%	Aumento del coste del 10-20%	Aumento del coste del 20-40%	Aumento del coste >40%
Tiempo	Aumento del tiempo insignificante	Aumento del tiempo <5%	Aumento del tiempo	Aumento del tiempo del 10-20%	Aumento del tiempo >20%
Alcance	Disminución del alcance apenas perceptible	Áreas secundarias del alcance afectadas	Áreas principales del alcance aceptadas	Reducción del alcance inaceptable para el patrocinador	El elemento final de del proyecto es efectivamente inservible
Calidad	Degradación de la calidad apenas perceptible	Sólo se ven afectadas las aplicaciones muy exigentes	La reducción de la calidad requiere la aprobación del patrocinador	La calidad inaceptable es para el patrocinador	El elemento final de Reducción del proyecto es efectivamente inservible

Esta tabla muestra ejemplos de definiciones del impacto de los riesgos para cuatro objetivos diferentes del proyecto. Deben adaptarse al proyecto individual y a los umbrales de riesgo de la organización durante el proceso de Planificación de la Gestión de los Riesgos. De forma similar, pueden desarrollarse definiciones del impacto para las oportunidades.

Tabla 6: Definición de Escalas de Impacto para Cuatro Objetivos del Proyecto. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

- Matriz de probabilidad e impacto: Cuadrícula donde se vincula la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo con su impacto sobre los objetivos del proyecto en caso que el riesgo suceda, priorizando los riesgos conforme a sus implicaciones potenciales de tener efecto sobre los objetivos del proyecto. La organización establece normalmente las combinaciones específicas de probabilidad e impacto en el cual se califica el riesgo de importancia alta, moderada o baja.
- Revisión de las tolerancias de los interesados: Según el proyecto, se pueden revisar en el marco del proceso “Planificar la Gestión de Riesgos”.
- Formatos de los informes: Describen de qué manera se documentarán, analizarán y comunicarán los resultados del proceso de gestión de riesgos, describiendo el contenido, formato de registro de riesgos u otro informe de riesgos necesario.
- Seguimiento: Define cómo se registrarán las actividades de gestión de riesgos para el beneficio del proyecto en curso y cómo se auditarán los procesos de gestión de riesgos.

2. Identificar los Riesgos: Proceso de establecer los riesgos que pueden influir al proyecto y documentar sus características. La ventaja de este proceso es la documentación de los riesgos existentes y el conocimiento del equipo de proyecto para anticipar sucesos. A continuación se muestra explicado las entradas, herramientas y salidas de este proceso:

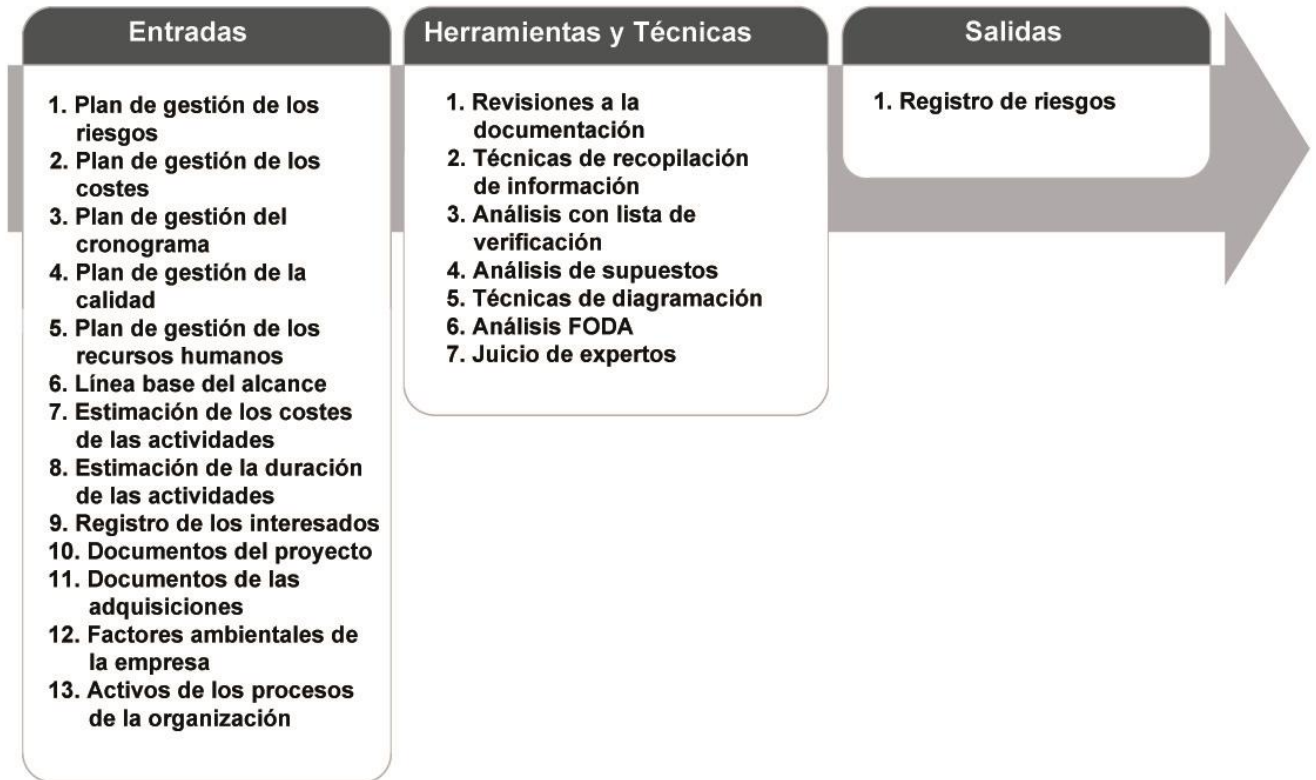


Figura 47: Identificar los Riesgos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan de Gestión de los Riesgos: Ya definido Descrito en la Salidas del Proceso anterior “Planificar la Gestión de los Riesgos”. Los componentes más importantes del plan de gestión de los riesgos que intervienen al proceso de “Identificar los Riesgos”, son las asignaciones de roles y sus responsabilidades, la provisión para las actividades de gestión en el presupuesto y cronograma, y las categorías de riesgo.
- 2) Plan de Gestión de los Costes: Explicado y desarrollado en las Salidas del Proceso “Planificar la Gestión de los Costes” en el Área de Conocimiento “Gestión de los Costes del Proyecto”. Este plan contiene los procesos y controles que pueden usarse para facilitar la identificación de riesgos durante el proyecto.
- 3) Plan de Gestión del Cronograma: Definido en las Salidas del Proceso “Planificar la Gestión del Cronograma” dentro del Área de Conocimiento “Gestión del Tiempo del Proyecto”. Contiene información sobre los objetivos y metas relacionados con el tiempo y el cronograma del proyecto, que pueden verse afectados por riesgos.
- 4) Plan de Gestión de la Calidad: Descrito en las Salidas del Proceso “Planificar la Gestión de la Calidad” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Calidad del Proyecto”. Proporciona una línea base de medidas y métricas de calidad aplicados a la identificación de riesgos.
- 5) Plan de Gestión de los Recursos Humanos: Ya desarrollado en las Salidas del Proceso “Planificar la Gestión de los Recursos Humanos” del Área de Conocimiento “Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto”. Este plan contiene una guía sobre la forma en que se debe describir, adquirir, gestionar y liberar los recursos del proyecto. Además también proporciona los roles y sus responsabilidades, organigramas del proyecto y plan para la gestión del personal.

- 6) Línea Base del Alcance: Descrito en las Salidas del Proceso “Crear la EDT/WBS” dentro del Área de Conocimiento “Gestión del Alcance del Proyecto”. Los supuestos del proyecto están en el enunciado del alcance del proyecto. La incertidumbre de estos supuestos debe evaluarse como causas importantes de riesgo. La EDT/WBS es una entrada crítica para la identificación de riesgos, ya que ayuda a comprender los riesgos potenciales.
- 7) Estimación de Costes de las Actividades: Definido en las Salidas del Proceso “Estimas los Costes” en el Área de Conocimiento “Gestión de los Costes del Proyecto”. Las revisiones de las estimaciones de costes de las actividades son beneficiosas para la identificación de riesgos, ya que contienen la evaluación cuantitativa del coste probable para completar las actividades del cronograma, expresándose como un rango cuya amplitud indica grado o grados de riesgo.
- 8) Estimación de la Duración de las Actividades: Explicado en las Salidas del Proceso “Estimar la Duración de las Actividades” dentro del Área de Conocimiento “Gestión del Tiempo del Proyecto”. Las revisiones de las estimaciones de duración de las actividades son beneficiosas para la identificación de riesgos relacionados con los tiempos que se han asignado para la realización de las actividades o del proyecto. La amplitud del rango de estas estimaciones indica además el grado o los grados relativos de riesgo.
- 9) Registro de los Interesados: Descrito más adelante en el Área de Conocimiento “Gestión de los Interesados del Proyecto”. La documentación de los interesados es útil para solicitar entradas para identificar los riesgos, ya que asegurará que los interesados clave (patrocinador y cliente), sean entrevistados de otra forma durante el proceso de identificación de riesgos.
- 10) Documentos del Proyecto: Estos documentos proporcionan al equipo de proyecto información sobre decisiones que facilitan la identificación de riesgos en el proyecto. Los documentos incluyen: Acta de constitución del proyecto, cronograma, diagramas de red del cronograma, registro de incidentes, lista de verificación de calidad y otra información que resulte importante.
- 11) Documentos de la Adquisición: Definido en la siguiente el Área de Conocimiento “Gestión de las Adquisiciones del Proyecto. En el caso de que el proyecto necesite la adquisición externa de recursos, los documentos de las adquisiciones se convierten en una entrada importante en el proceso “Identificar los Riesgos”.
- 12) Factores Ambientales de la Empresa: Ya descritos en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los factores influyentes en este proceso son: Información publicada, investigaciones académicas, listas de verificación publicadas, estudios comparativos, estudios industriales y actitudes frente al riesgo.
- 13) Activos de los Procesos de la Organización: Descripción detallada en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” del Área de Conocimiento de “Gestión de Integración del Proyecto”. Los activos que influyen en este proceso son: Los archivos del proyecto, los controles de los procesos de la organización y del proyecto, los formatos de declaración de riesgos y las lecciones aprendidas.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Revisiones a la Documentación: Pueden hacerse revisiones estructuradas de la documentación del proyecto, incluyendo planes, supuestos, archivos de proyectos anteriores, acuerdos y otra información.
- 2) Técnicas de Recopilación de Información: A continuación se muestran las técnicas empleadas para identificar los riesgos:
 - Tormenta de ideas: Consiste en realizar una lista de todos los riesgos del proyecto. Generalmente, el equipo de proyecto realiza la tormenta de ideas con un grupo multidisciplinario de expertos que forman parte del equipo. Bajo las órdenes del

facilitador, se crean ideas relacionadas con los riesgos del proyecto. Como marco de referencia pueden emplearse categorías de riesgo, como en una estructura de desglose de riesgos, para que más adelante se identifiquen y se categoricen los riesgos según su tipo.

- Técnica Delphi: Linstone y Turoff (1975) idearon esta técnica con el objetivo de conseguir un consenso de opinión fiable de un grupo de expertos, sometiéndolos a cuestionarios con el objetivo de controlar la opinión a través de la retroalimentación. La técnica Delphi puede emplearse para obtener la opinión anónima de expertos acerca de los riesgos del proyecto, proporcionándoles información previa y consiguiendo la forma de distribución de sus opiniones y razones, cuya reconsideración posterior confluirá en un razonamiento colectivo y consensuado (Bustos, 2015).
 - Entrevistas: Se realizarán entrevistas a los participantes especializados del proyecto, interesados y a los expertos en la materia, que ayudarán a la identificación de riesgos.
 - Análisis de causa raíz: Técnica para la identificación de un problema, la determinación de causas subyacentes que lo generan y el desarrollo de acciones preventivas
- 3) Análisis con Lista de Verificación: Las listas de verificación para identificar los riesgos se elaboran sobre la base de información histórica y del conocimiento a partir de proyectos anteriores semejantes y de otras fuentes de información. También puede usarse como lista de verificación de riesgos el nivel más bajo de la RBS. Además el equipo tiene que explorar los elementos que no estén en la lista de verificación. Por último, se debe renovar las listas de verificación a veces para eliminar o archivar elementos relacionados.
- 4) Análisis de Supuestos: Cada proyecto y su plan se elaboran sobre la base de un conjunto de hipótesis, escenarios o supuestos. El análisis de supuestos investiga sobre la validez de los supuestos, e identifica los riesgos del proyecto relacionados con el carácter inexacto, inestable o inconsistente de los supuestos.
- 5) Técnicas de Diagramación: Estas técnicas incluyen:
- Diagramas causa-efecto: Conocidos como diagramas de Ishiwaka, ya explicados anteriormente, son útiles para identificar las causas de los riesgos.
 - Diagrama de flujo de procesos o de sistemas: Proporcionan la relación de los distintos elementos de un sistema, y de mecanismos de causalidad.
 - Diagramas de influencias: Es la representación gráfica de situaciones que muestran las influencias causales, la cronología de eventos y otras relaciones entre variables y resultados.
- 6) Análisis FODA: Técnica que investiga el proyecto desde cada uno de los aspectos FODA, que son las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, para conseguir aumentar el espectro de riesgos identificados, incluyendo los riesgos internos. Primeramente se identifican las fortalezas y debilidades de la organización, para posteriormente identificar cualquier oportunidad para el proyecto con origen en las fortalezas de la organización y cualquier amenaza con origen en las debilidades de la organización.
- 7) Juicio de Expertos: Los expertos pueden identificar los riesgos de manera directa ya que tienen conocimiento de ello. El director de proyecto deberá identificar dichos expertos e invitarlos a examinar todos los aspectos del proyecto.

Salidas:

- 1) Registro de Riesgos: Es un documento en el que se registran los resultados del análisis de riesgos y de la planificación de la respuesta de riesgos, conteniendo resultados del resto de procesos de gestión de riesgos conforme se llevan a cabo, lo que origina un aumento en el nivel y el tipo de información almacenada en el registro de riesgos a medida que pasa el tiempo. El registro de riesgos se inicia con el proceso de “Identificar los Riesgos” con la información siguiente:
 - Lista de riesgos identificados: Se puede usar una estructura para definir los riesgos a través de enunciados de riesgo. A parte de la lista de riesgos, la causa raíz de estos riesgos puede aparecer de forma evidente. Consiste en condiciones que pueden provocar uno o más riesgos identificados.
 - Lista de respuestas potenciales: A veces se pueden señalar las respuestas potenciales a un riesgo durante el proceso de “Identificar los Riesgos”. Estas respuestas se pueden usar como Entradas en el Proceso “Planifica la Respuesta a los Riesgos”.

3. Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos: Proceso que consiste en priorizar los riesgos para un análisis posterior, evaluando y componiendo la probabilidad de ocurrencia e impacto de los riesgos. La ventaja que tiene es la de conseguir que los directores de proyecto disminuyan el nivel de incertidumbre y se concentren en los riesgos primordiales. En la figura siguiente se muestra el listado de las entradas, salidas y herramientas del proceso:

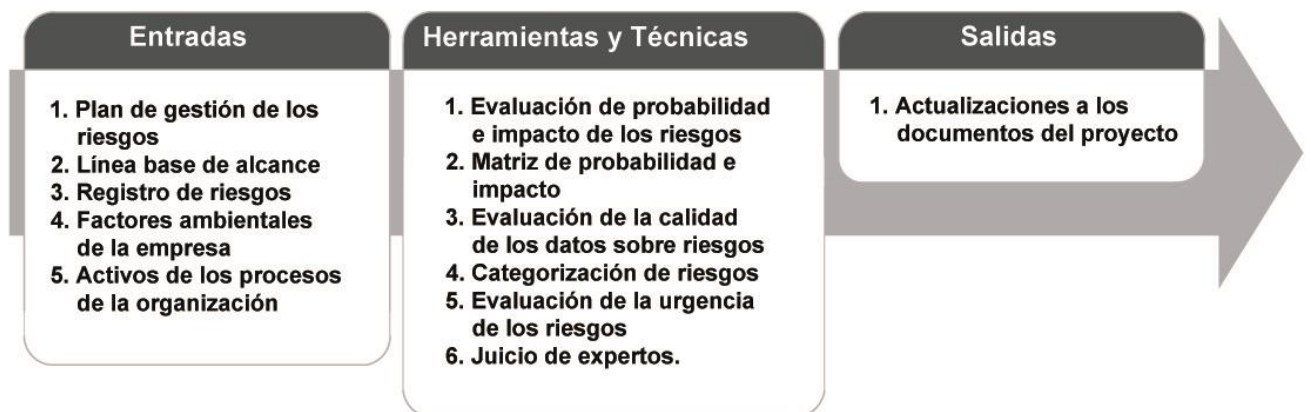


Figura 48: Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salida. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan de Gestión de los Riesgos: Definido en la Salidas del Proceso anterior “Planificar la Gestión de los Riesgos”. Los elementos más relevantes de este plan que se emplean en este proceso de “Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos”, contienen los roles y sus responsabilidades para realizar la gestión de riesgos, los presupuestos, las actividades del cronograma relacionadas con la gestión de riesgos, además de las categorías de riesgo, las descripciones de probabilidad e impacto, la matriz de probabilidad e impacto y las tolerancias al riesgo de los interesados revisadas.
- 2) Línea Base del Alcance: Descrita en las Salidas del Proceso “Crear la EDT/WBS” dentro del Área de Conocimiento “Gestión del Alcance del Proyecto”. Los proyectos comunes tienen tendencia a que sus riesgos se comprendan mejor. Sin embargo, proyectos más actuales o complejos,

tienden a mayor incertidumbre. Por ello se puede evaluar a través del análisis de la línea base del alcance.

- 3) Registro de Riesgos: Desarrollado en las Salidas del Proceso anterior “Identificar los Riesgos”. Proporciona información que se empleará más adelante para evaluar y priorizar los riesgos.
- 4) Factores Ambientales de la Empresa: Explicados en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los factores ambientales de la empresa pueden ofrecer conocimiento y contexto para la evaluación de riesgos como los estudios de la industria sobre proyectos parecidos elaborados por especialistas de riesgos, y bases de datos de riesgos que pueden conseguirse mediante fuentes industriales.
- 5) Activos de los Procesos de la Organización: Descritos en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” del Área de Conocimiento de “Gestión de Integración del Proyecto”. Los activos que pueden influir en este proceso son la información proveniente de proyectos semejantes anteriores terminados.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Evaluación de Probabilidad e Impacto de los Riesgos: Estudia la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo concreto, y el efecto potencial de los mismos sobre un propósito del proyecto, como puede ser el cronograma, el coste, la calidad o el desempeño, incluyendo tanto los efectos negativos como los positivos. De cada uno de los riesgos que se han identificado, se evalúa la probabilidad y el impacto, evaluándose mediante entrevistas o reuniones con participantes como el equipo de proyecto y los expertos.
- 2) Matriz de Probabilidad e Impacto: Los riesgos se pueden priorizar mediante un análisis cuantitativo posterior y la a planificación de respuestas basadas en su calificación. Las calificaciones se asignan a los riesgos conforme a la probabilidad y al impacto, anteriormente evaluados. La evaluación de la importancia de cada riesgo y de su prioridad de atención se realiza empleando una tabla de búsqueda o una matriz de probabilidad e impacto, la cual establece las combinaciones de probabilidades e impacto que determinan la calificación de riesgos con una prioridad baja, alta o moderada. De manera general, la organización describe las reglas de calificación de los riesgos antes de comenzar el proyecto y se incluyen entre los activos de los procesos de la organización. A continuación se muestra una matriz de probabilidad e impacto:

Matriz de Probabilidades e Impacto										
Probabilidad	Amenazas					Oportunidades				
0,90	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	0,72	0,36	0,18	0,09	0,05
0,70	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56	0,56	0,28	0,14	0,07	0,04
0,50	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03
0,30	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24	0,24	0,12	0,06	0,03	0,02
0,10	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01

Impacto (escala numérica) sobre un objetivo (p.ej., costo, tiempo, alcance o calidad).
 Cada riesgo es calificado de acuerdo con su probabilidad de ocurrencia y el impacto sobre un objetivo en caso de que ocurra. Los umbrales de la organización para riesgos bajos, moderados o altos se muestran en la matriz y determinan si el riesgo es calificado como alto, moderado o bajo para ese objetivo.

Tabla 7: Matriz de Probabilidad e Impacto. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

- 3) Evaluación de la Calidad de los Datos sobre Riesgos: Técnica que se utiliza para la evaluación del grado de utilidad de los datos sobre riesgos realizar la gestión de los mismos. Además, implica examinar el grado de entendimiento del riesgo y la exactitud, calidad, fiabilidad e integridad de los datos que tienen relación con el riesgo.
- 4) Categorización de Riesgos: Los riesgos se categorizan por fuentes de riesgo (ejemplo RBS), por área del proyecto afectada (ejemplo EDT/WBS), o por categorías útiles como puede ser la fase del proyecto, con el objetivo de establecer qué áreas del proyecto se encuentran más expuestas a los efectos de la incertidumbre. Además, los riesgos pueden categorizarse por causas de raíces comunes.
- 5) Evaluación de la Urgencia de los Riesgos: Los riesgos que necesitan de una respuesta a corto plazo, tendrán que considerarlos de atención más urgente. Los indicadores de probabilidad pueden incluir la probabilidad de detectar el riesgo, el tiempo para otorgar una respuesta a los riesgos, los síntomas y las señales de advertencia, y la calificación de riesgo.
- 6) Juicio de Expertos: Imprescindible para evaluar la probabilidad y el impacto de cada riesgo, y para establecer su ubicación dentro de la matriz de probabilidad e impacto. Conseguir el juicio de expertos se logra a través de talleres de facilitación o entrevistas.

Salidas:

- 1) Actualizaciones a los Documentos del Proyecto: Los documentos que pueden actualizarse son:
 - Actualizaciones al registro de riesgos: Conforme se tiene más información nueva mediante la evaluación cualitativa de riesgos, se va procediendo a la actualización del registro de riesgos. Estas Las actualizaciones pueden contener evaluaciones de probabilidad e impacto para cada riesgo, clasificación y calificación de riesgos, información de la urgencia o categorización de los riesgos, y una lista de observación para los riesgos de baja probabilidad.
 - Actualizaciones al registro de supuestos: Conforme se dispone de mayor información mediante la evaluación cualitativa de riesgos, los supuestos pueden ir cambiando. Los supuestos pueden estar en el enunciado del alcance del proyecto o en un registro de supuestos independiente.

4. **Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos:** Proceso mediante el cual se analizan de forma numérica el efecto de los riesgos que se han identificado sobre los objetivos del proyecto. El beneficio que tiene es el de generar información cuantitativa sobre los riesgos para apoyar la toma de decisiones con el objetivo de disminuir la incertidumbre del proyecto. En la figura 49 se muestra las entradas, salidas y herramientas de este proceso:



Figura 49: Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan de Gestión de los Riesgos: Descrito en las Salidas del Proceso anterior “Planificar la Gestión de los Riesgos”. Este plan contiene guías, métodos y herramientas para su uso en el análisis cuantitativo de riesgos.
- 2) Plan de Gestión de los Costes: Explicado en las Salidas del Proceso “Planificar la Gestión de los Costes” en el Área de Conocimiento “Gestión de los Costes del Proyecto”. Proporciona guías para el establecimiento y la gestión de las reservas de riesgos.
- 3) Plan de Gestión del Cronograma: Definido en las Salidas del Proceso “Planificar la Gestión del Cronograma” dentro del Área de Conocimiento “Gestión del Tiempo del Proyecto”. Contiene guías para el establecimiento y la gestión de las reservas de riesgos.
- 4) Registro de Riesgos: Ya explicado en las Salidas del Proceso anterior “Identificar los Riesgos”. Este registro se emplea como punto de referencia para realizar el análisis cuantitativo de riesgos.
- 5) Factores Ambientales de la Empresa: Descritos en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los factores que pueden proporcionar conocimiento al análisis de riesgos son: Los estudios de la industria sobre proyectos parecidos hechos por especialistas en riesgos, y las bases de datos de riesgos que pueden conseguirse de fuentes industriales.
- 6) Activos de los Procesos de la Organización: Explicados en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” del Área de Conocimiento de “Gestión de Integración del Proyecto”. Los activos influyentes en este proceso son la información de proyectos previos semejantes terminados.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Técnicas de Recopilación y Representación de Datos: A continuación se muestra las técnicas utilizadas:

- **Entrevistas:** Se fundamentan en la experiencia y en los datos históricos para cuantificar la probabilidad y el impacto de los riesgos sobre los objetivos del proyecto. La información que se necesita depende del tipo de distribuciones de probabilidad que se vayan a usar. A modo de ejemplo, para algunas distribuciones mayormente utilizadas, la información podría recopilarse agrupándola en escenarios optimistas (bajo), pesimistas (alto) y más probables. La documentación de los rangos de riesgo y de los supuestos subyacentes son partes importantes de la entrevista sobre riesgos. En la tabla siguiente se muestra un rango de estimaciones de costes de proyecto.

Rango de Estimaciones del Proyecto			
Elemento de la EDT/WBS	Baja	Más Probable	Alta
Diseñar	US\$ 4M	US\$ 6M	US\$ 10M
Construir	US\$ 16M	US\$ 20M	US\$ 35M
Probar	US\$ 11M	US\$ 15M	US\$ 23M
Proyecto Total	US\$ 31M	US\$ 41M	US\$ 68M

Entrevistar a los interesados relevantes ayuda a determinar las estimaciones por tres valores para cada elemento de la EDT/WBS para distribuciones triangulares, beta o de otro tipo.
 En este ejemplo, la probabilidad de completar el proyecto al valor de la estimación más probable de 41 millones de US\$ o por debajo del mismo es relativamente baja.

Tabla 8: Rango de Estimaciones de Costos del Proyecto Recopiladas durante la Entrevista de Riesgos. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

- **Distribuciones de probabilidad:** Se utilizan frecuentemente en el modelado y simulación, y representan la incertidumbre en valores como las duraciones de las actividades del cronograma y los costes de los componentes del proyecto. Las distribuciones discretas pueden usarse para representar eventos inciertos, como el resultado de una prueba. Existen dos tipos de distribuciones continuas ampliamente usadas, la distribución Beta y la Triangular, que describen formas que no son compatibles con los datos generados normalmente durante el análisis cuantitativo de riesgos. Las distribuciones uniformes se pueden utilizar cuando no hay un valor claro que sea más probable que cualquier otro entre los límites superior e inferior especificados.

2) **Técnicas de Análisis Cuantitativo de Riesgos y de Modelado:** Las técnicas empleadas son:

- **Análisis de sensibilidad:** Ayuda a establecer qué riesgos tienen mayor impacto potencial en el proyecto, y a entender la correlación que hay entre las variaciones en los objetivos del proyecto y las variaciones en las distintas incertidumbres. Además, evalúa el grado en que la incertidumbre de cada elemento del proyecto afecta al objetivo que se está estudiando cuando el resto de elementos inciertos son mantenidos en sus valores de línea base. La representación más usual es el diagrama con forma de tornado, en la cual se compara la importancia y el impacto relativos de las variables que tienen elevado grado de incertidumbre con relación a los que son más estables. El diagrama con forma de tornado es un diagrama de barras especial en el que se comparan la importancia relativa de las variables, en el que el eje Y representa cada tipo de incertidumbre en sus valores base, y el eje X muestra la dispersión de la incertidumbre con la salida en que se esté estudiando.
 - **Análisis monetario esperado (EMV):** Concepto estadístico que calcula el resultado promedio cuando el futuro incluye escenarios que pueden ocurrir o no (análisis bajo de incertidumbre). El EMV de las oportunidades se muestra con valores positivos, mientras que el de las amenazas se muestra con valores negativos. Además necesita de un supuesto de neutralidad del riesgo. Se calcula multiplicando el valor de cada posible resultado por su probabilidad de ocurrencia y sumando después los resultados. El uso más habitual para este análisis es el Árbol de Decisiones.
 - **Modelado y Simulación:** Usa un modelo que traduce las incertidumbres especificadas para el proyecto en su impacto potencial sobre los objetivos del mismo. Las simulaciones se hace normalmente mediante la técnica Monte Carlo, que es una de las técnicas probabilísticas para la estimación de costes y la toma de decisiones, en el que se incluye la recolección de datos, la generación de números aleatorios, la formulación del modelo, el análisis y la presentación de resultados (**Bustos, 2015**). En una simulación, el modelo del proyecto se calcula frecuentemente (mediante iteración) usando valores de entrada (ejemplo estimaciones de costes o duraciones de las actividades) elegidos de manera aleatoria para cada iteración a partir de las distribuciones de probabilidad para estas variables. En un análisis de riesgos de costes, una simulación utiliza estimaciones de coste y para un análisis de riesgos del cronograma, se usa el diagrama de red del cronograma y las estimaciones de duración.
- 3) **Juicio de Expertos:** Se necesita para la identificación de impactos altos sobre el coste y el cronograma, para poder evaluar la probabilidad y describir las entradas como pueden ser las distribuciones de probabilidad a las herramientas. Además también actúa en la interpretación de datos.

. Salidas:

- 1) **Actualizaciones a los Documentos del Proyecto:** Los documentos del proyecto se actualizan con la información del análisis cuantitativo de riesgos. Las actualizaciones al registro de riesgos pueden contener:
 - **Análisis probabilístico del proyecto:** Se hacen estimaciones de los resultados potenciales del cronograma y costes del proyecto, realizando una enumeración de las fechas finales y los costes posibles con sus niveles de confianza asociados. Este análisis, que se expresa como una distribución de frecuencia acumulativa, se usa con las tolerancias al riesgo de los interesados para admitir la cuantificación de las reservas para contingencias de coste y tiempo. Estas reservas de contingencias son relevantes para disminuir el riesgo de desviación en relación a los objetivos determinados para el proyecto.

- Probabilidad de alcanzar los objetivos de coste y tiempo: Con los riesgos que asume el proyecto, se puede realizar una estimación de la probabilidad de conseguir los objetivos del proyecto conforme al plan actual usando los resultados del análisis cuantitativo de riesgos.
- Lista priorizada de riesgos cuantificados: Contiene riesgos que representan la mayor amenaza o constituyen la mayor oportunidad para el proyecto. Se incluyen riesgos que pueden contener un mayor efecto en las contingencias de costes y aquellos que tienen una mayor probabilidad de influir en la ruta crítica.
- Tendencias en los resultados del análisis cuantitativo de riesgos: A medida que se repite el análisis puede verse clara una tendencia que lleve a conclusiones que afecten las respuestas a los riesgos. La documentación histórica de la organización relacionada con el cronograma, el coste, la calidad y el desempeño del proyecto, tiene que reflejar los nuevos conocimientos conseguidos mediante el proceso “Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos”. Este historial pueden adoptar la forma de un informe de análisis cuantitativo de riesgos

5. Planificar la Respuesta a los Riesgos: Consiste en desarrollar opciones y acciones para mejorar oportunidades y disminuir las amenazas a los objetivos del proyecto. La ventaja de este proceso es la de abordar riesgos en función de su prioridad, metiendo recursos y actividades en el presupuesto, cronograma y el plan para la dirección del proyecto. A continuación aparecen las entradas, salidas y herramientas del proceso:



Figura 50: Planificar la Respuesta a los Riesgos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan de Gestión de los Riesgos: De los componentes más relevantes de este plan se encuentran los roles y sus responsabilidades, las descripciones del análisis de riesgos, la periodicidad de las revisiones, y los umbrales de riesgo para los riesgos bajos, moderados o altos.
- 2) Registro de Riesgos: Contiene los riesgos identificados, las causas raíz de los mismos, las listas de respuestas potenciales, los propietarios de los riesgos, los síntomas y señales de advertencia, la lista de prioridades de los riesgos del proyecto, los riesgos que necesiten de una respuesta a corto plazo y los que necesiten de un análisis adicional y una respuesta, las tendencias de los resultados del análisis cualitativo y la lista de observación.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Estrategias para Riesgos Negativos o Amenazas: Cada una de estas estrategias de respuesta a los riesgos influye de una forma variada y única sobre la condición del riesgo. Estas estrategias tienen que ser seleccionadas en función de la probabilidad y el impacto del riesgo sobre los objetivos del proyecto. A continuación se definen las cuatro estrategias empleadas:
 - Evitar: Estrategia de respuesta a los riesgos según la cual el equipo de proyecto ejerce para suprimir la amenaza o para proteger al proyecto de su impacto. De manera genérica, implica modificar el plan para la dirección del proyecto, con el objetivo de eliminar la amenaza completamente. El director de proyecto puede además aislar los objetivos del proyecto del impacto del riesgo. Un ejemplo de lo anterior sería la ampliación del cronograma, cambio de estrategia o disminución del alcance.
 - Transferir: Estrategia de respuesta a los riesgos según la cual el equipo de proyecto traslada el impacto de una amenaza a un tercero, junto con la responsabilidad de la respuesta. La transferencia no compromete que se deje de ser propietario del riesgo por haberlo transferido a un proyecto posterior o a otra persona sin su conocimiento. Transferir el riesgo frecuentemente implica el pago de una prima de riesgo a la parte que asume el riesgo. La transferencia de la responsabilidad de un riesgo es más eficaz cuando se trata de la exposición a riesgos financieros. Entre las herramientas de transferencia a usar, pueden ser el uso de seguros, garantías de cumplimiento, fianzas o certificados de garantía, entre otros. Para poder transferir a un tercero la responsabilidad de riesgos específicos se puede usar contratos o acuerdos.
 - Mitigar: Estrategia de respuesta de riesgos según la cual el equipo de proyecto interviene para disminuir la probabilidad de ocurrencia o impacto de un riesgo. Conlleva disminuir a un umbral aceptable la probabilidad y/o el impacto de un riesgo. Tomar acciones preventivas para reducir la probabilidad de ocurrir un riesgo y/o su impacto, suele ser más útil que solucionar el daño después de ocurrido el riesgo. Entre los ejemplos de acciones de mitigación que podemos encontrarnos serían la adopción de procesos con menor complejidad, la realización de más pruebas o la elección de un proveedor más estable.
 - Aceptar: Es una estrategia de respuesta de riesgos según la cual el equipo de proyecto reconoce el riesgo y decide no tomar ninguna medida a menos que el riesgo se materialice. Esta estrategia se decide llevar a cabo cuando no es posible ni rentable abordar un riesgo específico de otra forma. Además, indica que el equipo de proyecto ha decidido no cambiar el plan para la dirección del proyecto para poder resolver un riesgo. Esta estrategia puede ser pasiva, la cual no necesita de ninguna acción, excepto la de documentar la estrategia dejando que el equipo de proyecto resuelva los riesgos, y la estrategia activa, en la cual se determinan una reserva para contingencias, incluyendo la cantidad de tiempo, coste o recursos, necesarios para controlar los riesgos.
- 2) Estrategias para Riesgos Positivos u Oportunidades: A continuación se muestra con detalle las cuatro estrategias a utilizar:
 - Explotar: Se utiliza para riesgos con impactos positivos, que es cuando la organización desea asegurarse de que la oportunidad se materialice. Esta estrategia busca suprimir la incertidumbre asociada al riesgo a la alza en particular, asegurando que la oportunidad se precise de manera definitiva. Entre los ejemplos de respuestas de explotación nos encontramos la asignación al proyecto de los recursos con más talento de la organización para disminuir el tiempo hasta el cierre, o el empleo de nuevas tecnologías, para reducir el coste y la duración necesarios para conseguir los objetivos del proyecto.

- Mejorar: Se emplea para incrementar la probabilidad y/o los impactos positivos de una oportunidad. La identificación y maximización de las fuerzas impulsoras de estos riesgos de impacto positivo, pueden aumentar la probabilidad de ocurrencia. Entre los ejemplos de estas mejoras cabe destacar la adición de más cantidad de recursos a una actividad, para finalizar antes.
 - Compartir: Conlleva asignar toda o parte de la propiedad de la oportunidad a un tercero con mejor capacitación para conseguir la oportunidad en beneficio del proyecto. Entre los ejemplos de esta estrategia de compartir, se incluye la formación de asociaciones de riesgo conjunto, equipos, empresas con objetivos especiales o uniones temporales de empresas, que se pueden determinar con el propósito de aprovechar la oportunidad.
 - Aceptar: Es estar dispuesto a aprovechar la oportunidad si sucede, pero sin buscarla.
- 3) Estrategias de Respuesta a Contingencias: Algunas de estas estrategias se elaboran para utilizarlas solamente en eventos concretos. Para algunos riesgos, resulta apropiado para el equipo de proyecto crear un plan de respuesta que sólo se llevará a cabo bajo condiciones predefinidas, cuando se prevé que habrá suficientes señales de advertencia para la implementación del plan. Se tiene que describir y rastrear los eventos que disparan la respuesta para contingencias, como el de no cumplir con hitos intermedios u la obtención de una prioridad más alta con un proveedor.
- 4) Juicio de Expertos: Conforman una entrada proveniente de partes con conocimientos sólidos, respecto a las acciones a realizar en el caso de un riesgo concreto y definido. La experiencia la puede proporcionar cualquier grupo o persona con formación especializada.

Salidas:

- 1) Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto: Las partes del plan de dirección del proyecto que pueden actualizarse son:
- Plan de gestión del cronograma: Se actualiza para transmitir los cambios en el proceso y en la práctica, motivados por las respuestas a los riesgos. Esto puede contener cambios en la tolerancia o en el comportamiento con respecto a la carga y nivelación de recursos.
 - Plan de gestión de los costes: Se actualiza para transmitir los cambios en el proceso y en la práctica, promovidos por las respuestas a los riesgos. Esto puede contener cambios en la tolerancia o en el comportamiento con respecto a la contabilidad, seguimiento e informes de costes, así como actualizaciones a la estrategia del presupuesto.
 - Plan de gestión de la calidad: Se actualiza para transmitir los cambios en el proceso y en la práctica, promovidos por las respuestas a los riesgos. Esto puede contener cambios en la tolerancia o en el comportamiento con respecto a los requisitos, al aseguramiento o el control de la calidad, así como también las actualizaciones de la documentación de requisitos.
 - Plan de gestión de las adquisiciones: Se pueden actualizar para transmitir cambios a nivel de la estrategia, tales como modificaciones en cuanto a la decisión de hacer o comprar, o en el tipo de contrato
 - Plan de gestión de los recursos humanos: El plan de gestión del personal que forma parte del plan de gestión de recursos humanos, se actualiza para transmitir los cambios de estructura organizacional del proyecto y en las aplicaciones de recursos, motivados por las respuestas a los riesgos. Esto puede contener cambios en la tolerancia o en el comportamiento con respecto a la asignación del personal, así como las actualizaciones a la carga de recursos.

- Línea base del alcance: Se puede actualizar para mostrar cambios provenientes de trabajo nuevo, cambiado u omitido generado por las respuestas de riesgos.
- Línea base del cronograma: Se puede actualizar para transmitir los cambios provenientes del trabajo nuevo o trabajo omitido, generado por las respuestas de riesgos.
- Línea base de costes: Se puede actualizar para transmitir los cambios provenientes del trabajo nuevo o trabajo omitido, producido por las respuestas de riesgos.

2) Actualizaciones a los Documentos del Proyecto: En este proceso de “Planificar la Respuesta a los Riesgos” se actualizan varios documentos del proyecto, según necesidades. Cuando se eligen y se acuerdan las respuestas adecuadas a los riesgos, éstas se incorporan en el registro de riesgos. El registro de riesgos tiene que definirse con un nivel de detalle que se corresponda con la clasificación de prioridad u la respuesta planificada. Las actualizaciones al registro de riesgos son:

- Los propietarios del riesgo y sus responsabilidades establecidas.
- Estrategias de respuesta acordadas.
- Acciones concretas para implementar la estrategia de respuesta seleccionada.
- Las condiciones desencadenantes, los síntomas y las señales de advertencia relacionados a la ocurrencia de un riesgo.
- Presupuesto y actividades del cronograma necesarios para implementar las respuestas elegidas.
- Los planes de contingencia y disparadores que necesiten su ejecución.
- Planes de reserva para su uso como reacción a un riesgo que ha sucedido y para el que la respuesta inicial no ha sido la correcta.
- Riesgos residuales que se espera que estén después de la ejecución de las respuestas planificadas, así como los riesgos que han sido aceptados de manera deliberada.
- Riesgos secundarios que se producen como resultado directo de la implementación de una respuesta a los riesgos.
- Las reservas para contingencias que se calculan tomando como base el análisis cuantitativo de los riesgos del proyecto y los umbrales de riesgo de la organización.

Otros documentos que pueden actualizarse son el registro de supuestos, la documentación técnica y las solicitudes de cambio.

6. Controlar los Riesgos: Proceso de implementación de los planes de respuesta a los riesgos, de dar seguimiento a los riesgos que se han identificado, monitorear los riesgos residuales, identificar nuevos riesgos y de evaluar la efectividad del proceso de gestión de los riesgos del proyecto. La ventaja más relevante de este proceso es la de mejorar la eficacia del enfoque de gestión de riesgos durante el ciclo de vida del proyecto para conseguir la optimización de manera continua de las respuestas a los riesgos. A continuación se muestra en la figura siguiente las entradas, herramientas y salidas del proceso:



Figura 51: Controlar los Riesgos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan para la Dirección del Proyecto: Descrito dentro de las Salidas del Proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. El plan de dirección del proyecto contiene una guía de monitoreo y control de los riesgos.
- 2) Registro de Riesgos: Contiene entradas clave que incluyen riesgos identificados y los propietarios de los riesgos, respuestas acordadas a los riesgos, acciones de control para evaluar la efectividad de los planes de respuesta, respuestas a los riesgos, acciones de implementación, síntomas y señales de advertencia de riesgos, riesgos residuales y secundarios, una lista de observación de los riesgos de poca prioridad y reservas para contingencias de tiempo y coste.
- 3) Datos de Desempeño del Trabajo: Definido en las Salidas del Proceso “Dirigir y Gestionar la ejecución/Trabajo del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento de “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los datos de desempeño del trabajo relativos a los distintos resultados de desempeño que pueden recibir el impacto de riesgos, incluyen: El estado de los entregables, el avance del cronograma y los costes incurridos.
- 4) Informes de Desempeño del Trabajo: Desarrollado en las Salidas del Proceso “Supervisar y Controlar el Trabajo del Proyecto” en el del Área de Conocimiento de “Gestión de la Integración del Proyecto”. Estos informes toman datos de mediciones del desempeño y los estudian para transmitir información de desempeño del trabajo del proyecto, incluyendo el análisis de variación, datos del valor ganado y datos para proyecciones.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Reevaluación de los Riesgos: Consiste en la identificación de nuevos riesgos, reevaluación de riesgos existentes y cierre de riesgos obsoletos. Tiene que programarse de manera periódica las reevaluaciones de los riesgos del proyecto.
- 2) Auditorías de los Riesgos: Examinan y documentan la eficacia de las respuestas a los riesgos que han sido identificados y sus causas, así como la efectividad del proceso de gestión de riesgos. El responsable de asegurar que las auditorías de riesgos se hagan con frecuencia es el director de proyectos. Las auditorías pueden realizarse en las reuniones de revisión de proyecto.
- 3) Análisis de Variación y de Tendencias: Su objetivo es del de comparar los resultados planificados con los reales. Se debe de hacer revisión de las tendencias en la ejecución del proyecto usando la

información relativa al desempeño. El análisis del valor ganado y otras metodologías de análisis de variación y de tendencias del proyecto pueden emplearse para monitorear el desempeño global del proyecto.

- 4) **Medición del Desempeño Técnico:** Compara los logros técnicos en la ejecución del proyecto con el cronograma de logros técnicos. Es necesario de una descripción de las medidas objetivas y cuantificables del desempeño técnico que se puedan emplear para comparar los resultados reales con los planificados. Dichas mediciones del desempeño técnico pueden contener pesos, tiempos de transacción, números de piezas deficientes entregadas, entre otras.
- 5) **Análisis de Reservas:** El análisis de reservas compara la cantidad de reservas para contingencias restantes con la cantidad de riesgo remanente en un momento en concreto del proyecto, con el objetivo de establecer si la reserva restante es suficiente.
- 6) **Reuniones:** La gestión de los riesgos tiene que estar en el orden del día de las reuniones sobre el proyecto. El tiempo necesario para tratar el asunto podrá variar en función de los riesgos que se hayan encontrado, de su prioridad y de la complejidad de respuesta.

Salidas:

- 1) **Información de Desempeño del Trabajo:** Como salida de este proceso de “Controlar los Riesgos”, contiene un mecanismo para poder comunicar y apoyar la toma de decisiones del proyecto.
- 2) **Solicitudes de Cambio:** La incorporación de los planes de contingencia o soluciones alternativas en ocasiones originan las solicitudes de cambio. Las solicitudes de cambio se preparan y envían al proceso “Realizar el Control Integrado de Cambios” del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Estas solicitudes pueden contener:
 - **Acciones correctivas recomendadas:** Permiten realinear el desempeño del trabajo del proyecto con el plan para la dirección del proyecto. Contiene planes de contingencia y soluciones alternativas.
 - **Acciones preventivas recomendadas:** Aseguran que el desempeño futuro del trabajo del proyecto se encuentre alineado con el plan para la dirección del proyecto.
- 3) **Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto:** En el caso de que las solicitudes de cambios aprobadas afecten a los procesos de gestión de riesgos, se tiene que revisar y volver a publicar los documentos del plan para la dirección del proyecto, con el objetivo de mostrar los cambios que se ha aprobado.
- 4) **Actualizaciones a los Documentos del Proyecto:** Los documentos susceptibles de actualización en este proceso son el registro de riesgos. Las actualizaciones de este registro de riesgos contiene:
 - **Resultados de las evaluaciones, auditorías y revisiones de manera periódica de los riesgos:** Estos resultados pueden contener la identificación de nuevos riesgos, actualizaciones a la probabilidad, al impacto, a la prioridad, a los planes de respuesta, a la propiedad y a otros componentes del registro de riesgos.
 - **Resultados reales de los riesgos del proyecto y de las respuestas a los riesgos:** Ayuda a los directores del proyecto a planificar los riesgos mediante la organización.
- 5) **Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización:** Los activos posibles a actualizarse son:
 - Plantillas para el plan de gestión de riesgos.
 - Estructura de desglose de riesgos.
 - Lecciones aprendidas provenientes de las actividades de gestión de los riesgos del proyecto.

2.2.6.9. Gestión de adquisiciones del proyecto

Esta Área de Conocimiento contiene todos los procesos requeridos para comprar o adquirir productos, servicios o resultados que es preciso conseguir fuera del equipo de proyecto. La organización puede ser la compradora o vendedora de los productos, servicios o resultados del proyecto. Incluye procesos de gestión del contrato y de control de cambios necesarios para el desarrollo y la administración de contratos u órdenes de compra emitidos por miembros autorizados del equipo de proyecto. Además contiene el control de cualquier contrato emitido por la organización externa (comprador) que esté consiguiendo entregables del proyecto a la organización ejecutora (vendedor) (Project Management Institute, 2013). A continuación se muestra la explicación según PMBOK (2013) de los procesos de esta Área de Conocimiento:

- 1. Planificar la Gestión de las Adquisiciones:** Proceso el cual se documenta de las decisiones de las adquisiciones del proyecto, se especifica el enfoque y se identifica a los proveedores potenciales. La ventaja de este proceso es la de establecer si es necesario conseguir apoyo externo. A continuación aparece el listado de las entradas, herramientas y salidas del proceso:



Figura 52: Planificar la Gestión de las Adquisiciones: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan para la Dirección del Proyecto: Definido y desarrollado dentro de las Salidas del Proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Define la necesidad, justificación, requisitos y límites actuales del proyecto. Contiene, entre otros, el contenido de la línea base del alcance:
 - Enunciado del alcance del proyecto: Proporciona la definición del alcance del producto, la del servicio o resultado, la lista de entregables y criterios de aceptación, así como información relevante a incidentes técnicos.
 - EDT/WBS: Contiene los componentes del trabajo cuyos recursos se pueden conseguir de manera externa.
 - Diccionario de la EDT/WBS: Proporciona una identificación de los entregables y una definición del trabajo de cada componentes de la EDT/WBS necesario para producir cada entregables.

- 2) Documentación de Requisitos: Descrita en las Salidas del Proceso “Recopilar Requisitos de los Interesados” dentro del Área de Conocimiento “Gestión del Alcance del Proyecto” Esta documentación puede contener:
 - Información relevante sobre los requisitos del proyecto.
 - Requisitos con implicaciones contractuales y legales, que tienen en consideración al planificar las adquisiciones que puedan contener aspectos relacionados con la salud, la seguridad, el desempeño, el medio ambiente, los seguros, los derechos de propiedad intelectual, la igualdad de oportunidad en empleo, las licencias y permisos.
- 3) Registro de Riesgos: Explicado y desarrollado en las Salidas del Proceso “Identificar los Riesgos” del Área de Conocimiento “Gestión de los Riesgos del Proyecto”. Contiene la lista de riesgos, junto con los resultados del análisis de riesgos y de la planificación de la respuesta a los riesgos.
- 4) Recursos Requeridos para las Actividades: Definido en el Proceso “Estimar los Recursos de las Actividades” dentro del Área de Conocimiento “Gestión del Tiempo del Proyecto”. Estos recursos proporcionan información sobre las necesidades específicas relacionadas, como por ejemplo, con las personas, equipos o ubicación.
- 5) Cronograma del Proyecto: Explicado en las Salidas del Proceso “Desarrollar el Cronograma” en el Área de Conocimiento “Gestión del Tiempo del Proyecto”. Proporciona información sobre las duraciones necesarias o fechas exigidas relativas a los entregables.
- 6) Estimación de Costes de las Actividades: Ya descrito en las Salidas del Proceso “Estimar los Costes” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de los Costes del Proyecto”. Se emplean para evaluar cuanto son de razonables las ofertas y propuestas de los vendedores potenciales.
- 7) Registro de los Interesados: Desarrollado en el Área de Conocimiento siguiente “Gestión de los Interesados del Proyecto”. Contiene detalles sobre los participantes del proyecto y sus intereses.
- 8) Factores Ambientales de la Empresa: Explicado en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los factores influyentes en este proceso son: Las condiciones del mercado, los productos, servicios y resultados disponibles del mercado, proveedores, términos y condiciones comunes para los productos, servicios y resultados, y requisitos locales específicos.
- 9) Activos de los Procesos de la Organización: Descripción ya detallada en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” del Área de Conocimiento de “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los activos que influyen en este proceso son los siguientes:
 - Políticas, procedimientos y pautas formales de adquisición: La mayoría de las organizaciones disponen de políticas formales de adquisición y organizaciones de compra.
 - Sistemas de gestión que se tienen que tener en consideración para elaborar el plan de gestión de las adquisiciones y elegir las relaciones contractuales a usar.
 - Sistema determinado por los proveedores de niveles múltiples, con información de vendedores precalificados en función de la experiencia previa.

A continuación se muestran los tipos de contrato más comunes:

- Contratos de precio fijo: En este contrato se determina un precio fijo total para un producto, servicio o resultado descrito que se va a suministrar. Los contratos de precio fijo pueden además contener incentivos financieros para quienes consigan o superen los objetivos del proyecto, como la fecha de entrega programada, el desempeño del coste y técnico, o cualquier otro concepto. Los vendedores están obligados por ley a cumplir el contrato, bajo el riesgo de afrontar posibles daños y perjuicios financieros, y los compradores tienen que concretar de forma precisa el producto o los servicios a contratar. A continuación se muestran los tres tipos de contrato fijo:

- Contrato de Precio Fijo Cerrado (FFP): En este contrato el precio de los bienes se fija el inicio y no está sujeto a modificaciones, salvo que cambie el alcance del trabajo.
 - Contratos de Precio Fijo más Honorarios con Incentivos (FPIF): Este acuerdo de precio fijo otorga cierta flexibilidad al comprador y vendedor, ya que permite desviaciones en el desempeño, con incentivos financieros ligados al cumplimiento de las métricas establecidas. Estos incentivos están relacionados con los costes, el cronograma o el desempeño técnico del vendedor. Los objetivos de desempeño se determinan al inicio, y el precio final del contrato se establece tras terminar todo el trabajo sobre la base del desempeño del vendedor.
 - Contrato de Precio Fijo con Ajuste Económico de Precio (FP-EPA): Se usa cuando el período de desempeño del vendedor comprende un periodo importante de años. Es un contrato de precio fijo pero con una disposición especial que aprueba ajustes finales predefinidos sobre el precio del contrato debido a cambios en las condiciones, tales como cambios inflacionarios o subidas del coste del producto.
- Contratos de costes reembolsables: Implica realizar pagos (reembolsos de costes) al vendedor por todos los costes legítimos y reales en que pudiese incurrir para terminar el trabajo, más los honorarios que representan la ganancia del vendedor. Estos contratos también pueden contener cláusulas de incentivos financieros para los casos en que el vendedor supere o no cumpla con algunos objetivos concretos, como pueden ser los costes, el cronograma o los objetivos de desempeño técnico. Se muestra a continuación los tres tipos de contrato reembolsables más usados:
 - Contrato de Coste Más Honorarios Fijos (CPFF): Al vendedor se le reembolsan los costes autorizados para ejecutar el trabajo del contrato, a la vez que recibe el pago de sus honorarios fijos calculados en forma de porcentaje de los costes del proyecto estimados al comienzo.
 - Contrato de Coste Más Honorarios con Incentivos (CPIF): Al vendedor se le reembolsan los costes autorizados para hacer el trabajo del contrato, y recibe honorarios con incentivos predeterminados, basados en conseguir los objetivos específicos de desempeño determinados en el contrato.
 - Contrato de Coste Más Honorarios por Cumplimiento de Objetivos (CPAF): Al vendedor se le reembolsan los costes legítimos, pero gran parte de los honorarios se obtienen basándose en la satisfacción de cierto criterio subjetivo general de desempeño descrito e incluido dentro del contrato.
- Contrato por Tiempo y Materiales (T&M): Consiste en un acuerdo contractual que recoge aspectos tanto de los contratos de costes reembolsables como de los contratos de precio fijo. Frecuentemente, se emplean para el aumento del personal, la adquisición de expertos y cualquier otro tipo de apoyo externo. Estos tipos de contratos son abiertos y pueden estar sujetos a una subida de costes por el comprador. Por tanto, los contratos T&M pueden subir en términos de su valor contractual, como si se tratase de contratos de costes reembolsables.

Herramientas y Técnicas:

- 1) **Análisis de Hacer o Comprar:** Técnica que se emplea para establecer si un trabajo puede ser realizado de manera satisfactoria por el equipo de proyecto o tiene que ser adquirido por fuentes externas. Las restricciones al presupuesto pueden afectar a las decisiones de hacer o comprar. Además, durante el análisis de compra se tienen en consideración los tipos de contrato disponibles. El reparto de riesgos entre el comprador y vendedor establece los tipos de contratos, mientras que los términos y condiciones específicos del contrato son los que formalizan el grado de riesgo que asumen el comprador y el vendedor.
- 2) **Juicio de Expertos:** Frecuentemente, se emplea este juicio para poder evaluar las entradas y salidas de este proceso. El juicio de expertos en compras se pueden usar también para elaborar o cambiar los criterios que se aplicarán en la evaluación de las propuestas de los vendedores. El juicio de expertos legales puede necesitar los servicios de un abogado para colaborar con los aspectos, términos y condiciones de las adquisiciones.
- 3) **Investigación de Mercado:** Contiene el estudio de las capacidades de la industria y de los vendedores específicos. Los equipos de adquisiciones pueden usar la información conseguida en conferencias, reseñas de líneas y una variedad de fuentes para identificar las capacidades del mercado.
- 4) **Reuniones:** Solamente la investigación no puede suministrar información específica para formular una estrategia de adquisición sin recurrir a las reuniones de intercambio de información con oferentes destacables.

Salidas:

- 1) **Plan de Gestión de las Adquisiciones:** Forma parte del plan para la dirección del proyecto, que define de qué forma un equipo de proyecto conseguirá bienes y servicios desde fuera de la organización ejecutora. Define cómo se gestionarán los procesos de adquisición, desde la realización de los documentos de las adquisiciones hasta cerrar el contrato. Este plan de gestión de las adquisiciones puede contener directivas para:
 - Los tipos de contratos a emplear.
 - Los asuntos vinculados con la gestión de riesgos.
 - Establecer si se usarán estimaciones independientes y si son útiles como criterios de evaluación.
 - Las acciones que el equipo de dirección de proyecto puede implementar de manera unilateral si la organización ejecutora tiene un departamento de compras.
 - Los documentos de las adquisiciones estandarizados, si hiciese falta.
 - La gestión de gran cantidad de proveedores.
 - La coordinación de las adquisiciones con otros puntos del proyecto.
 - Las restricciones y los supuestos que podrían verse afectadas las adquisiciones que se han planificado.
 - El manejo de los amplios plazos necesarios para comprar determinados elementos a vendedores y la coordinación del tiempo extra.
 - El manejo de las decisiones de hacer o comprar.
 - La determinación de las fechas programadas en cada contrato para los entregables del mismo y la coordinación de los procesos del mismo.
 - La identificación de requerimientos para conseguir garantías de cumplimiento o contratos de seguros.
 - El establecimiento de instrucciones que se suministrará a los vendedores para elaborar y mantener una estructura de desglose de trabajo (EDT/WBS).

- La determinación de la forma y el formato que se utilizarán para los enunciados del trabajo del contrato relativo a la adquisición.
 - La identificación de vendedores precalificados, si los hay.
 - Las métricas de adquisiciones que se usarán para la gestión del contrato y la evaluación de vendedores.
- 2) Enunciado del Trabajo Relativo a Adquisiciones: El enunciado del trabajo (SOW) para cada adquisición se realiza a partir de la línea base del alcance y sólo describe la parte del alcance del proyecto que se incluirá en el contrato en cuestión. El SOW relativo a las adquisiciones define el artículo que se planea conseguir con bastante detalle como para permitir que los posibles vendedores establezcan si están en condiciones de suministrar los productos, servicios o resultados necesarios. La información que se recoge en un SOW puede contener especificaciones, cantidad deseada, niveles de calidad, datos de desempeño, período de desempeño, lugar de trabajo y otros requisitos. El SOW relativo a adquisiciones contiene una explicación de los servicios adicionales necesarios, como el informar el desempeño o el soporte operativo para el artículo adquirido después de terminado el proyecto.
 - 3) Documentos de las Adquisiciones: Se usan para solicitar propuestas a posibles vendedores. Términos como licitación, oferta o cotización normalmente se usan cuando la decisión de selección del vendedor se basa en el precio, mientras que el término propuesta normalmente se utiliza cuando otras consideraciones, como la capacidad técnica o el enfoque técnico, son fundamentales. Los términos de uso común para los diferentes tipos de documentos de las adquisiciones pueden contener: Solicitud de información (RFI), invitación a licitación (IFB), solicitud de propuesta (RFP), solicitud de cotización (RFQ), aviso de oferta, invitación a la negociación y respuesta inicial del vendedor. El comprador estructura los documentos de las adquisiciones con el objetivo de ayudar a la elaboración de una respuesta concreta y completa de parte de cada vendedor, y de facilitar la evaluación de las respuestas.
 - 4) Criterios de Selección de Proveedores: A menudo estos criterios están incluidos como parte de los documentos de las adquisiciones. Dichos criterios se desarrollan y emplean para la evaluación de las propuestas de los vendedores, y pueden ser objetivos o subjetivos. Los criterios de selección pueden limitarse al precio de compra si el artículo que se va a conseguir está fácilmente disponible mediante varios vendedores aceptables. Además existen otros criterios posibles de selección de proveedores, que son: Comprensión de la necesidad, coste real o del ciclo de vida, capacidad técnica, riesgo, enfoque de gestión, enfoque técnico, garantía, capacidad financiera, capacidad de producción e interés, tamaño y tipo de negocio, desempeño pasado de los vendedores, referencias, derechos de propiedad intelectual y derechos de propiedad exclusiva.
 - 5) Decisiones de Hacer o Comprar: El análisis de hacer o comprar conlleva a una decisión sobre si un determinado trabajo puede ser realizado de forma satisfactoria por el equipo de proyecto o tiene que ser conseguido por fuentes externas. Una decisión de compra conlleva a un proceso similar de lograr un acuerdo con un proveedor del producto o servicios.
 - 6) Solicitudes de Cambio: Adquirir bienes, servicios o recursos, habitualmente requiere de una solicitud de cambio. Otras decisiones durante la planificación de adquisiciones también pueden necesitar solicitudes de cambio adicionales. Las solicitudes de cambio se procesan para su revisión y tratamiento por medio del proceso “Realizar el Control Integrado de Cambios” dentro del Área de Conocimiento de “Gestión de la Integración del Proyecto”.
 - 7) Actualizaciones a los Documentos del Proyecto: Los documentos a actualizar son la documentación de requisitos, la matriz de trazabilidad de requisitos y el registro de riesgos.

- 2. Efectuar las Adquisiciones:** Consiste en la obtención de respuestas de los vendedores, seleccionarlos y adjudicarles un contrato. El beneficio que se obtiene es el de permitir alinear las expectativas de los interesados tanto internos como externos mediante acuerdos establecidos. En la figura siguiente se muestran las entradas, salidas y herramientas a utilizar en este proceso:



Figura 53: Efectuar las Adquisiciones: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan de Gestión de las Adquisiciones: Descrito en las Salidas del Proceso anterior “Planificar la Gestión de las Adquisiciones”. Este plan define de qué manera se gestionarán los procesos de adquisición, desde la creación de la documentación de la adquisición hasta cerrar el contrato.
- 2) Documentos de las Adquisiciones: Definido en las Salidas del Proceso “Planificar la Gestión de las Adquisiciones”. Estos documentos contienen un registro de auditoría para contratos y otros acuerdos.
- 3) Criterios de Selección de Proveedores: Ya explicado y desarrollado en las Salidas del Proceso anterior “Planificar la Gestión de las Adquisiciones”. Pueden contener información sobre habilidades necesarias del proveedor, sus capacidades, las fechas de entrega, el coste de producto, el coste del ciclo de vida, la pericia técnica y el enfoque respecto al contrato.
- 4) Propuestas de Vendedores: Confieren la información básica que se utilizará por un organismo de evaluación con el objetivo de seleccionar uno o más adjudicatarios (vendedores).
- 5) Documentos del Proyecto: Explicado en las Salidas del Proceso “Planificar la Respuesta a los Riesgos” dentro del Área de Conocimiento de “Gestión de los Riesgos del Proyecto. Entre los documentos del proyecto que frecuentemente se tienen en cuenta, se incluyen las decisiones contractuales relativas a los riesgos.
- 6) Decisiones de Hacer o Comprar: Descrito en las Salidas del Proceso anterior “Planificar la Gestión de las Adquisiciones”. Las organizaciones que consiguen bienes o servicios estudian la necesidad, identifican los recursos y comparan las estrategias de adquisición cuando deciden comprar. Los factores influyentes en las decisiones de hacer o comprar pueden contener: Las capacidades clave de organización, el valor proporcionado por los proveedores que satisfacen la necesidad, los riesgos asociados al cumplimiento de la necesidad de forma rentable, y la capacidad comparada internamente con respecto a la comunidad de proveedores.

- 7) Enunciados del Trabajo Relativo a Adquisiciones: Desarrollado en las Salidas del Proceso “Planificar la Gestión de las Adquisiciones”. Proporcionan a los proveedores un conjunto de objetivos, requisitos y resultados definidos, a partir de los que pueden ofrecer una respuesta cuantificable. Los enunciados del trabajo pueden contener: Especificaciones, cantidad pedida, niveles de calidad, datos de desempeño, período de ejecución, lugar de trabajo y otros requisitos.
- 8) Activos de los Procesos de la Organización: Explicado en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” del Área de Conocimiento de “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los elementos de los activos que pueden influir en este proceso son: Los listados de vendedores posibles y anteriormente calificados, la información relacionada con experiencias previas relevantes con los vendedores y acuerdos previos.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Conferencias de Oferentes: Son reuniones entre el comprador y todos los posibles vendedores que se celebran antes de la presentación de ofertas o propuestas. Se emplean para asegurar que todos los posibles vendedores entiendan de forma clara los requisitos de la adquisición, y que ningún licitador tenga un trato especial. Para que haya igualdad, los compradores tienen que tener un especial cuidado en conseguir que todos los posibles vendedores escuchen cada una de las preguntas de los demás vendedores potenciales particulares, así como cada respuesta proporcionada por el comprador.
- 2) Técnicas de Evaluación de Propuestas: Cuando las adquisiciones sean complejas, en las que el proveedor se basará en las respuestas de los vendedores a criterios de ponderación definidos anteriormente, se definirá un proceso formal de revisión de la evaluación, conforme a las políticas de adquisición del comprador.
- 3) Estimaciones Independientes: En el caso de que hayan muchos elementos de adquisición, la organización compradora puede elegir entre preparar su propia estimación independiente o contratar los servicios de un perito profesional externo para hacer una estimación de costos, que servirá como base de comparación de las respuestas propuestas. En caso de que existan diferencias significativas entre estimaciones de costes, esto podría significar de que el enunciado del trabajo relativo a las adquisiciones fue escaso.
- 4) Juicio de Expertos: Se puede usar para la evaluación de propuestas de los vendedores, la cual puede llevarse a cabo por un equipo multidisciplinario de revisión con experiencia en cada una de las áreas cubiertas por los documentos de las adquisiciones y el contrato propuesto.
- 5) Publicidad: Las listas de vendedores potenciales, frecuentemente se pueden ampliar a través de la colocación de anuncios en publicaciones de alta difusión, tales como periódicos destacados o publicaciones profesionales especializadas.
- 6) Técnicas Analíticas: Estas técnicas pueden facilitar a las organizaciones a identificar la preparación de un proveedor para conseguir el estado final esperado, a determinar el coste deseado para la creación del presupuesto y a evitar los sobrecostes por cambios surgidos.
- 7) Negociación de Adquisiciones: Esta negociación aclara la estructura, requisitos y otras condiciones relativas a las compras para que se consiga alcanzar un acuerdo recíproco antes de firmar el contrato. El lenguaje contractual final refleja todos los acuerdos alcanzados. Los temas cubiertos deberían contener las responsabilidades, la autoridad para efectuar cambios, los términos y la legislación aplicable, los enfoques técnicos y de dirección de negocio, los derechos de propiedad exclusiva, el financiamiento del contrato, las soluciones técnicas, el cronograma general, los pagos y el precio. Las negociaciones finalizan con un documento contractual que puede ser celebrado por la compradora y la vendedora. En el caso de elementos de adquisición con cierta complejidad, la negociación del contrato puede ser un proceso independiente con

entradas y salidas propias, y en el caso de elementos de adquisición sencillos, los términos y condiciones del contrato se pueden establecer con anterioridad y ser innegociables.

Salidas:

- 1) **Vendedores Seleccionados:** Son aquellos para los que, dependiendo del resultado de evaluación de la propuesta u oferta, se ha determinado que se encuentran en un rango competitivo, y quienes han negociado un contrato preliminar que se convertirá en un contrato real cuando la adjudicación esté formalizada
- 2) **Acuerdos:** Contiene términos y condiciones y puede incluir otros aspectos especificados por el comprador para determinar lo que el vendedor debe realizar o proporcionar. La responsabilidad del equipo de dirección del proyecto es el de asegurar que todos los acuerdos generan una satisfacción de las necesidades específicas del proyecto y que respeten las políticas de la organización en materia de adquisiciones. Un contrato es un acuerdo legal vinculante para las partes, que obliga al vendedor a proporcionar los productos, servicios o resultados especificados, y al comprador a retribuir al vendedor. Un contrato establece una relación legal sujeta a resolución en los tribunales. Los componentes del documento de incluyen: Enunciado del trabajo, línea base del cronograma, informes de desempeño, período de ejecución, roles y responsabilidades, lugar de desempeño del vendedor, precios, condiciones de pago, lugar de entrega, criterios de inspección y aceptación, garantías, soporte del producto, límites de responsabilidad, honorarios y anticipos, sanciones, incentivos, seguro y fianzas de cumplimiento, aprobación de los subcontratistas subordinados, tratamiento de solicitudes de cambio y cláusula de finalización.
- 3) **Calendarios de Recursos:** Se documentan la cantidad y la disponibilidad de los recursos que se han contratado, así como las fechas en las que cada recurso específico o grupo de recursos puede encontrarse activo o inactivo.
- 4) **Solicitudes de Cambio:** Las solicitudes de cambio al plan para la dirección del proyecto, sus planes subsidiarios y otros elementos son procesadas para analizar y resolver a través del proceso "Realizar el Control Integrado de Cambios" dentro del Área de Conocimiento de "Gestión de la Integración del Proyecto".
- 5) **Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto:** Los componentes del plan para la dirección de proyecto que pueden actualizarse son: La línea base de costes, del alcance, del cronograma, el plan de gestión de las comunicaciones y el plan de gestión de las adquisiciones.
- 6) **Actualizaciones a los Documentos del Proyecto:** Los documentos del proyecto posibles de actualización son: La documentación de requisitos, la documentación relativa a la trazabilidad de requisitos, el registro de riesgos y el registro de interesados.

- 3. Controlar las Adquisiciones:** Proceso mediante el cual se gestionan las relaciones de las adquisiciones, se monitorea la ejecución de contratos y se efectúan modificaciones y correlaciones al contrato. El beneficio de este proceso es el de garantizar el desempeño tanto del vendedor como del comprador para satisfacer los requisitos de adquisición de conformidad con los términos de acuerdo legal. A continuación se muestran las entradas, herramientas y salidas del proceso:



Figura 54: Controlar las Adquisiciones: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan para la Dirección del Proyecto: Descrito en las Salidas del Proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento de “Gestión de la Integración del Proyecto”. Este plan define de qué manera se gestionarán los procesos de adquisición, desde la creación de la documentación de la adquisición hasta el cierre del contrato.
- 2) Documentos de las Adquisiciones: Explicado en las Salidas del Proceso anterior “Planificar la Gestión de las Adquisiciones”. Incluyen registros completos de apoyo para administrar los procesos de adquisición. Esto contiene adjudicaciones de los contratos de adquisición y enunciado del trabajo.
- 3) Acuerdos: Definido en las Salidas del Proceso “Efectuar las Adquisiciones”. Son convenios entre partes.
- 4) Solicitudes de Cambio Aprobadas: Pueden contener variaciones a los términos y condiciones del contrato, incluyendo el enunciado del trabajo relativo a adquisiciones, los precios y la definición de productos, servicios o resultados a proporcionar. Todos los cambios de las adquisiciones de documentan por escrito y se aprueban antes de implementarlos mediante el Proceso “Controlar las Adquisiciones”.
- 5) Informes de Desempeño del Trabajo: Descrito y desarrollado en las Salidas del Proceso “Supervisar y Controlar el Trabajo del Proyecto” en el Área de Conocimiento de “Gestión de la Integración del Proyecto”. La documentación relacionada con el desempeño del vendedor contiene: Documentación técnica elaborada por el vendedor e información de desempeño del trabajo.
- 6) Datos de Desempeño del Trabajo: Definido en las Entradas del Proceso “Validar el Alcance” dentro del Área de Conocimiento de “Gestión del Alcance del Proyecto”. Contienen el grado de cumplimiento de los estándares de calidad, los costes incurridos o comprometidos y la identificación de las facturas del vendedor que han sido pagadas. Todos los datos se almacenan como parte de la ejecución del proyecto.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Sistema de Control de Cambios del Contrato: Describe el proceso en el cual la adquisición puede ser cambiada. Contiene formularios, sistemas de rastreo, procedimientos de resolución de disputas y los niveles de aprobación requeridos para autorizar los cambios.
- 2) Revisiones del Desempeño de las Adquisiciones: Es una revisión estructurada del avance del vendedor para cumplir con el alcance y la calidad del proyecto, dentro del coste y en el plazo acordado, tomando el contrato como referencia. Puede contener una revisión de la documentación elaborada por el vendedor y las inspecciones por parte del comprador, además de auditorías de calidad elaboradas en la ejecución del trabajo por parte del vendedor. Su objetivo es el de identificar los éxitos o fracasos del desempeño, el avance con respecto al enunciado del trabajo relativo a adquisiciones y el incumplimiento de contrato, lo que permite al comprador cuantificar la capacidad o incapacidad demostrada por el vendedor para hacer el trabajo.
- 3) Inspecciones y Auditorías: Las inspecciones y auditorías pedidas por el comprador y apoyadas por el vendedor se pueden llevar a cabo durante la ejecución del proyecto para comprobar la conformidad de los procesos o entregables del vendedor.
- 4) Informes de Desempeño: Se evalúan en función de los requisitos del acuerdo. La información de desempeño del trabajo resultante de dicha evaluación se transmite luego a quien corresponda.
- 5) Sistemas de Pago: Los pagos al vendedor se realizan mediante el sistema de cuentas a pagar del comprador, tras certificar por una persona que esté autorizada del equipo de proyecto de que el trabajo está correctamente.
- 6) Administración de Reclamaciones: Los cambios impugnados y los cambios potencialmente constructivos son cambios solicitados en que comprador y vendedor no pueden llegar a un acuerdo sobre la compensación por el cambio. Las reclamaciones se documentan, procesan, monitorean y gestionan durante el del ciclo de vida del contrato. Si las partes no llegan a resolver por sí mismas una reclamación, puede ser necesario gestionarla conforme a los procedimientos de resolución alternativa de conflictos (ADR) determinados en el contrato.
- 7) Sistema de Gestión de Registros: Para poder gestionar la documentación y los registros del contrato y de las adquisiciones, el director del proyecto emplea un sistema de gestión de registros, el cual consiste en un conjunto específico de procesos, funciones de control relacionadas y herramientas de automatización que se afianzan y combinan.

Salidas:

- 1) Información del Desempeño del Trabajo: Contiene una base para la identificación de los problemas actuales o potenciales. Cuando se informa sobre el desempeño de un vendedor, la organización aumenta el conocimiento sobre el desempeño de las adquisiciones, lo que facilita a la mejora de los pronósticos, la gestión de riesgos y la toma de decisiones. Además contiene información sobre el cumplimiento de los contratos.
- 2) Solicitudes de Cambio: Este proceso pueden generar solicitudes de cambio al plan para la dirección del proyecto, sus planes subsidiarios y otros componentes como la línea base de costes, del cronograma y el plan de gestión de las adquisiciones. Las solicitudes de cambio se procesan para su revisión y aprobación mediante el proceso “Realizar el Control Integrado de Cambios”.
- 3) Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto: Los componentes del plan para la dirección del proyecto que pueden actualizarse son:

- Plan de gestión de las adquisiciones: Se actualiza para mostrar las solicitudes de cambios aprobadas que influyen en la gestión de las adquisiciones, incluyendo impactos de costes o cronogramas.
 - Línea base del cronograma: En el caso de que ocurran retrasos que afecten el desempeño general del proyecto, puede requerirse de actualizar la línea base del cronograma para mostrar las expectativas actuales.
 - Línea base de costes: En el caso de que se produzcan cambios que afecten los costes del proyecto, puede requerirse de actualizar la línea base de costes para mostrar las expectativas actuales.
- 4) Actualizaciones a los Documentos del Proyecto: Los documentos del proyecto posibles a actualizar son la documentación de las adquisiciones, la cual puede contener el contrato de adquisición con todos los cronogramas, los cambios pedidos del contrato que no han sido aprobados y las solicitudes de cambio aprobadas.
- 5) Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización: Los componentes a actualizar son:
- Correspondencia: Las condiciones del contrato frecuentemente necesitan la documentación por escrito de ciertos puntos de las comunicaciones entre el comprador y el vendedor, tales como la necesidad de advertencias en caso de desempeño poco satisfactorio y las solicitudes de cambio o de aclaraciones del contrato. Esto puede contener los resultados informados de las auditorías e inspecciones hechas por el comprador que indican las debilidades que el vendedor debe corregir. A parte de los requisitos específicos del contrato relativos a la documentación, ambas partes mantienen un registro por escrito completo de todas las comunicaciones contractuales escritas y orales.
 - Cronogramas y solicitudes de pago: Todos los pagos tienen que realizarse conforme a los términos y condiciones del contrato de adquisición.
 - Documentación sobre la evaluación del desempeño del vendedor: Esta documentación se realiza por el comprador. Estas evaluaciones del desempeño documentan la capacidad del vendedor para continuar realizando el trabajo del contrato actual, indican si el vendedor puede ser autorizado a hacer trabajos en proyectos futuros o califican el desempeño del vendedor en el trabajo del proyecto.

4. Cerrar las Adquisiciones: Proceso de terminar cada adquisición. La ventaja de este proceso es la de documentar los acuerdos y la documentación relacionada para futura referencia. En la figura siguiente se muestra las entradas, salidas y herramientas del proceso:

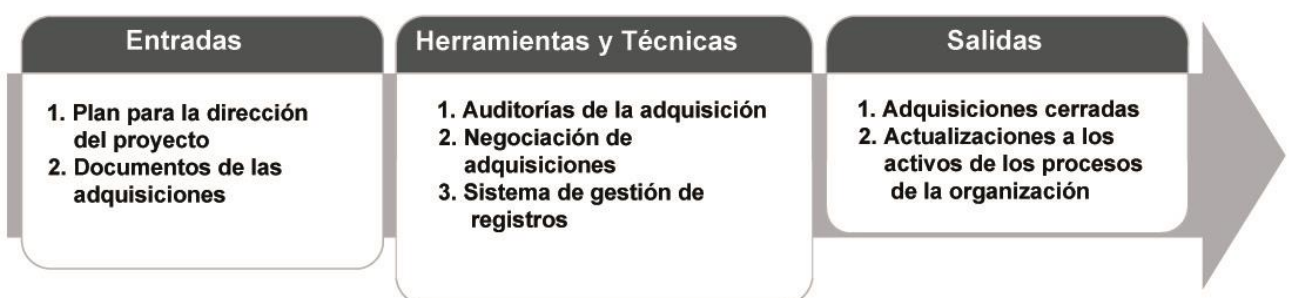


Figura 55: Cerrar las Adquisiciones: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan para la Dirección del Proyecto: Explicado en las Salidas del Proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento de “Gestión de la Integración del Proyecto”. Este plan incluye el plan de las adquisiciones, que contiene los detalles y las guías para poder hacer el cierre de las adquisiciones.
- 2) Documentos de las Adquisiciones: Para poder cerrar el contrato, se recopila, clasifica y archiva toda la documentación de la adquisición. Se cataloga la información del contrato relativa al cronograma, alcance, calidad y desempeño del coste, junto con toda la documentación sobre cambios del contrato, registros de pago y resultados de las inspecciones.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Auditorías de la Adquisición: Consiste en una revisión estructurada del proceso de adquisición, desde el proceso “Planificar la Gestión de las Adquisiciones” hasta el proceso “Controlar las Adquisiciones”. Su objetivo es el de identificar los éxitos y los fracasos que tiene que ser reconocidos en la preparación o administración de otros contratos de adquisición en el proyecto.
- 2) Negociación de Adquisiciones: En toda relación de adquisición, el acuerdo definitivo y equitativo de todos los asuntos, reclamaciones y controversias pendientes mediante la negociación es un objetivo primordial. En el caso que no pueda llegarse a un acuerdo a través de la negociación directa, puede utilizarse otro método para la resolución de conflictos (ADR), incluidos la mediación o el arbitraje.
- 3) Sistemas de Gestión de Registros: Descritos en las Herramientas y Técnicas del Proceso anterior “Controlar las Adquisiciones”. Este sistema se usa para poder gestionar la documentación y los registros del contrato y de las adquisiciones del director de proyecto. Además se archivan los documentos y la correspondencia del contrato.

Salidas:

- 1) Adquisiciones Cerradas: El comprador a través de su administrador de adquisiciones autorizado, suministra al vendedor una notificación formal por escrito de que se ha completado el contrato.
- 2) Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización: Los elementos de los activos posibles de actualizarse son los siguientes:
 - Archivo de la adquisición: Se realiza un juego indexado completo de la documentación del contrato, incorporando el contrato cerrado, para su incorporación a los archivos finales del proyecto.
 - Aceptación de los entregables: Puede pedirse que la documentación de aceptación formal de los entregables proporcionados por el vendedor esté retenida por la organización.
 - Documentación sobre lecciones aprendidas: Las lecciones aprendidas, las experiencias y las recomendaciones para mejorar el proceso tienen que realizarse para incorporarlas en los archivos del proyecto.

2.2.6.10. Gestión de interesados del proyecto

Según Project Management Institute (2013), esta Área del Conocimiento contiene todos los procesos necesarios para la identificación de personas, grupos u organizaciones que pueden afectar o ser afectados por el proyecto, para estudiar las expectativas de los interesados y su impacto en el proyecto, y para desarrollar estrategias de gestión correctas con el objetivo de conseguir la participación eficaz de los interesados en las decisiones y en la ejecución del proyecto. La satisfacción de los interesados tiene que gestionarse como uno de los objetivos más relevantes del proyecto. A continuación se describirán todos los procesos la “Gestión de los Interesados del Proyecto”:

- 1. Identificar a los Interesados:** Proceso en el cual se identifican a las personas, grupos u organizaciones que podrían estar afectados por una decisión, actividad o resultado del proyecto, así como de analizar y documentar la información más destacada relativa a sus intereses, participación, interdependencias, influencia y posible impacto en el éxito del proyecto. La ventaja de este proceso es la de permitir el director de proyectos identificar el enfoque adecuado para cada interesado o grupo de interesados. A continuación se muestran las entradas, salidas y herramientas del proceso:

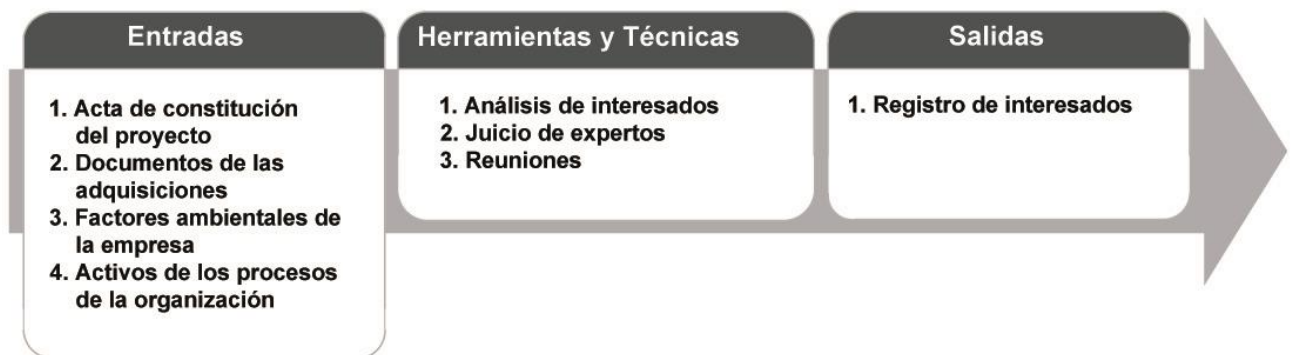


Figura 56: Identificar a los Interesados: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Acta de Constitución del Proyecto: Descrito en las Salidas del Proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento de “Gestión de la Integración del Proyecto”. Puede contener información sobre las partes internas y externas relacionadas con el proyecto y que se ven afectadas por el resultado de éste, tales como el patrocinador o patrocinadores del proyecto, clientes, miembros del equipo, grupos y departamentos que participan en el proyecto.
- 2) Documentos de las Adquisiciones: Definido en las Salidas del Proceso “Planificar la Gestión de las Adquisiciones” en el Área de Conocimiento de “Gestión de las Adquisiciones del Proyecto”. Si un proyecto es el resultado de una actividad de adquisición o si se basa en un contrato determinado, las partes del contrato son interesados clave del proyecto.
- 3) Factores Ambientales de la Empresa: Explicados y desarrollados en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los factores que incluyen en este proceso son: La cultura y la estructura de la organización, los estándares gubernamentales y las tendencias globales, regionales o locales.
- 4) Activos de los Procesos de la Organización: Ya mencionados y desarrollados en el proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” del Área de Conocimiento de “Gestión de Integración del Proyecto”. Los activos influyentes en este proceso son: Las plantillas de registro

de interesados, las lecciones aprendidas de proyectos y los registros de interesados de proyectos previos.

Herramientas y Técnicas:

1) **Análisis de Interesados:** Técnica que trata en recopilar y analizar de forma sistemática información cuantitativa y cualitativa, con el objetivo de establecer qué intereses particulares hay que tener en cuenta durante del proyecto. Permite identificar los intereses, las expectativas y la influencia de los interesados y poder relacionarlos con el propósito del proyecto. Además ayuda a identificar las relaciones de los interesados que se pueden aprovechar para crear alianzas y posibles asociaciones para mejorar las probabilidades de éxito del proyecto. En análisis de los interesados sigue los siguientes pasos:

- Identificar todos los interesados potenciales del proyecto y toda la información importante, como pueden ser sus roles, departamentos, intereses, conocimientos, expectativas y niveles de influencia.
- Analizar el impacto o apoyo potencial que cada interesado podría generar y clasificarlos para describir una estrategia de aproximación.
- Evaluar la manera en que los interesados clave pueden reaccionar o responder en distintas situaciones.

Hay muchos modelos de clasificación empleados para el análisis de interesados, como pueden ser:

- **Matriz de poder/interés:** Agrupa a los interesados basándose en su nivel de autoridad (poder) y su nivel de preocupación (interés) en relación a los resultados del proyecto.
- **Matriz de poder/influencia:** Agrupa a los interesados basándose en su nivel de autoridad (poder) y su participación activa (influencia) en el proyecto.
- **Matriz de influencia/impacto:** Agrupa a los interesados basándose en su participación activa (influencia) en el proyecto y su capacidad de efectuar cambios a la planificación o ejecución del proyecto (impacto).
- **Matriz de prominencia,** que define las clases de interesados basándose en su poder, urgencia y legitimidad.

2) **Juicio de Expertos:** Para asegurar la identificación y el listado de los interesados, se debería el juicio y la experiencia de grupos o personas con capacitación especializada, como pueden ser: La alta dirección, otras unidades dentro de la organización, los interesados clave identificados, los directores de proyecto que hayan trabajado en otros proyectos en el mismo ámbito, expertos en la materia (SMEs) en el ámbito del negocio, grupos de la industrias, consultores y asociaciones profesionales y técnicas.

3) **Reuniones:** Las reuniones de análisis de perfiles son reuniones de proyecto confeccionadas para desarrollar un entendimiento sobre los principales interesados del proyecto y se pueden usar para intercambiar y analizar información acerca de roles, conocimientos y la postura general de cada uno de los interesados respecto al proyecto.

Salidas:

1) **Registro de Interesados:** Incluye todos los detalles relacionados con los interesados identificados, incluyendo:

- Información de Identificación: Nombre, puesto en la organización, ubicación, rol en el proyecto, información de contacto
- Información de evaluación: Requisitos y expectativas principales, influencia potencial en el proyecto, fase del ciclo de vida con el mayor interés.
- Clasificación de los interesados: Interno/externo.

2. Planificar la Gestión de los Interesados: Consiste en desarrollar estrategias de gestión adecuadas para conseguir la participación de los interesados durante el ciclo de vida del proyecto, con base en el análisis de sus necesidades, intereses y el probable impacto en el éxito del proyecto. La ventaja de este proceso es la de proporcionar un plan claro y factible para interactuar con los interesados del proyecto con el objetivo de apoyar a los intereses del mismo. En la figura siguiente se muestra las herramientas, entradas y salidas del proceso:



Figura 57: Planificar la Gestión de los Interesados: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan para la Dirección del Proyecto: Explicado en las Salidas del Proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento de “Gestión de la Integración del Proyecto”. El contenido empleado para elaborar el plan de gestión de los interesados es:
 - El ciclo de vida seleccionado para el proyecto y los procesos que se aplicarán en cada fase.
 - La definición de cómo se ejecutará el trabajo para conseguir los objetivos del proyecto.
 - La descripción de cómo se cumplirán los requisitos de recursos humanos y cómo se tratarán y estructurarán en el proyecto, los roles y responsabilidades, las relaciones de comunicación y la gestión del personal.
 - El plan de gestión de cambios que contiene la forma en que se monitorearán y controlarán los cambios.
 - Las necesidades y técnicas de comunicación entre los interesados.
- 2) Registro de Interesados: Descrito en el Proceso anterior “Identificar los Riesgos”. Contiene la documentación necesaria para planificar las formas adecuadas de implicar a los interesados del proyecto.
- 3) Factores Ambientales de la Empresa: Definidos en las Entradas del proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los factores ambientales de la empresa se usan como entradas de este proceso, ya

que la gestión de los interesados debería adaptarse al entorno del proyecto. Entre ellos, la cultura, la estructura y el clima político de la organización son de particular relevancia.

- 4) **Activos de los Procesos de la Organización:** Definidos y desarrollados en el proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” del Área de Conocimiento de “Gestión de Integración del Proyecto”. Todos los activos de los procesos de la organización se emplean como entradas del este proceso. Entre ellos, la base de datos de lecciones aprendidas y la información histórica son de particular relevancia.

Herramientas y Técnicas:

- 1) **Juicio de Expertos:** El director del proyecto, sobre la base de los objetivos del proyecto, debería recurrir al juicio de expertos para decidir sobre el nivel de participación necesario de cada uno de los interesados en cada etapa del proyecto. Para elaborar el plan de gestión de los interesados se debe procurar el juicio y la experiencia de grupos o individuos con capacitación especializada tales como: La alta dirección, los componentes del equipo de proyecto, otras unidades o individuos de la organización, los interesados clave identificados, los directores de proyecto que hayan trabajado en proyectos del mismo ámbito, expertos en materia en el ámbito de negocios, grupos de la industria, consultores y asociaciones de profesionales y técnicas.
- 2) **Reuniones:** Se tienen que tener reuniones con expertos y el equipo del proyecto para desarrollar los niveles de participación necesarios de todos los interesados.
- 3) **Técnicas Analíticas:** El nivel de participación actual de todos los interesados se debe comparar con los niveles de participación planificados que se requieren para terminar el proyecto con éxito. La participación de los interesados durante el ciclo de vida del proyecto es crítica para el éxito del mismo. El nivel de participación de los interesados se clasifica de la siguiente forma:
 - **Desconocedor:** Desconocedor del proyecto y de sus impactos potenciales.
 - **Reticente:** Conocedor del proyecto y de sus impactos potenciales, y reticente al cambio.
 - **Neutral:** Conocedor del proyecto, aunque ni lo apoya ni es reticente.
 - **Partidario:** Conocedor del proyecto y de sus impactos potenciales, y apoya el cambio.
 - **Líder:** Conocedor del proyecto y de sus impactos potenciales, y activamente involucrado en asegurar el éxito del mismo.

La participación actual se puede documentar mediante la Matriz de Evaluación de la Participación de los Interesados. El equipo del proyecto tiene que identificar el nivel de participación deseado para la fase actual del proyecto, sobre la base de la información disponible.

Salidas:

- 1) **Plan de Gestión de los Interesados:** Forma parte del plan para la dirección del proyecto e identifica las estrategias de gestión requeridas para involucrar a los interesados. El plan de gestión de los interesados puede ser formal o informal, muy detallado o formulado de manera general, dependiendo de las necesidades del proyecto. Además de la información recopilada en el registro de interesados, el plan de gestión de los interesados proporciona:
 - Los niveles de participación deseado y actual de los interesados clave
 - El alcance e impacto del cambio para los interesados.
 - Las interrelaciones entre interesados que se hayan identificado.
 - Los requisitos de comunicación de los interesados para la fase actual del proyecto.

- La información a distribuir entre los interesados, incluyendo el lenguaje, formato, contenido y nivel de detalle.
- El motivo para la distribución de dicha información y el impacto esperado en la participación de los interesados.
- El plazo y la frecuencia para la distribución de la información necesaria a los interesados.
- El método para actualizar el plan de gestión de los interesados conforme avanza y se desarrolla el proyecto.

2) Actualizaciones a los Documentos del Proyecto: Los documentos a actualizar son el cronograma del proyecto y el registro de interesados.

3. Gestionar la Participación de los Interesados: Proceso de comunicarse y trabajar con los interesados para conseguir satisfacer sus necesidades/expectativas, abordar los incidentes en el momento que suceden y fomentar la participación adecuada de los interesados en las actividades del proyecto durante el ciclo de vida del mismo. La ventaja de este proceso es la de permitir al director de proyectos aumentar el apoyo y minimizar la resistencia por parte de los interesados. A continuación aparecen las entradas, salidas y herramientas a utilizar en este proceso:

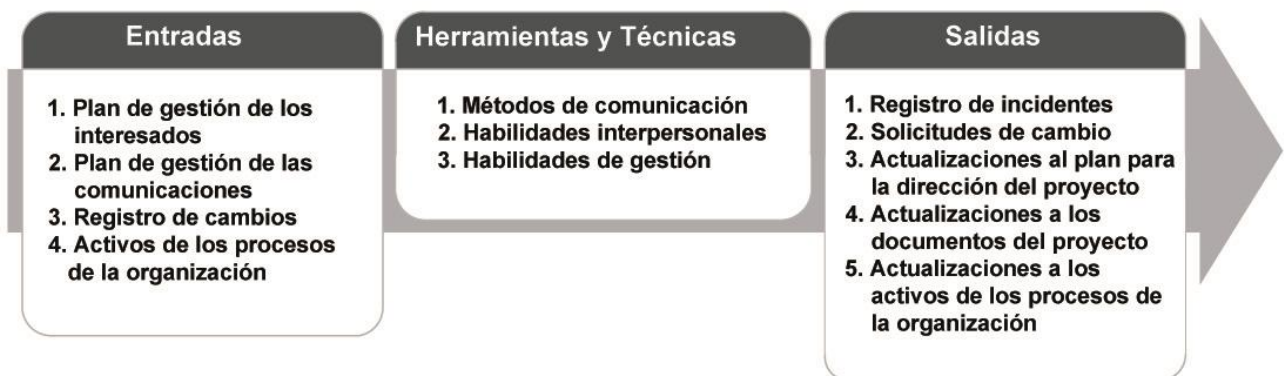


Figura 58: Gestionar la Participación de los Interesados: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan para Gestión de los Interesados: Descrito en las Salidas del Proceso anterior “Planificar la Gestión de los Interesados”. Este plan contiene una guía sobre la mejor forma de involucrar a los diferentes interesados en el proyecto. El plan de gestión de los interesados define los métodos y tecnologías utilizados para la comunicación con los interesados. Este plan se usa para establecer el nivel de las interacciones de los distintos interesados.
- 2) Plan de Gestión de las Comunicaciones: Definido en las Salidas del Proceso “Planificar la Gestión de las Comunicaciones” dentro del Área de Conocimiento “Gestión de las Comunicaciones del Proyecto”. Contiene orientación e información sobre la gestión de las expectativas de los interesados. La información utilizada proporciona: Requisitos de comunicación de los interesados, información que debe ser comunicada, incluyendo el lenguaje, formato, contenido y nivel de detalle, motivo de distribución de la información, persona o los grupos que recibirán la información y proceso de escalado.

- 3) Registro de Cambios: Se emplea para documentar los cambios que ocurren durante el proyecto.
- 4) Activos de los Procesos de la Organización: Explicado en las Entradas del Proceso “Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto” en el Área de Conocimiento “Gestión de la Integración del Proyecto”. Los activos influyentes en este proceso son: Los requisitos de comunicación de la organización, los procedimientos para la gestión de incidencias y para el control de cambios, y la información histórica relativa a proyectos previos.

Herramientas y Técnicas:

- 1) Métodos de Comunicación: Desarrollado en las Herramientas y Técnicas del Proceso “Planificar la Gestión de las Comunicaciones” en el Área de Conocimiento “Gestión de las Comunicaciones del Proyecto”. Se emplean durante la gestión de la participación de los interesados. En función de los requisitos de comunicación de los interesados, el director del proyecto decide cómo, cuándo y cuáles de estos métodos de comunicación se utilizarán en el proyecto.
- 2) Habilidades Interpersonales: El director del proyecto aplica las habilidades interpersonales para gestionar las expectativas de los interesados, como pueden ser el generar confianza, resolución de conflictos, escuchar de forma activa y superación de la resistencia al cambio.
- 3) Habilidades de Gestión: El director del proyecto aplica las habilidades de gestión para coordinar y armonizar al grupo hacia el logro de los objetivos del proyecto, como puede ser: La facilitación del consenso hacia los objetivos del proyecto, el ejercer una influencia sobre las personas para que apoyen el proyecto, el negociar acuerdos para satisfacer las necesidades del proyecto, y el modificar el comportamiento de la organización para aceptar los resultados del proyecto.

Salidas:

- 1) Registro de Incidentes: La gestión de la participación de los interesados puede generar el desarrollo de un registro de incidentes. Este registro se actualiza conforme se identifican nuevos incidentes y se resuelven los incidentes actuales.
- 2) Solicitudes de Cambio: La gestión de la participación de los interesados puede crear una solicitud de cambio al producto o al proyecto. También puede contener acciones correctivas o preventivas aplicables al propio proyecto o a la interacción con los interesados afectados.
- 3) Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto: Los componentes del plan para la dirección del proyecto posibles a actualizar contienen, entre otros, el plan de gestión de los interesados. Este plan se actualiza cuando se identifican nuevos requisitos o modificaciones de los requisitos de los interesados. Además se actualiza como resultado de la atención de inquietudes y la resolución de incidentes.
- 4) Actualizaciones a los Documentos del Proyecto: Los documentos del proyecto posibles de actualizarse son, entre otros, el registro de interesados. Se actualiza cuando la información sobre los interesados varía, cuando se identifican nuevos interesados o en el caso de que los inicialmente registrados ya no participen en el proyecto.
- 5) Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización: Los activos de los procesos de la organización susceptibles de actualizarse son: Las notificaciones de los interesados, informes del proyecto, presentaciones del proyecto, registros del proyecto, retroalimentación de los interesados y documentación sobre lecciones aprendidas.

- 4. Controlar la Participación de los Interesados:** Proceso de monitorear las relaciones generales de los interesados del proyecto y ajustar las estrategias y los planes para involucrar a los interesados. La ventaja de este proceso es que se mantendrá o aumentará la eficiencia y la eficacia de las actividades de participación de los interesados conforme el proyecto evoluciona y su entorno se modifica. En la figura siguiente se muestran las entradas, herramientas y técnicas a utilizar en este proceso:

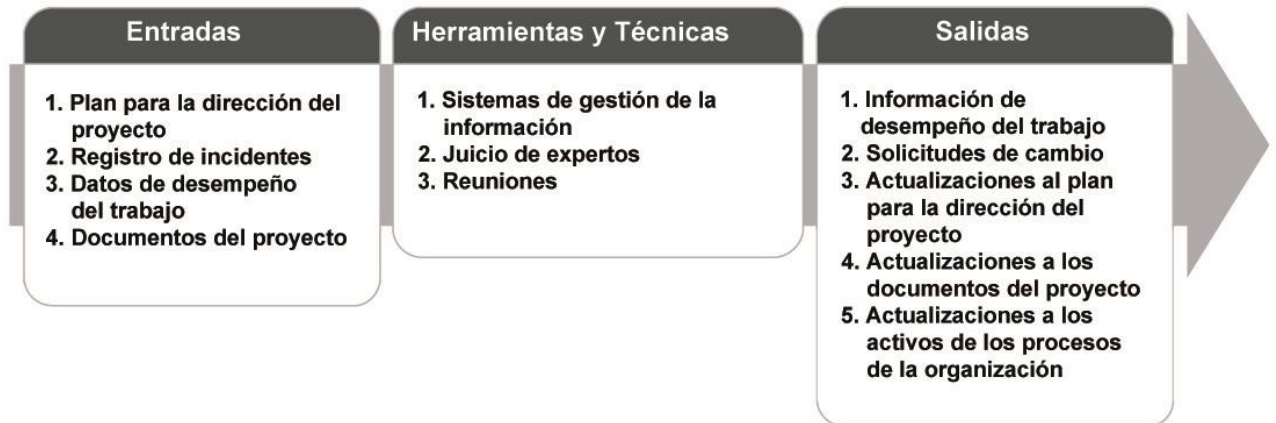


Figura 59: Controlar la Participación de los Interesados: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)

Entradas:

- 1) Plan para la Dirección del Proyecto: Descrito en las Salidas del Proceso “Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto” dentro del Área de Conocimiento de “Gestión de la Integración del Proyecto”. Se emplea para elaborar el plan de gestión de los interesados. La información que se usa para este proceso es la siguiente:
 - Ciclo de vida seleccionado para el proyecto y los procesos que se utilizarán en cada fase.
 - La forma en que se ejecutará el trabajo para lograr los objetivos del proyecto.
 - La manera en que se cumplirán los requisitos de recursos humanos, y el modo en que se tratarán y estructurarán en el proyecto los roles y responsabilidades.
 - Plan de gestión de cambios.
 - Las necesidades y técnicas de comunicación entre los interesados.
- 2) Registro de incidentes: Definido en la Salidas del Proceso anterior “Gestionar la Participación de los Interesados”. Se actualiza conforme se identifican nuevos incidentes y se resuelven actuales.
- 3) Datos de Desempeño del Trabajo: Explicado en las Salidas del Proceso “Dirigir y Gestionar la Ejecución/Trabajo del Proyecto” en el Área de Conocimiento de “Gestión de la Integración del Proyecto”. Son las observaciones y mediciones primarias identificadas en las actividades ejecutadas para llevar a cabo el trabajo del proyecto. Se recopilan distintas medidas de las actividades y entregables del proyecto durante varios procesos de control. Los datos se consideran frecuentemente como el nivel más bajo de abstracción del que pueden extraer información otros procesos.
- 4) Documentos del Proyecto: Para poder controlar la participación de los interesados se pueden emplear como entradas de apoyo gran cantidad de documentos del proyecto, como: Cronograma del proyecto, registro de interesados, registro de incidentes, registro de cambios y comunicaciones del proyecto.

Herramientas y Técnicas:

- 1) **Sistemas de Gestión de la Información:** Contiene una herramienta estándar para que el director del proyecto capture, almacene y reparta a los interesados la información relacionada a los costes, avance del cronograma y desempeño del proyecto. Además permite al director del proyecto consolidar informes procedentes de varios sistemas y ayuda a la distribución de informes a los interesados del proyecto. Los ejemplos de formatos de distribución pueden contener informes a través de tablas, análisis en hojas de cálculo y presentaciones.
- 2) **Juicio de Expertos:** Se pueden hacer una reevaluación de los interesados actuales para afianzar la identificación y el listado de nuevos interesados. Es necesario aportar grupos o individuos con capacitación especializada, como: La alta dirección, otras unidades o individuos dentro de la organización, interesados clave identificados, directores del proyecto que hayan trabajado en proyectos del mismo ámbito, expertos en materia en el ámbito del negocio, grupos de industria y consultores y asociaciones de profesionales y técnicas.
- 3) **Reuniones:** Se usan para el intercambio y análisis de información relativa a la participación de los interesados.

Herramientas y Técnicas:

- 1) **Información de Desempeño del Trabajo:** Son los datos de desempeño recogidos de varios procesos de control, analizados en contexto e integrados sobre la base de las relaciones entre áreas. De esta forma los datos de desempeño del trabajo se han transformado en información de desempeño del trabajo. Los datos en sí mismos no se emplean en el proceso de toma de decisiones porque se puede malinterpretar su significado. La información, sin embargo, conlleva correlaciones y contexto, y suministra una base sólida para las decisiones del proyecto.
- 2) **Solicitudes de Cambio:** El análisis del desempeño del proyecto y de las interacciones con los interesados pueden generar solicitudes de cambio. Estas solicitudes de cambio se procesan a través del proceso "Realizar el Control Integrado de Cambios" dentro del Área de Conocimiento de "Gestión de la Integración del Proyecto", como se explica a continuación:
 - Acciones correctivas recomendadas contienen cambios que ajustan el desempeño futuro esperado del proyecto alineándolo con el plan para la dirección del proyecto.
 - Acciones preventivas recomendadas pueden disminuir la probabilidad de incurrir en un desempeño negativo del proyecto en el futuro.
- 3) **Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto:** Conforme los interesados participan en el proyecto, se puede evaluar la eficacia general de la estrategia de gestión de los interesados. Conforme se identifican los cambios requeridos en el enfoque o la estrategia, puede hacer falta actualizar las secciones afectadas del plan para la dirección del proyecto con el objetivo de reflejar estos cambios. Los elementos del plan para la dirección del proyecto que pueden actualizarse son: Plan de gestión de cambios, de las comunicaciones, de los costes, de los recursos humanos, de las adquisiciones, de la calidad, de los requisitos, de los riesgos, del cronograma, del alcance y de los interesados.
- 4) **Actualizaciones a los Documentos del Proyecto:** Los documentos posibles a actualizar son:
 - Registro de interesados: Se actualiza cuando la información sobre los interesados cambia, cuando se identifican los nuevos interesados o cuando en el caso de que los inicialmente registrados ya no participen en el proyecto.
 - Registro de incidentes: Se actualiza conforme se identifican nuevos incidentes y se resuelven los actuales.

- 5) Actualizaciones a los Procesos de la Organización: Los activos de los procesos que pueden actualizarse son:
- Notificaciones a los interesados.
 - Informes del proyecto
 - Presentaciones del proyecto.
 - Registros del proyecto.
 - Retroalimentación de los interesados.
 - Documentación sobre las lecciones aprendidas.

2.3. LEAN CONSTRUCTION

2.3.1. SISTEMA LEAN. DEFINICIÓN

Según Lean Enterprise Institute (2003) describe Lean Production o producción ajustada como una forma de negocio, creado desde un inicio por Toyota después de la Segunda Guerra Mundial, para organizar y gestionar el desarrollo de un producto, las operaciones y las relaciones con clientes y proveedores, que necesitan menos esfuerzo humano, menos espacio, menos capital y menos tiempo para fabricar productos con menor cantidad de defectos según las peticiones del Cliente.

Womack, Jones, & Roos (1991) definen que Lean utiliza “menos” de todo comparándolo con la producción en masa; la mitad en esfuerzo humano, en espacio de fabricación, en inversión de herramientas, en horas de ingeniería para elaborar un producto en la mitad de tiempo. También necesita mantener menos la mitad del inventario requerido en el sitio, produciendo menos defectos y mayor y creciente variedad de productos.

Womack y Jones (1996), en “Lean Thinking”, describen “Lean” como la filosofía que tiene por objetivo esencial la eliminación sistemática de los desperdicios por parte de los miembros de la organización en todos los procesos. Esta filosofía se esfuerza por hacer que las organizaciones sean más competitivas en el mercado mediante el aumento de la eficiencia y la disminución de los costes debido a la eliminación de las actividades en los procesos que no generan valor (Womack & Jones, 1996).

Por último, y como tercera definición, también comúnmente aceptada en la literatura, es la que define “Lean” como el sistema socio-técnico integrado cuyo principal objetivo es la eliminación del desperdicio mediante la reducción o minimización de la variabilidad interna, la variabilidad de proveedores y la variabilidad del cliente (Shah & Ward, 2007).

2.3.2. ORIGEN DEL SISTEMA LEAN: EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN TOYOTA

Para poder entender los inicios de Lean, es necesario hablar de la fábrica japonesa de automóviles Toyota (Sanchis, 2013). El origen de la filosofía lean es el sistema de producción industrial de Toyota o también denominado Toyota Production System (TPS), el cual demostró su efectividad, ya que al terminar la Segunda Guerra Mundial consiguió obtener beneficios a pesar de la gran recesión económica global, gracias a la producción de pequeñas cantidades de una gran diversidad de productos frente a la predominante producción en masa que caracterizaba a la época (Ballard & Howell, 2003), (Mateu, 2014).

Dentro de la empresa de Toyota, el ingeniero Taiichi Ohno fue quien desarrolló este concepto tan innovador. Él buscaba eliminar los residuos y mejorar los tiempos de entrega de los automóviles a los clientes sustituyendo la tradicional producción en masa por la producción a pedido del cliente y evitar, además, la acumulación de mercancía (Porras Días, Sánchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014), (Cusumano, 1985), (Mateu, 2014).

Con las investigaciones se desarrolló lo que se conoce como “producción Lean” o “producción sin pérdidas”, que contiene una gran diversidad de sistemas de producción que comparten el principio de minimización de pérdidas (Ballard, 1999). La idea de la “producción sin pérdidas” se hizo el proceso de manufactura TPS—*Toyota Production System*, el cual trata de minimizar las existencias y desperfectos en todas las operaciones, para mejorar de manera considerable la producción de la fábrica y abarcar el 40% del mercado automovilístico japonés (Porras Días, Sánchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014). Autores como Koskela (1992) comentan que a los inicios de la década de los 90, la nueva filosofía era conocida en otras latitudes, de

diferentes formas, entre ellas “*producción sin pérdidas*”, “*nuevo sistema de producción*” o “*manufactura de clase mundial*”, y fue implementada en otros campos como la administración y el desarrollo de productos.

En 1992 Koskela (1992) comenzó a implementar esta filosofía en el sector de la construcción; De ello salió su trabajo denominado “*Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción*”, producido en el grupo de investigación CIFE de la Universidad de Stanford, en el cual mantuvo que la producción tendría que ser mejorada mediante la eliminación de los flujos de materiales y que las actividades de conversión mejorarían la eficiencia (Forbes & Ahmed, 2011). Otros investigadores, como Glenn Ballard, aportaron herramientas para la adaptación de la producción “*Lean*” al sector constructivo. Ballard y Koskela empezaron a trabajar juntos y formaron el Grupo Internacional de *Lean Construction*, surgido durante la primera conferencia sobre sistemas de gestión de proyectos de construcción en 1993 en Helsinki- Finlandia, donde se decide usar, por primera vez, la expresión “*lean construction*” haciendo mención a la implementación de la filosofía Lean (Porras Días, Sánchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014).

En 1997 Glenn Ballard y Greg Howell crearon el “*Lean Construction Institute*” con la idea de desarrollar y difundir nuevos conocimientos en la gestión de proyectos, ya que en los proyectos de construcción tradicionales no se respetaban los principios de diseño y la gestión de los procesos de producción a través del enfoque diseño-licitación-construcción no era completamente óptima para conseguir buenos beneficios, al contrario, se tenían atrasos en la finalización de la mayoría de ellos, sobrecostos para los constructores y clientes insatisfechos por los retrasos (Institute, 2013).

Aunque los principios en que se sustenta la filosofía “*Lean*”, como la mejora de los modelos de ejecución de proyectos constructivos, la maximización del valor para el cliente y reducción al mínimo las pérdidas (Bertelsen, 2004), eran conocidos, fue Lauri Koskela quien los formuló, en el 2000, después de diez años de investigación. Más tarde, en el 2001 Glenn Ballard los mejoró (Porras Días, Sánchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014). Por tanto, *Lean construction* es la adaptación y aplicación de los principios de producción de la fabricación japonesa a la construcción (Bertelsen, 2004).

2.3.3. LOS PRINCIPIOS LEAN

El pensamiento Lean tiene cinco principios básicos que fueron descritos por los autores Womack y Jones (1996). Por otro lado, Liker (2006) describió los 14 principios del Sistema de Producción Toyota. A continuación se muestra la descripción de los cinco principios básicos del pensamiento Lean, más la transparencia y la capacitación (Pons, 2014):

- **Valor:** *Lean* es crear valor para el cliente. Por lo tanto, algo tiene valor cuando satisface las necesidades del cliente, cuando se le entrega lo que quiere, como lo quiere y en la cantidad que lo quiere. Un mejor entendimiento de los valores desde el punto de vista del cliente proporciona las bases para un diseño del producto y el proceso para fabricarlo, más efectivos. El *valor* es el punto de partida del pensamiento Lean y se considera el aprecio que el cliente le da a un producto o servicio para satisfacer sus necesidades a un precio concreto y en un momento determinado.
En una empresa *Lean*, hay dos tipos de cliente. Por un lado está el cliente externo, también denominado usuario o consumidor y es el que define el valor del producto o servicio, aunque también lo pueden ser un almacenista, intermediario o un instalador. Por otra parte está el cliente interno, que es todo aquel que dentro del flujo de valor recibe una entrada de material o información por parte de un proceso en el flujo de valor.
- **Value Stream:** El siguiente paso es identificar la cadena de valor, que son todas las actividades actualmente necesarias para la transformación de materiales e información de un producto o servicio terminado y entregado al cliente, desde el comienzo de su diseño hasta su cierre y desde el pedido hasta la entrega. Según el sistema *Lean*, hay actividades que aportan valor y otras no.

Mediante los flujos de valor se gestiona una empresa *Lean*. Podemos identificar flujos de valor extensos que abarquen toda nuestra cadena de proveedores y clientes o flujos de valor más reducidos. Sin embargo, habitualmente el flujo de valor de una empresa abarca desde que entra el pedido de un cliente hasta que se hace efectivo el cobro, y desde que se realiza el pedido de la materia prima hasta que sale transformada hacia el cliente (esto contiene tanto las entradas y salidas de materiales como de las de información). Generalmente, hay un flujo de valor por cada familia de productos o servicios que entregue la empresa.

Las empresas *Lean* se centran en los flujos de valor, ya que es donde generarán dinero y dónde resultará más sencillo identificar los desperdicios y desarrollar un plan de acción para poder eliminarlos. No obstante, la empresa tradicional está gestionada por departamentos y focalizada en la mejora de tareas individuales en lugar de la mejora de todo el flujo de valor, por lo tanto, resulta más complejo identificar los desperdicios y la improductividad.

- **Flujo:** Una vez se identifica el valor para el cliente, se ha grafiado la cadena de valor y se han eliminados las operaciones que generan desperdicio, lo siguiente es que fluyan las operaciones creadoras de valor que quedan. En la gran parte de los flujos de valor, las actividades que realmente añaden valor tal y como lo percibe el cliente, representan una fracción mínima del total. *Lean* trabaja en la identificación y eliminación de la mayor cantidad posible de actividades que no añaden valor para mejorar la productividad y entregar más valor al cliente. Eliminar desperdicio es también una manera de crear flujo continuo en toda la cadena de valor.
- **Sistema Pull:** Sistema de control de la producción en el que las actividades aguas abajo (es decir, tanto las que están en las mismas instalaciones como en instalaciones separadas) dan la señal de sus necesidades a las actividades aguas arriba de la cadena de valor, a menudo mediante *tarjetas Kanban*, sobre qué elemento o material necesitan, en qué cantidad, cuándo y dónde lo necesitan. Es decir, que el proceso del proveedor aguas arriba no produce nada hasta que el proceso del cliente aguas abajo lo señala. Es el cliente, sea interno o externo, es quien tira de la demanda y no el fabricante o productor, que es quién empuja los productos hacia el cliente.
El sistema *Pull* forma parte el *Just-in-Time*, el cual elimina la cantidad excesiva de inventario y sobreproducción. Este sistema es lo opuesto al *Push* o tradicional, el cual se basa en el sistema de grandes lotes de artículos generados a gran escala y a la máxima velocidad, según la demanda, moviéndolos o empujándolos hacia el siguiente proceso aguas abajo, sin tener en consideración el ritmo actual de trabajo del siguiente proceso o la demanda real del cliente.
- **Perfección. Mejora continua:** *Lean Lexicon (2003)* describe la perfección como un proceso que genera valor, tal y como lo ha definido el cliente, sin ningún desperdicio de ningún tipo. Para lograrlo, es necesario el uso de tres herramientas en *Lean*: Kaizen o mejora continua, la estandarización de procesos y un plan de acción.
Conforme las organizaciones comienzan a especificar valor a modo preciso, se identifican toda la cadena de valor, hacen que las etapas creadoras de valor para los productos específicos fluyan de manera constante y dejan que sean los clientes quienes atraigan hacia sí (*Pull*) valor desde la empresa, las personas involucradas caen en la cuenta de que no hay límite para la mejora continua, mientras ofrecen un producto o servicio cada vez más cerca de lo que el cliente verdaderamente desea.
- **Transparencia:** Estímulo importante para todos los subcontratistas, proveedores, ensambladores, distribuidores, consumidores y empleados, ya que el tener acceso a más información resulta más fácil descubrir mejores metodologías para la creación de valor. Además se genera un feedback muy positivo para los empleados que hacen mejoras, un rasgo clave del trabajo *Lean* y un estímulo poderoso para seguir haciendo esfuerzo por mejorar.

- Capacitación: *Lean* pide por todos los empleados de la cadena o flujo de valor que exista una atención continuada para mantener el flujo y eliminar el desperdicio. Para conseguir este objetivo, tenemos que entregar a los empleados la información correcta de forma puntual y darles la autoridad para solucionar los problemas y trabajar en la mejora continua. Esta búsqueda de la perfección no puede conseguirse solo a mediante del trabajo de los gerentes; Todos los empleados se tienen que comprometer y tienen que estar capacitados para atender a las demandas de los clientes, crear más valor, eliminar desperdicio e incrementar la rentabilidad del negocio.

2.3.5. ¿QUÉ ES LEAN CONSTRUCTION? DEFINICIÓN Y ORIGEN

Existen varias definiciones de Lean Construction. Según *Lean Construction Institute* (ILC), es una filosofía que está orientada hacia la administración de la producción en construcción, cuya meta es la de reducir o eliminar las actividades que no añaden valor al proyecto y optimizar las actividades que sí lo hacen, por ello si principal enfoque es el de crear herramientas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y un buen sistema de producción que disminuya los residuos (**Institute L. C., 2013**). Se entiende por residuos todo lo que no origina valor a las actividades para poder terminar una unidad productiva. *Lean Construction Institute* clasifica los residuos o también denominados desperdicios, en siete categorías, las cuales se explicarán más adelante. Por tanto, el objetivo de esta filosofía es de la optimización de las transformaciones, eliminando o minimizando los flujos que los materiales tienen que seguir hacia los lugares de ejecución de trabajos por obra para conseguir más valor en los productos finales (**Orihuela, 2013**). Uno de los fallos del método tradicional es el de centrarse en las actividades de conversión y no tener en consideración el flujo de recursos para lograr la generación de más valor en los productos (**S. & Wijesiri, 2008**).

Otra definición, según Pons, J. (**2014**), *Lean Construction* dice que: *“Es la aplicación de los principios y herramientas del sistema Lean a lo largo de todo el Ciclo de Vida de un proyecto de construcción. Abarca el proceso completo de un proyecto desde su concepción hasta su ejecución y puesta en servicio. Entendemos Lean como una filosofía de trabajo que busca la excelencia de la empresa, por lo tanto, sus principios pueden aplicarse en todas las fases de un proyecto: diseño, ingeniería, precomercialización, marketing y ventas, ejecución, servicio de postventa, atención al cliente, puesta en marcha y mantenimiento del edificio, administración de la empresa, logística y relación con la cadena de suministro”*.

2.3.5. CONCEPTO DE MUDA O DESPERDICIO

Muda es una palabra japonesa, cuyo significado es el desperdicio. Es toda aquella actividad humana que absorbe recursos, pero no crea valor, como pueden ser los fallos que precisan rectificación, producción de artículos que nadie quiere y la repercusión de la acumulación de existencias y productos sobrantes, pasos en el proceso que no son realmente necesarios, movimientos de empleados y transporte de productos de un lugar a otro sin ningún propósito, grupos de personas en una actividad o bienes y servicios que no satisfacen las necesidades del cliente (**Womack & Jones, 1996**).

Taiichi Ohno (**1988**) descubrió que en una empresa u organización la mayor parte de las actividades que hacemos no agregan valor neto al producto o servicio final que entregamos al cliente y por lo consiguiente son susceptibles de mejorar o eliminar.



Figura 60: Círculo de la inproductividad de una empresa. Adaptado de Ohno. Elaboración propia a partir de la fuente: (Ohno, 1988)

2.3.6. TIPOS DE DESPERDICIOS

El componente principal en la metodología Lean es la eliminación del desperdicio, el cual se define como *“toda actividad que no añade valor para el cliente, que no transforma el producto, ni contribuye visiblemente a la consecución del bien final, que además consume recursos y por tanto ocasiona un sobrecosto para el productor, que de ser posible debe ser reducida o eliminada”* (Corredor Gutiérrez, 2015). Sin embargo, con la definición no es suficiente y se necesita tener conocimiento sobre cuáles son estos desperdicios, y cómo se presentan estos en la empresa, puesto que los desperdicios pueden aparecer ocultos o no visibles. Por tanto a continuación se muestra la clasificación y caracterización de los siete principales desperdicios según Corredor Gutiérrez (2015):

2.3.6.1. Sobreproducción

Son todas aquellas actividades en las cuales se procesa el material de forma más rápida, anticipada o en cantidades mayores a las necesarias en ese momento para otro proceso o las requeridas por el cliente, es decir, que el proceso no trabaja con respecto a la demanda, por lo que se provoca la existencia de inventarios innecesarios.

Producir de manera anticipada o en mayor cantidad hace que los operarios y las máquinas permanezcan sin hacer nada durante largos periodos, por otro lado, los costos aumentan debido a la inversión innecesaria de materiales, mano de obra, energía, etc. para producir en exceso; además hay desgaste innecesario de personal y maquinaria.

Este desperdicio puede producir daños en los productos como un estallido de defectos dada la alta cantidad de productos, el descontrol que estos generan y los daños de máquina causados por el desgaste de las mismas al trabajar a su capacidad máxima, lo que implica altos niveles de ineficiencia en calidad.

Entrando en el análisis este desperdicio se considera que es causado por tener instalaciones, máquinas o mano de obra innecesaria, es decir, tener una mayor capacidad de la que se requiere para cubrir la demanda,

puesto que dado que la razón de ser de la industria es “Producir”, la empresa suele incurrir frecuentemente en este desperdicio con el fin de aprovechar su capacidad instalada y mantener los márgenes de producción, sin considerar los requerimientos de los clientes.

Similarmente, las políticas de la empresa son causas generadoras de esta sobreproducción, dado que la mayoría de las fábricas trabajan bajo estándares de producción, motivando a sus trabajadores con incentivos para superar las metas de producción, diarias o mensuales, lo que genera tal desperdicio.

Hay otro tipo de causas que hacen referencia al proceso, y dado que la mayoría de las herramientas de la ingeniería Industrial están enfocadas a la mejora, pueden ser resueltas bajo un proceso sistemático de aplicación de dichas herramientas. Los principales factores del proceso que son generadores de este desperdicio son: el desbalance de la línea de producción, set-up (preparación de máquina) inapropiado y la mala programación de producción.

Resulta fácil relacionar estas causas con la sobreproducción, puesto que la falta de continuidad en el proceso o desbalance de línea ocasiona que unas máquinas produzcan en exceso y otras estén sin trabajo, generando de esta manera sobreproducción en algunas partes del proceso. Asimismo, la preparación de máquina puede ser complicado, lo que genera que las máquinas deban trabajar en exceso para evitar faltantes en la línea o con el cliente, sin embargo, la causa más importante de esta categoría de dirección de operaciones, es la mala programación de producción, que puede estar relacionada con la falta de conocimiento de la demanda o el pronóstico inadecuado de la misma, por lo que se produce en exceso sin ajustar la producción a la demanda.

Ahora, si se examinan factores inesperados como son los daños de máquina, problemas de calidad e inestabilidad en la demanda, es fácil detectar que estas causas están relacionadas con este desperdicio, dado que al haber un daño en la máquina, esto afecta a todo el proceso y se tiene sobreproducción en otras máquinas que siguen trabajando mientras se repara la máquina afectada. Por otra parte, los problemas de calidad siempre generan sobreproducción, puesto que al dañarse productos, se debe producir más para suplir todos los problemas causados por los defectos, y finalmente, la inestabilidad de la demanda es un factor totalmente incontrolable, hace que el proceso de producción deba adaptarse constantemente, lo que en realidad no se hace.

También el factor humano influye en la creación de este desperdicio, puesto que al existir tanto las políticas de estándares de trabajo, se considera que el trabajador trata de incrementar su estándar y así, obtener el beneficio sin tener en cuenta que al seguir este principio se genera producción en exceso e innecesaria.

Es probable que la empresa no sea consiente de este desperdicio, ya que son inventarios, los cuales son considerados como motivo de orgullo al cumplir o superar los niveles de producción establecidos y hace parecer que todo está funcionando perfectamente, produciendo al máximo de su capacidad y de esta forma se hace más difícil la eliminación de este desperdicio.

La empresa tiende a negar este desperdicio o a aceptar su presencia en la fábrica, ya que este desperdicio les genera un sentido de seguridad y tranquilidad al tener productos en reserva para responder al cliente o continuar con el proceso en dichos casos.

2.3.6.2. Esperas

Una espera se produce cuando los operarios o máquinas permanecen sin desarrollar trabajo alguno dado un trabajo previo que les impide iniciar sus actividades o cuando se está desarrollando una operación y debe permanecer en espera hasta que esta termine. Estas actividades o situaciones se consideran como un desperdicio porque representan tiempo perdido durante el proceso productivo por parte del operario o

máquina que permanece en espera de manera innecesaria, sin poder realizar ninguna labor que contribuya a la transformación del producto.

Las esperas en principio, no se caracterizan como actividades por lo que no podría considerarse como desperdicio, sin embargo, éstas hacen referencia al tiempo en el que el operario o máquina no hacen nada, y por lo tanto es un tiempo de desperdicio.

Este desperdicio es fácil de identificar en el proceso, incluso durante la observación se puede notar si el operario está o no trabajando, o si la máquina está o no en funcionamiento, sin embargo, es difícil de evitar puesto que requiere que haya una alta sincronía de las operaciones.

Cuando se hace una revisión del proceso se puede ver situaciones como las siguientes:

- El operario espera a que la máquina termine.
- La máquina está a la espera de que el operario termine.
- El operario y la máquina no están trabajando.
- Las máquinas están paradas de manera planificada o no.

Aun así, existen algunas empresas en las que no se identifican las esperas como un desperdicio, puesto que se justifica gastar ese tiempo mientras el proceso funcione y el material siga avanzando, por lo que se vuelve fundamental profundizar tanto en las causas como en los efectos que tiene este desperdicio sobre el proceso, para que así el analista de proceso tenga mayor certeza de la importancia de eliminar este desperdicio.

La causa principal de este desperdicio se encuentra relacionada con el manejo y diseño de las operaciones, ya que al no sincronizar las fases que comprenden los procesos se producen cuellos de botella, desbalance en la línea de producción, acumulación de inventarios, entre otros problemas, que finalmente conllevan a que unos operarios permanezcan sentados mientras otros están saturados, es decir, desperdicio de tiempo para algunos recursos. De la misma forma, encontramos dos causas atribuibles a la dirección de operaciones, como es el más planeamiento de requerimiento de materiales para la línea de producción y los largos tiempos de preparación de máquina (Set-up), dado que genera que los materiales o máquinas no estén disponibles para el procesamiento y por tanto los operarios y hasta las máquinas permanecen ociosos.

Hay otras situaciones similares que permiten visualizar la presencia de este desperdicio en el proceso como:

- El operario espera a que otro operario autorice o acabe su labor.
- El operario está en búsqueda de instrucciones para iniciar o continuar su labor.

Como se puede observar el principal efecto de este desperdicio son las pérdidas de tiempo, en algunos casos las esperas pueden ser tan largas que se llega a incumplir con las programación de entregas al cliente, lo que ocasiona una pérdida de la confianza y posteriormente, pérdida de clientes, sin embargo, también se desperdicia tiempo laboral de trabajadores y máquinas, puesto que eliminando este desperdicio se puede potenciar la capacidad de la empresa y mejorar la productividad.

Existe otra causa de este desperdicio, ya que cuando algunas máquinas producen más rápido que otras, generan desequilibrio en la producción y algunas operaciones deben ser forzadas a esperar mientras otras están trabajando.

Finalmente existe una causa como es la del factor humano, ya que si éste no está capacitado para realizar múltiples labores y solo conoce el funcionamiento de su puesto de trabajo, ni realizar múltiples tareas en otras estaciones de trabajo que lo requieran o produce demoras en el proceso.

2.3.6.3. Transportes

Los transportes dependen de la distribución en planta, por lo que la mala o inadecuada distribución es la causa fundamental de este desperdicio, que son todas las actividades relacionadas con el traslado de material o herramientas a un lugar determinado para su procesamiento o almacenamiento, como pueden ser apilar, acumular, ordenar, desplazar, descargar, incluyendo cuando es necesario trasladar el equipo de transporte en la planta como carretillas, diablitos, contenedores, montacargas, entre otros, al punto donde se requiere levantar y trasladar material.

Si se observa en planta desde la perspectiva del material, es fácil identificar que el material se está moviendo, que requiere almacenes, contenedores, bandas transportadoras incluso personal para su carga y descarga, sin embargo, las empresas tienden a negar este desperdicio ya que según ellos el material debe fluir a través de la planta para ser transformado y que las máquinas están en un lugar determinado (por lo que no se pueden mover) y no se interesan en modificar los procesos para evitar que el material se traslade eliminando este desperdicio.

Otra causa de este desperdicio es cuando se envían piezas equivocadas al lugar equivocado o en el momento equivocado, puesto que se realizan transportes innecesarios que pueden ser considerados como un error humano.

De la misma forma, se asocian las políticas establecidas por la empresa como el tamaño de lote, el cual provoca que aparezcan o incremente los traslados de material de una zona a otra, entre estaciones o desde el almacén que generalmente está alejado de la zona de producción, incrementando así los transportes y por tanto sus consecuencias como: el incremento del tiempo de ciclo del proceso, los costos de inversión y el número de piezas o herramientas dañadas.

2.3.6.4. Sobreprocesamiento

Este desperdicio es muy difícil de identificar, puesto que a diferencia de las demás, las actividades que se clasifican como sobreprocesamiento hacen parte del proceso y contribuyen a una transformación del producto, por lo que pueden clasificarse como actividades de valor añadido y por ello es importante destacar que son consideradas como desperdicio puesto que con ellas se realiza más trabajo del necesario, es decir, son actividades que hacen exceso de procesado sobre el producto del que es requerido para obtener el producto final. Algunos ejemplos de estas pueden ser: procesar dos veces el producto por la misma máquina, retrabajar piezas, enrollar una tuerca en un tornillo muchas veces para fijar una pieza en vez de modificar la pieza para que solo se deba apretar un par de veces.

Estas actividades pueden no ser requeridas para el desarrollo del producto, ser ineficientes o mejorables, por lo que con un análisis de operaciones y una mejora del proceso pueden ser modificadas de tal manera que logren hacerlo más eficiente.

Este desperdicio es quizá el desperdicio más difícil de eliminar, puesto que además de desarrollar una transformación en el producto, se puede ocultar como un proceso valioso, es decir, creerse que es esencial para el proceso y para reducirlo es necesario eliminar elementos innecesarios del trabajo mismo, sin embargo, se debe analizar minuciosamente el proceso para identificar o determinar las actividades que no son requeridas o son ineficientes.

La forma más habitual de negar este desperdicio en la industria es la necesidad de procesos alternativos en caso de que ocurra alguna situación particular o reacción ante cualquier eventualidad, por lo que este desperdicio incrementa constantemente al haber fallos de máquina, defectos, mal mantenimiento, falta de adaptación y falta flexibilidad tanto de los procesos como de máquinas generando procedimientos adicionales, es decir, sobreprocesamiento.

Este desperdicio puede permanecer oculto, porque no es fácil identificar que el proceso puede ser mejorado o que existen tanto formas como medios para llevar a cabo cada actividad de forma más eficiente y amigable, las cuales pueden implicar modificación de la tecnología, cambio de procedimientos e instrucciones de trabajo, capacitaciones, entre otras mejoras que en algunas empresas no son consideradas puesto que requieren múltiples cambios, recursos y gastos adicionales, tanto que prefieren omitir este desperdicio y simplemente aceptarlo como parte del proceso.

Es bastante frecuente que el sobreprocesamiento pueda ser causado por problemas de comunicación entre el departamento de ingeniería y la parte operativa, dado que si cualquiera de las partes hace modificaciones al proceso que no son informadas a la otra parte, se genera una serie de redundancias en el proceso que no pueden ser modificadas hasta que se realice un análisis de operaciones.

Lo ideal para evitar este desperdicio, sería encontrar la relación adecuada entre proceso, producto, personal y equipo, es decir, obtener un proceso adecuado para producir con el equipo y el personal adecuado el producto deseado; sin embargo, en la mayoría de las industrias se adaptan los procesos a la tecnología existente para desarrollar el producto lo más ajustado a los requisitos del cliente, lo que ocasiona que este desperdicio incremente, porque la tecnología no es adecuada, porque el proceso o los instructivos de trabajo están mal diseñados y generan más procedimientos de los requeridos que no pueden ser adaptados conjuntamente a las necesidades del cliente, provocando así pérdidas de tiempo e incremento de los costos.

2.3.6.5. Inventario

Es todo el material, partes, insumos, productos procesados o terminados que se encuentran estancados en espera de ser procesados o vendidos y pueden estar en la línea de producción o en los almacenes, los cuales requieren actividades como manejo, gestión, coordinación, control y mantenimiento del inventario que son innecesarias para la empresa, y que resultan un desperdicio.

Sin embargo, en muchos casos el inventario no se reconoce como desperdicio, porque es material, partes o productos terminados considerados en las empresas como activos necesarios para el proceso, que pueden ser requeridos en cualquier momento de la producción en caso de algún inconveniente o por una demanda inesperada, por lo que son aceptados como una necesidad de la empresa para responder de la mejor manera al comportamiento del mercado y a los requerimientos del proceso.

La primera forma de ocultar este desperdicio es considerándolo como activos en la empresa, los cuales requieren recursos para su manejo, espacios, instalaciones, personal, sistemas de información, seguros, entre otros, que generan sobre costo en la producción y que no son visibles ante los resultados financieros de la empresa, de tal forma que oculta todos los gastos asociados sin dejar ver la magnitud perdida por este hecho.

La segunda relación más evidente es, entre los inventarios y la calidad del producto, puesto que este desperdicio genera pérdidas en existencias por deterioro u obsolescencia y daños en el transcurso del almacenamiento. Conforme crece el inventario va aumentando el nivel de control y manejo necesario, por lo que se requiere que la empresa invierta más y controle más, sin embargo, con el transcurrir del tiempo y dado el ambiente cambiante en el que las empresas están operando, los inventarios se vuelven obsoletos con facilidad, y quizá no hay nada peor para una empresa que tener una gran cantidad de productos equivocados o deteriorados que nunca se van a poder vender y que representarán una pérdida considerable para la empresa.

De forma semejante, se podrían identificar infinitas relaciones entre los inventarios y los problemas en la producción, tales como: fallos de máquina, pérdida de tiempo, esperas de operarios y máquinas, defectos, ausentismo y fallos en la programación, que con un buen nivel de inventario podría cubrir los inconvenientes de la fábrica, puesto que los productos disponibles en el almacén, en etapas anteriores o posteriores permiten que el proceso siga de forma natural en la empresa mientras se supera el problema imprevisto.

Esta idea de cubrir algún problema con una solución momentánea, como son los inventarios, es la justificación más conocida de este desperdicio, ya que a pesar de ser los causantes del sobre costo en manejo, manipulación, espacio requerido, transportes, recuperación en caso de daños e incrementan los problemas, la industria sigue manteniendo inventarios en el proceso.

A pesar que podría pensarse que los otros problemas ya mencionados son las principales causas de este desperdicio, la sobreproducción es el causante de inventarios, dado que al tener instalaciones o capacidad excesiva es frecuente generar productos y por ende este desperdicio. También existen otros factores que influyen en la generación de inventarios como son la falta de sincronización entre procesos, el desbalance de línea, la presencia de cuellos de botella, largos tiempos de ajuste o preparación de máquina y principalmente una mala coordinación y programación de producción, los cuales impiden que el proceso fluya con normalidad.

La demanda también se vuelve un factor determinante para la aparición o no de inventarios dado que es incontrolable y además cambiante, por lo que no se puede prever la cantidad exacta de productos que se requerirá, provocando que en momentos haya escasez y en otros exceso de inventarios, sin embargo debe manejarse un buen pronóstico para evitar generar este desperdicio.

Dada la naturaleza de los inventarios y los análisis mostrados anteriormente, los efectos que ocasionan los inventarios en la fábrica son la generación de costos de inversión adicionales en espacios, instalaciones, equipos, sistemas de información, personal para la gestión de inventarios y gastos en seguros, salvaguardas, obtención y manejo de información sobre ellos, administración, inspecciones de calidad, auditorías, prevención y control de daños, productos obsoletos o golpeados durante el traslado y la acomodación que representan múltiples pérdidas de tiempo, calidad y dinero, generando además otros desperdicios como sobreprocesamiento (todos los procesos adicionales para el manejo de inventarios), transportes, defectos y esperas.

La relación que se ha mencionado sobre los inventarios y los problemas en los procesos de producción se puede generalizar a los demás desperdicios, ya que las múltiples situaciones que afectan el comportamiento de la empresa se relacionan directamente con los desperdicios.

Se concluye que conociendo los diferentes desperdicios y sus causas, la manera de proceder para su eliminación es identificar las relaciones existentes entre ellos para saber cómo mejorar los procesos de forma progresiva y efectiva, lo que permitirá identificar los puntos de mejora en el proceso para obtener una eliminación definitiva del desperdicio.

2.3.6.6. Movimientos

Son todas aquellas actividades que realizan los trabajadores de manera innecesaria en su puesto de trabajo o desplazamiento en la planta, como mover maquinaria, buscar herramientas, doblar o acomodar, caminar, levantar o realizar desplazamientos en exceso, las cuales son innecesarias o incómodas pero que según el proceso de trabajo actual es la única forma de desarrollar el trabajo y perjudican el proceso, puesto que extienden el tiempo necesario para el desarrollo de la actividad, por lo que se consideran como un desperdicio.

Este tipo de actividades son frecuentemente desarrolladas en la industria, pero no se les da ninguna importancia, dado que se cree que es la única forma de desarrollar el proceso o no se le presta la suficiente atención, dado que la producción está en marcha y lo más importante es que avance, sin importar los desperdicios de tiempo y desgaste del trabajador durante este proceso. Es difícil visualizar este desperdicio con una observación general, se requiere que el análisis se haga a nivel del operario y las operaciones que desarrolla el mismo.

Por otra parte, este desperdicio es el principal generador de enfermedades, problemas de salud o accidentes laborales, dada su relación con el desplazamiento y actividades realizadas por el trabajador durante la operación, lo que ocasiona problemas aún mayores como problemas de seguridad laboral y los gastos asociados, incluso hasta daños en los materiales y posible desmotivación de los trabajadores.

De la misma forma que los anteriores desperdicios, se pueden clasificar algunos factores que están provocando este desperdicio en la empresa como lo son:

- En primera instancia, la distribución tanto a nivel de puesto de trabajo como a nivel de planta, puede ocasionar que el trabajador tenga que buscar, alcanzar o desplazarse para tener a su disposición materiales y/o herramientas de trabajo, incluso la ubicación de almacenes o depósitos de herramientas puede ocasionar este desperdicio, sin embargo también el diseño o la complejidad de las máquinas hace que el operario deba realizar o realice múltiples movimientos innecesarios.
- En segunda instancia, dada la misma naturaleza del desperdicio, es decir, como esté se relaciona con las labores en su puesto de trabajo, un factor que propicia el surgimiento de este desperdicio es la organización y diseño del puesto de trabajo, puesto que el operario se ve sometido a dicha distribución creada por la dirección de operaciones, quienes además son los que desarrollan y controlan la manera de trabajar, que influye como agente causal de múltiples movimientos innecesarios, bien sea por determinaciones de los instructivos de trabajo las cuales pueden ser deficientes, en muchos casos inexistentes, o por negligencia del trabajador.
- En tercera instancia, la organización tanto del puesto de trabajo como de la planta es causa fundamental de este desperdicio puesto que propicia que el trabajador deba desplazarse más de lo necesario para obtener una herramienta o parte, que deba hacer labores como: buscar, seleccionar, encontrar, alcanzar, agarrar, desplazar, colocar, entre otras, que no contribuyen a la transformación del producto y por ende se consideran como desperdicio.

2.3.6.7. Defectos

Los defectos son el desperdicio más común en la industria, incluso se crean estaciones de trabajo para recuperación de defectos, estaciones de inspección para aceptar y rechazar partes, herramientas para retrabajar los productos que no resultan bien a la primera vez y oficinas para devoluciones, labores que desde el punto de vista de la manufactura Lean son un desperdicio, puesto que lo correcto sería transformar la pieza una sola vez y que este perfecta en dicho intento.

De esta forma, se puede decir que este desperdicio está compuesto por todas aquellas partes que han sido rechazadas, que tienen defectos o que están fuera de especificaciones, las cuales no pueden ser enviadas al cliente en estas condiciones, deben ser reparadas o rechazadas. Sin embargo, esta categoría del desperdicio incluye además a los productos que puedan ser devueltos por el cliente, por fallos en su funcionamiento o por defectos en calidad.

Los cuales pueden ser ocasionados por:

1. Instalaciones, equipos o herramientas inadecuadas o inapropiadas que puedan estar dañando las piezas durante el procesamiento.
2. Estándares en la operación, instrucciones o sistemas de inspección inadecuados los cuales se enfocan principalmente en la revisión de las piezas después del procesamiento y no durante el proceso, además pueden ser un poco confusas o difíciles de cumplir, lo que ocasiona frecuentemente defectos.
3. Por fallos de máquina o falta de mantenimiento del equipo.

4. O puede ser causado por factores humanos como: errores humanos, falta de atención, falta de capacitación, incluso el interés o la motivación con la que el trabajador desarrolle su labor influye en la obtención de un producto defectuoso.

Un factor muy importante en la detección de las causas que generan este desperdicio son las políticas de la empresa, en este caso, el diseño del producto, dado que si desde el principio el producto está mal diseñado o no se ha considerado una relación funcional producto-proceso es difícil que el producto pueda manufacturarse con las especificaciones que exige su diseño, lo que provocaría una frecuente recurrencia en este desperdicio y no sería controlable desde el punto de vista de la dirección de operaciones.

Aunque es fácil visualizar este desperdicio y relacionarlo con sus causas, la eliminación es muy compleja, dado que en principio todas las empresas cuentan con defectos, incluso son vistos como algo natural, cotidiano, que sucede y que no afecta el proceso, porque en dado caso que haya un producto en estas condiciones puede ser reparado o simplemente se produce otro para reemplazarlo, lo que lo vuelve difícil de eliminar, principalmente porque el proceso está diseñado para aceptar un máximo de defectos, sin tener en cuenta las consecuencias.

Las consecuencias son:

- En primera instancia afecta directamente la eficiencia del proceso, puesto que se debe producir más de lo requerido para cubrir los productos dañados, incrementando así el tiempo de procesamiento de pedidos, el costo y el trabajo requerido; también se afectan otros factores un poco más fuertes como la imagen de la empresa, que se ve deteriorada en el momento que un cliente reciba un producto defectuoso o cuando se incumple con la programación de entregas que es muestra evidente de problemas en el proceso productivo.
- También se generan otros costos y operaciones logísticas adicionales para el manejo de este tipo de productos tanto al interior (en el manejo de retrabajos) como el exterior de la empresa (en el manejo de devoluciones) y otras operaciones de producción adicionales, como la reprogramación de pedidos y lotes dada la necesidad de cumplir con las entregas.

2.3.7. DEFINICIÓN DE LEAN MANUFACTURING

Para definir “Lean Manufacturing” se empezará definiendo de dónde procede y sus orígenes. Después de la Segunda Guerra mundial, la compañía automovilística más importante de Japón, Toyota, se dio cuenta que su método de trabajo de la producción en masa no les era favorable por diversos motivos, como la situación del país. Por tanto, los ingenieros Eiji Toyoda y Taiichi Ohno, iniciaron lo que en Toyota se denominaría el Sistema de Producción Toyota, y que más tarde pasaría a llamarse “Lean Manufacturing (Tejeda, 2011).

Toyota es el alma máter de este nuevo estilo de gestión de procesos; de hecho, ha sido la empresa impulsora de ésta filosofía difundida a través del mundo gracias a Womack y Jones (2005). Ambos han viajado por distintos lugares recopilando sus conocimientos y experiencias en una gran obra titulada La máquina que cambio el mundo, en la cual analizan y revelan la evolución de los sistemas de gestión de la producción en el sector automoción. La incontestable superioridad del modelo japonés fue lo que desencadenó un proceso generalizado de imitación en las empresas estadounidenses y europeas.

Según autores como Gisber (2015) y Hernández Matías y Vizán Idoipe (2013), el primer problema con el que nos encontramos a la hora de definir el significado de Lean Manufacturing es la gran cantidad de términos en castellano con los que las empresas se refieren a estas técnicas. Según cada sector, cada industria, dependiendo de las escuelas o universidades en las que se haya formado, se encontrará distintas palabras o traducciones para referirse a lo mismo, como producción/fabricación delgada, ajustada, ágil, esbelta,...por otra parte, las empresas han ido adoptando como universales palabras en inglés o en japonés que han pasado a ser parte del vocabulario técnico de las empresas que adoptan metodología Lean. Por lo tanto, lo más fácil es ceñirse exclusivamente a la denominación “Lean” dado que puede aplicarse a sectores y distintos entornos de fabricación. Así que, se define “Lean Manufacturing” como una filosofía de trabajo cuyo objetivo principal es de eliminar todo desperdicio, y así conseguir mayor eficiencia en todos los procesos (Gisbet, 2015).

Lean Manufacturing está basada en las personas y define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose principalmente en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicio”. Estos desperdicios se definen como los procesos que utilizan más recursos de los estrictamente necesarios (Gisbet, 2015), (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

Lean atiende lo que no deberíamos hacer porque no agrega valor al cliente, ya que no satisface sus necesidades, y por tanto, tiende a eliminarlo. Esta metodología utiliza una aplicación sistemática y habitual de un conjunto amplio de técnicas que envuelven la práctica totalidad de las áreas operativas de fabricación, como pueden ser la organización de puestos de trabajo, la gestión de la calidad, flujo interno de producción, el mantenimiento y la gestión de la cadena de suministro (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

Autores como Womack y Jones (2005) y Cuatrecasas (2002), entre otros, aseguran que un sistema de producción Lean es el que produce lo que la demanda solicita, en la cantidad solicitada y en el momento en que se solicita, suprimiendo todas las actividades que no aportan ningún valor al producto.

Lo que pretende Lean es el de generar una nueva cultura de mejora, basada en la comunicación y en el trabajo en equipo, por ello, es imprescindible ajustarse y adaptarse el método a cada caso en concreto. La filosofía Lean busca de forma continua nuevas maneras de hacer las cosas de forma más ágil, flexible y económica.

Cuatrecasas (2002), menciona que la gestión Lean ha contribuido notablemente a la mejora de la eficiencia, competitividad, rapidez de respuesta y flexibilidad en los procesos, bien sea industriales o de servicios. Además permitiendo a las empresas ofrecer una alta variedad de productos, con un bajo coste, altos niveles de productividad, de velocidad de entrega, con un mínimo de stock y niveles óptimos de calidad.

En definitiva, el pensamiento Lean va evolucionando de forma permanente como resultado del aprendizaje continuo, que se va adquiriendo sobre la implementación y adaptación de las diferentes técnicas a los distintos entornos industriales e, incluso, de servicios.

2.3.8. HERRAMIENTAS LEAN

Para poder llevar a cabo la implementación exitosa de los principios del pensamiento Lean es necesario la aplicación de técnicas y herramientas, pudiendo aplicarlas individualmente o bien de forma combinada. Algunas de éstas técnicas y herramientas son:

2.3.8.1. Las 5S

Ésta técnica representa los cimientos de hábito de mejora, lo cual ayuda a mantener un ambiente de trabajo organizado, ordenado, limpio y seguro, mejorando así la calidad de vida en el trabajo.

- **Seiri (clasificar)**

El primer paso para obtener una mejora en la calidad de vida en el trabajo consiste en la clasificación de todos los materiales u objetos según el criterio necesario o innecesario, estableciendo un máximo de materiales u objetos necesarios. De esta manera eliminaremos de la zona de trabajo todo lo que no se vaya a utilizar en los próximos 30 días.

- **Seiton (ordenar)**

Una vez retirado lo innecesario hay que poner en orden todos los materiales u objetos de trabajo en su ubicación predeterminada de forma que cualquier persona los pueda encontrar en el menor tiempo posible.

- **Seiso (limpiar)**

Aparte de tener solo lo necesario en el lugar de trabajo, y además de manera ordenada, se debe mantener limpio el entorno y máquinas, lo que facilitará la detección de defectos y así poder solucionarlos rápidamente.

- **Seiketsu (estandarizar)**

Estandarizar implica crear controles visuales o pautas escritas y detalladas para mantener el orden y la limpieza alcanzado gracias a los pasos anteriores.

- **Shitsuke (disciplina)**

Implica mantener una formación y disciplina para asegurar que todos y cada uno de los implicados cumplen siempre de manera correcta las reglas, a modo de que se transformen en hábitos.

2.3.8.2. Kanban

Es una forma de control visual que gestiona la manera en que se van completando tareas, cuyo objetivo es lograr productos de calidad y acabar con las saturaciones y el caos que se puedan generar cuando prima la rapidez. Para poder obtener productos de calidad se obliga a finalizar todas las tareas de un proceso correctamente, ayudándonos de las reglas establecidas para ésta técnica, que son las siguientes:

- Los últimos procesos siempre tiran de procesos anteriores. Esto quiere decir que un proceso nuevo iniciará al recoger los productos que se hayan generado en el proceso anterior en las cantidades necesarias y en el momento adecuado.
- Produce solo la cantidad tomada del proceso anterior. Como continuación de la regla anterior, el primer proceso deberá fabricar solo el número de productos requeridos por el proceso que continua.
- No hay producción o comunicación si no es hecha por una tarjeta Kanban. Todos los procesos que se lleven a cabo deberán reflejarse en la tarjeta Kanban, donde se irán identificando las tareas necesarias para realizar un proceso según el estado en el que se encuentren. Un ejemplo sencillo de una tarjeta Kanban sería el siguiente:
- Kanban debe estar adjunto a las partes actuales. Aparte de las tarjetas Kanban donde se organizan los procesos a realizar, debe adjuntarse una etiqueta en cada proceso que contemple la siguiente información como mínimo:
 - Número de parte del componente y su descripción.
 - Nombre/Número del producto.
 - Cantidad requerida.
 - Tipo de manejo del material requerido.
 - Dónde debe ser almacenado cuando sea terminado.
 - Punto de reorden.
 - Secuencia de ensamble/producción del producto.
- Defectos nunca son mandados al siguiente proceso. En caso de identificar algún defecto, se debería paralizar la producción, pues se trabaja con el número exacto de productos, y el producto defectuoso se mandaría al proceso anterior. Por este motivo debe evitarse a toda costa que los defectos se manden al siguiente proceso.
- Revisión periódica del número de Kanban emitido. Después de llevar a cabo todas las reglas mencionadas no sirve de nada especular sobre el resultado, sino que debe llevarse un registro exacto del número de Kanban emitidos y a su vez comprobar que las cantidades emitidas son las necesarias.

2.3.8.3. Single Minute Exchange of Die (SMED)

Con esta herramienta se pretende evitar las paradas en los cambios de formato en las maquinarias, y en caso de no ser posible, hacer que el tiempo y el impacto sobre la producción sean los mínimos, procurando crear un flujo continuo en el proceso. El proceso SMED se caracteriza por ser un método de pensamiento básico sobre la producción, sistema realista y un método práctico y éste se divide en cuatro etapas:

- Separar las operaciones internas de las externas. En esta fase hay que diferenciar entre la preparación con la máquina parada, denominándose como operaciones internas, y la preparación con la máquina en funcionamiento, denominando las operaciones como externas.
- Convertir operaciones internas en externas. Este paso debería aplicarse siempre que fuera posible, evitando de esta manera las paradas en los procesos.
- Organizar las operaciones externas. Esta fase se basa en la disposición de todas las herramientas y materiales que son necesarios para las operaciones externas, estando dispuestos junto a la máquina y tras haber realizado todas las operaciones necesarias deben estar todos los componentes.
- Reducir el tiempo de las operaciones internas. En esta fase se pretende reducir al mínimo el tiempo invertido en las operaciones de mantenimiento internas, y por tanto las paradas de los procesos. Uno de los mejores métodos de reducción es la estandarización de las características de los sistemas de sujeción de los elementos móviles de las máquinas.

2.3.8.4. Jidoka

Jidoka es una palabra japonesa que se traduce como autonimación, que significa automatización con un toque humano. La idea es que los trabajadores no tengan que supervisar constantemente el funcionamiento de las máquinas, sino dotar de mecanismos que hagan el control automático y que el trabajador sólo tenga que intervenir cuando algo va mal.

El concepto de Jidoka es revolucionario. En primer lugar choca frontalmente con los esquemas de organización tayloristas anteriores, donde sólo el jefe podía detener la cadena de producción y donde los trabajadores eran meros peones. Para poder asumir la responsabilidad de detener la cadena de producción, el trabajador pasa de ser un mero peón a conocer cómo encaja su labor dentro de todo el proceso, a ser un trabajador cualificado.

Con el jidoka, los departamentos de control de calidad fueron suprimidos. Esto requiere una explicación, pero la calidad no se controla. Generalmente, el control de calidad por inspección es fruto de la resignación ante la inviabilidad de evitar los defectos. Es decir, cuando es más barato desechar el defecto que prevenirlo o evitarlo, entonces se recurre al control de calidad por inspección.

La idea del Jidoka es no resignarse ante la producción de defectos, ni al control de calidad por inspección. La calidad no se controla, se produce. Si un proceso produce defectos lo que se produce por sistema es no calidad. Lo que habría que hacer es modificar el proceso productivo para que dichos defectos no se produzcan y no sea necesario desechar nada.

Con Jidoka los temibles departamentos de control de calidad ya no son necesarios, porque la calidad no es responsabilidad de un único departamento, sino de todos los trabajadores de la empresa. Idealmente no debería haber operarios exclusivamente dedicados a la supervisión de la máquina, ni a la inspección de los productos.

2.3.8.5. Andon

Término japonés para alarma, indicador visual o señal, utilizado para mostrar el estado de producción, utiliza señales de audio y visuales. Es un despliegue de luces o señales luminosas en un tablero que indican las condiciones de trabajo en el lugar de producción dentro del área de trabajo, indicando el color el tipo de problema o condiciones de trabajo.

El Andon puede consistir en una serie de lámparas en cada proceso o un tablero de las lámparas que cubren un área entera de la producción. Un sistema Andon para una línea automatizada se puede interconectar con las máquinas para llamar la atención a la necesidad actual de las materias primas. Andon es una herramienta usada para construir calidad en nuestros procesos. Si un problema ocurre, la tabla de Andon se iluminará para señalar al supervisor que la estación de trabajo está en problema. Los colores usados son:

- Rojo: Máquina descompuesta.
- Azul: Pieza defectuosa.
- Blanco: Fin de lote de producción.
- Amarillo: Esperando por cambio de modelo
- Verde: Falta de Material.
- No luz: Sistema operando normalmente.

El sistema Andon:

- Permite acciones correctivas oportunas alertando al personal cuando ocurren las condiciones anormales.

- Ayuda los supervisores a pasar menos tiempo y esfuerzo supervisando la situación, y más tiempo que solucionando anomalías.
- Elimina el hábito de la corrección tardía basándose en un reporte, los operadores pueden divulgar averías inmediatamente y las contramedidas se pueden poner en ejecución en la fuente con evidencias aun frescas.

2.3.8.6. Poka yoke

El término viene de la palabra japonesa “Poka” error inadvertido y “yoke” prevenir. Esto viene de un mecanismo que ayuda a prevenir errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios, para que el trabajador se cuente y lo corrija inmediatamente.

En definitiva, se trata de una herramienta para eliminar defectos en un producto y sea prevenido o corregido los errores que se presenten.

Como reseña historia estos dispositivos fueron introducidos en Toyota en la década de los 60, por el ingeniero Shigeo Shingo dentro de lo que se conoce como sistema de producción.

Actualmente los Poka-Yoke suelen constituir en:

- Un sistema de detección, cuyo tipo de dependerá de las características a controlar.
- Un sistema de alarma, que avise al trabajador de producirse el error para que los subsane.

Este sistema implica llevar un control al 100% así como retroalimentación y acción inmediata cuando los defectos o errores ocurren.

La idea básica de los gurús de la calidad y el Poka-Yoke es frenar el proceso de producción cuando ocurre algún defecto, definir la causa y prevenir que el defecto vuelva a ocurrir. La clave es ir detectando los errores antes de que se conviertan en defectos, e ir corrigiéndolos para que no se repitan. Lo cual no lleva que para tener éxito en la reducción de defectos dentro de las actividades del producción, debemos entender que los defectos son generados por el trabajador y que toda inspección puede descubrir los defectos. Podemos encontrar cuatro tipos de inspección:

- Inspección de criterio. La principal característica de esta inspección es que los defectos son inevitables y que son requeridas rigurosas inspecciones para poder reducirlos.
- Inspección informativa. Es una inspección utilizada para obtener datos y tomar acciones correctivas.
- Inspección subsecuente. Esta inspección se realiza de arriba hacia abajo, encontrando defectos a simple vista para luego profundizar en ellos.
- Inspección en la fuente. Utilizada para prevenir defectos y poder eliminarlos posteriormente.

2.3.8.7. Total productive maintenance (TPM)

Total productive maintenance (TPM) también es conocido como mantenimiento productivo total. Éste es un sistema de producción basado en el mantenimiento continuo de las maquinarias, equipos e instalaciones que permite un conocimiento profundo tanto de las maquinarias como del proceso por parte del operario, proporcionando así una mejora continua. De esta manera el operario se responsabiliza de la máquina y el proceso, convirtiéndose en una pieza clave y maximizando la eficiencia del equipo.

El mantenimiento productivo total está basado en los siguientes principios fundamentales:

- Participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta para conseguir el éxito del objetivo.

- Creación de una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema de producción y gestión de los equipos y maquinarias. De tal forma se trata de llegar a la Eficiencia Global (OEE).
- Implantación de un sistema de gestión de las plantas productivas tal que se facilite la eliminación de las pérdidas antes de que se produzcan y se consigan los objetivos.
- Implantación del mantenimiento preventivo como medio básico para alcanzar el objetivo de cero pérdidas mediante actividades integradas en pequeños grupos de trabajo y apoyado en el soporte que proporciona el mantenimiento autónomo.
- Aplicación de los sistemas de gestión de todos los aspectos de la producción, incluyendo diseño y desarrollo, ventas y dirección.

Y siguiendo estos principios básicos debemos establecer las actividades fundamentales para poder aplicar esta metodología.

- Mantenimiento autónomo
- Mantenimiento de calidad
- Mantenimiento planificado
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo

2.3.8.8. Kaisen

El significado de la palabra Kaizen es mejoramiento continuo y esta filosofía se compone de varios pasos que nos permite analizar variables críticas del proceso de producción y buscar su mejora en forma diaria con la ayuda de equipos multidisciplinares. De esta forma se pretende tener una mejor calidad y reducción de los costes de producción con simples modificaciones diarias. Al hacer Kaizen los trabajadores van a ir mejorando los estándares de la empresa y al hacerlo podrán llegar a tener estándares de muy alto nivel y alcanzar los objetivos de la empresa.

El Kaizen utiliza el Círculo de Deming como herramienta para la mejora continua. Este círculo de Deming también se le llama PDCA por sus siglas en inglés.

- Plan (Planear): en esta fase el equipo pone su meta, analiza el problema y define el plan de acción.
- Do (Hacer): Una vez que tiene el plan de acción, este se ejecuta y se registra.
- Check (Verificar): Pasado un tiempo, se analiza el resultado obtenido.
- Act (Actuar): Una vez que se tiene los resultados se decide si se requiere alguna modificación para mejorar.

Los fundamentos más importantes son la disciplina y el compromiso.

- La disciplina y constancia son lo que hacen que el Kaizen se diferencie de otras metodologías y por lo que la hace ser filosofía. El grupo, una vez arreglado el problema, sigue mejorando y no paran ni se quedan esperando otro problema.
- En cuanto al compromiso, se debe destacar que todo nivel de organización tiene involucramientos en el Kaizen. Es muy común decir en que el Kaizen es para la planta y operadores eso no es así, el Kaizen empieza desde los niveles jerárquicos superiores y va descendiendo en la cadena jerárquica.

2.3.8.9. Overall equipment effectiveness (OEE)

Este método también es conocido como Eficiencia General de los Equipos, es un método desarrollado para el seguimiento y mejora de la eficiencia de la producción, y por tanto es un método para obtener una mejora continua. El OEE mide con un único ratio el porcentaje de efectividad de máquinas y procesos respecto a su máquina ideal equivalente, combinando tres elementos asociados en cualquier proceso de producción:

- Disponibilidad: tiempo real de la máquina produciendo.
- Rendimiento: producción real de la máquina en un determinado periodo de tiempo.
- Calidad: producción sin defectos generados.

Teniendo claros éstos conceptos deberemos aplicar la metodología siguiendo los pasos a continuación:

- Definir la capacidad instalada por modelo y tamaño
- Capturar información, la cual es necesaria para medir la producción de cada estación de trabajo por turnos, desplegar los resultados visualmente, identificar las principales causas de ineficiencia y que se tomen medidas correctivas para generar resultados reales.
- Cálculo del OEE. Para obtener el resultado del ratio del OEE solo debemos multiplicar los datos correspondientes a los tres conceptos básicos mencionados al principio, disponibilidad, rendimiento y calidad, siguiendo la siguiente fórmula: “ $OEE = U \times R \times Q$ ”.
- Procesamiento de datos. En este paso debemos tabular los resultados y las causas de ineficiencias guiándonos por los siguientes parámetros:
 - $OEE < 65\% \rightarrow$ Inaceptable
 - $65\% < OEE < 75\% \rightarrow$ Regular
 - $75\% < OEE < 85\% \rightarrow$ Aceptable
 - $85\% < OEE < 95\% \rightarrow$ Buena
 - $OEE > 95\% \rightarrow$ Excelencia
- Planteamiento de propuestas para mejorar la productividad. Derivado del análisis anterior, se plantean propuestas para mejorar la productividad de la operación analizada.
- Obtención de resultados. Por último queda aplicar las propuestas planteadas en el paso anterior y obtener así los resultados de mejora de la producción.

2.3.8.10. Value Stream Mapping (VSM)

Value Stream Mapping o mapeo de la cadena de valor es otra de las herramientas de las que dispone Lean Manufacturing que permite identificar todas las actividades en la planificación y fabricación de un producto, con el fin de mejorar toda la cadena de producción.

De esta manera diagramaremos dos mapas de cadena de valor, la forma de trabajo presente y otro futuro, lo que permitirá documentar y visualizar el estado actual y los objetivos. Los diagramas están compuestos de iconos y símbolos simples que describen el flujo de la información y el flujo de los materiales que se han de tener en cuenta desde que se realiza el pedido hasta que se entrega al cliente.

Para poder realizar un VSM se deben seguir una serie de pasos sistemáticamente. Éstos son:

- Identificar la familia de productos a dibujar, siendo éstas cuyos productos comparten tiempos y equipos cuando pasan a través de los procesos. Se pueden identificar gracias a una matriz que incluya productos y procesos
- Diagrama del estado actual
- Analizar la visión sobre cómo debe ser el estado futuro. En este paso debemos establecer cómo funciona el proceso a corto plazo, analizando y respondiendo preguntas como: ¿qué procesos se

integran?, ¿cuántos operarios se requieren?, ¿cuántos equipos?, ¿qué espacio? y ¿cuánto stock existe en el proceso?

- Mapeo del estado futuro. Éste debe identificar procesos con cuello de botella, donde se desperdician productos o recursos e identificar las soluciones adecuadas para eliminarlos.
- Plasmar el plan de acción e implementar las acciones. Por último, tras haber realizado todos los pasos anteriores solo queda ponerlo en práctica.

2.3.9. LEAN PROJECT DELIVERY SYSTEM (LPDS) O INTEGRATED PROJECT DELIVERY (IPD)

2.3.9.1. Definición

Actualmente podemos comprender mejor la implementación de Lean Construction gracias al *Lean Project Delivery System* (LPDS) o *Integrated Project Delivery* (IPD), ya que son herramientas integradoras que nos ofrecen una visión de conjunto de todas las fases del proyecto, desde un punto de vista Lean. La primera versión a nivel teórico del *Lean Project Delivery System* fue desarrollada por Glenn Ballard y publicada por el LCI en el año 2000. LPDS e IPD son dos conceptos distintos que dentro del marco de Lean Construction se han utilizado indistintamente para definir el mismo sistema (Pons J. , 2014).

LPDS es un proceso colaborativo para la gestión integral del proyecto, durante su ciclo de vida. Se emplea un equipo en todo el proceso para alinear fines, recursos y restricciones. Consiste en un enfoque por etapas que comprenden la definición del proyecto, el diseño, el suministro, el montaje o ejecución y el uso y mantenimiento posterior del edificio, instalaciones o infraestructura. El control de la producción, la estructuración del trabajo y el aprendizaje es algo que sucede de forma continua durante todo proyecto y cada fase incluye actividades e hitos que deben cumplirse a medida que este avanza. El propietario o **cliente** establece el coste permitido del proyecto, que es la cantidad máxima que el modelo de negocio puede soportar. El objetivo del equipo es entender y ofrecer el mejor valor para el cliente y suprimir todas las actividades que no agregan valor. Para ello, el propietario usa acuerdos de gestión y ejecución de proyectos integrados, tanto con el equipo de diseño como con el constructor o contratista principal, además de otros agentes importantes del proyecto. Estos acuerdos logran una mejor flexibilidad entre componentes del equipo para conseguir mayor valor al cliente y elaborar un interés/riesgo compartido en el resultado del proyecto (Pons J. , 2014).

2.3.9.2. Las diferentes fases de un proyecto Lean según el LPDS

En los métodos tradicionales, los proyectos se han comprendido en términos de fases, como pueden ser el pre-diseño, diseño, contratación y ejecución. Algunas más primordiales diferencias entre la ejecución de un proyecto tradicional y uno de *Lean Project Delivery System* se refieren a la descripción de las fases, la relación entre fases y los participantes en cada una de ellas (Pons J. , 2014):

1. Fase de definición del proyecto:

Cuando comienza la fase de definición del proyecto, los colaboradores se alojan juntos en una *Obeya Room* (habitación grande). El equipo de diseño (arquitectos, ingenieros y constructores) trabaja con los propietarios o promotores para definir el propósito del proyecto y traducirlo en requisitos específicos. Durante esta fase, el propietario determina el coste permitido para el proyecto, que es la cantidad máxima para el proyecto que puede soportar el modelo de negocio. El equipo se compromete en sus costes teóricos, que son menores que los costes autorizados, para estimular la innovación. El coste que se desea conseguir es la cantidad que se espera que el proyecto cueste, y es por lo general más alto que el coste objetivo:

Coste permitido \geq Coste esperado \geq Coste objetivo

Para conseguir el coste objetivo se utilizan objetivos adicionales como la factibilidad de la construcción, el montaje, la flexibilidad, la sostenibilidad, la durabilidad, entre otros. En cada hito, el propietario decide si el proyecto avanza y al final de la fase de definición del proyecto, el plan de negocios se completa y valida.

La fase de definición del proyecto contiene las propuestas y valores del cliente y las partes interesadas. Cada uno de los componentes de esta fase puede influir, por lo que resulta necesario realizar una reunión entre los actores para lograr una mejor comprensión de los objetivos y valores que motivan a cada uno. Representantes de todas las etapas del ciclo de vida del proyecto tienen que estar involucrados en esta fase inicial, incluyendo los componentes del equipo de producción, que son los diseñadores o proyectistas y los constructores.

2. Fase de diseño *Lean*:

En la fase de diseño, el equipo crea gran variedad de alternativas, basadas en los requisitos de diseño, las limitaciones del proyecto y el coste objetivo. El objetivo es conseguir la alternativa de diseño que mejor cumpla los propósitos del propietario y entregar el mayor valor al cliente. Cuando los equipos pueden colaborar en esta fase, muchos de los costes de contingencias surgidas en el diseño pueden ser eliminados o minimizados. Esos ahorros pueden ir directamente a un beneficio superior o a satisfacer más necesidades del cliente. Durante todo el proyecto, el cálculo rápido y sincronizado de alternativas es relevante para permitir la toma de decisiones que más beneficie al negocio y al proyecto. Además, durante la fase de diseño se completa el desarrollo del Programa Maestro y el Diseño de Procesos. Mientras revisan los diseños, los usuarios finales/clientes pueden revisar los modelos físicos o virtuales para alinear el uso real con el diseño, lo que permite seguir los requisitos funcionales.

También, el diseño *Lean* se desarrolla mediante de la comunicación, dedicada a desarrollar y alinear el diseño del producto y el diseño del proceso a nivel de sistemas funcionales.

3. Fase de suministro *Lean*:

El suministro *Lean* trata de ingeniería de detalle, fabricación y entrega, lo que requiere como prerrequisito primordial el diseño del producto y del proceso para que el sistema conozca con detalle lo que debe producir y cuándo entregar esos componentes. Los planes de la cadena de suministro están diseñados para facilitar la entrega *Just-in-Time* de materiales a la obra. La filosofía consiste en suministrar sólo lo indispensable, puntualmente en el tiempo requerido, solo en la cantidad necesaria.

El plan logístico contiene un suministro de materiales según una planificación *Pull* y las decisiones tienen que adoptarse dentro de los plazos de entrega para poder llevar a cabo las alternativas.

4. Fase de montaje o ejecución *Lean*:

El montaje o ejecución de obra *Lean* comienza con la entrega de información, materiales, mano de obra, herramientas, y los elementos necesarios para la ejecución de la obra y finaliza con la cierre de las instalaciones y puesta en marcha del edificio.

Durante esta fase, el *sistema del último planificador* o Last Planner System, del cual se hablará más adelante, se emplea para controlar la producción y mantener el flujo continuo de materiales e información

durante toda la obra, conforme esta avanza según un sistema *Pull* que tira a través de la planificación o programación.

5. Fase de uso y mantenimiento:

El ensamblaje termina cuando el cliente tiene un uso beneficioso del edificio o producto, el cual se produce después de la entrega y puesta en marcha del edificio o producto. Esta fase finaliza con el cierre de la obra, los retoques definitivos, y la explotación y mantenimiento del edificio.

2.3.9.3. Target Costing o coste objetivo

En una empresa con el modelo de gestión tradicional tiende a dirigir su negocio basándose en costes y beneficios, sin embargo las empresas *Lean* ponen su foco de atención en el valor que pueden crear para el cliente y el beneficio de toda la cadena de valor. *Target Costing* permite a las empresas *Lean* dirigir su negocio desde el **valor del cliente**, comenzado a trabajar de manera estrecha con ellos, intentando de entender sus necesidades y cómo la empresa puede crear más valor para el cliente. Los líderes de la empresa *Lean* dirigen las actividades de mejora hacia los flujos de valor para crear más valor, eliminar desperdicio e incrementar la productividad (Pons J. , 2014).

Target Costing fue desarrollado inicialmente por Toyota con el objetivo de suministrar un método para el personal de marketing y diseño dentro de la empresa y lograr una comprensión real de las necesidades y requerimientos del cliente. Puede aplicarse tanto al desarrollo de nuevos productos, como a productos y procesos que ya existen con flujos de valor actuales. A continuación se muestra una tabla con los principios del *Target Costing* (Pons J. , 2014):

Principios del Target Costing	
Coste dirigido por el precio	De cómo el cliente valora los productos, servicios y otros atributos de la empresa
Focalización en los clientes y mercados	Integración entre el personal de marketing, ventas y procesos, incluso cuando estos procesos no están organizacionalmente alineados al flujo de valor.
Focalizado en el diseño	Integración con el diseño del producto. La mejor manera de llevar productos de alto valor y bajo coste al mercado es diseñarlos de esta manera. Esto requiere una profunda integración entre ventas/marketing, operaciones, y diseño/desarrollo de producto
Metodología de mejora multifuncional	Amplia integración de la empresa para incrementar el valor al cliente. Incluye: operaciones, marketing, diseño de producto, servicio al cliente, proveedores y otros.
La mejora viene a través del flujo de valor	Las organizaciones <i>Lean</i> lo focalizan casi todo en torno a los flujos de valor. Lo que conduce a una mejora substancial e integrada es la comprensión del proceso entero de creación de valor para el cliente.
Contrastar costes con valor del cliente	<i>Target Costing</i> nos permite comprender dónde y cómo creamos valor para el cliente, entonces lo contrasta con el dónde y cómo reducimos costes. Esto conduce a focalizar los cambios para incrementar valor y reducir coste.

Tabla 9: Principios del Target Costing. Elaboración propia a partir de la fuente: (Maskell, Baggaley, & Grasso, 2012):

(Pons J. , 2014) Target Costing comienza con las necesidades del cliente. En primer lugar se necesitará comprender qué crea valor para el cliente. Este valor se crea por el conjunto de servicios y otros aspectos del negocio que añaden valor al cliente. Después de conocer el valor que se está creando para el cliente, se puede determinar un precio que refleje ese valor. El siguiente paso consiste en calcular el coste permitido, que es el precio de venta menos el margen de beneficio requerido para el producto o servicio. El porcentaje de beneficio requerido se asigna como parte del plan de negocio general o estratégico de la empresa. Para obtener éxito tenemos que vender el producto a un precio que se ajuste por un lado a las necesidades de valor del cliente y por otro, a los márgenes de beneficio que necesita la empresa.

Una vez establecido el coste permitido, se compara este coste con el actual promedio del coste de la cadena o flujo de valor y calculamos la diferencia. Si el coste de producción es superior al coste permitido, entonces tendremos que establecer mejoras para llevar los costes reales en línea con los costes permitidos, y así conseguir el precio de venta de acuerdo con el valor que estamos generando para los clientes.

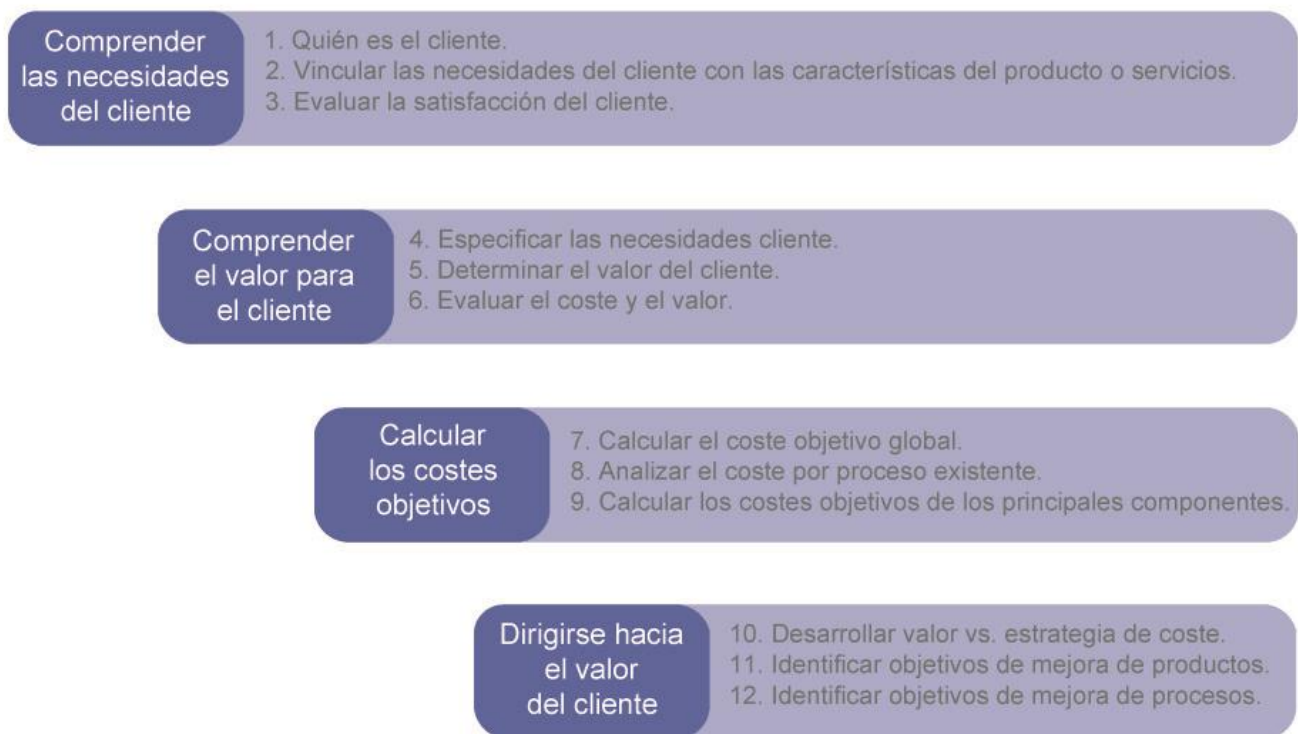


Figura 61: Los 12 pasos del Target Costing. Elaboración propia a partir de las fuentes: (Maskell, Baggaley, & Grasso, 2012), (Pons J. , 2014)

2.3.9.4. Integrated Project Delivery (IPD)

Integrated Project Delivery es una evolución del LPDS (*Lean Project Delivery System*). En un contrato de gestión de proyecto integrada (IPD), se debe agrupar bajo un objetivo común a todos los miembros principales involucrados en el proceso constructivo, que debe también trabajar un modelo colaborativo de toma de decisiones en el que el éxito financiero de todos y cada uno esté ligado al del proyecto (Ayats, 2015).

En un proyecto IPD, el contrato se firma entre promotor, arquitecto y constructora como mínimo, aunque el equipo directivo gestión integrada esté formado por otros agentes. Es la suma de todas las empresas con mayor presupuesto e influencia en el proyecto quienes tienen voto en las decisiones que afectan al mismo. Esto significa que en un proyecto IPD es el equipo quien toma las decisiones en el proyecto. Se puede dividir estas empresas en dos grupos: Los socios, que asumen parte del riesgo, pero tienen la capacidad de decisión en el proyecto para proteger su beneficio, y las subcontratas, que no asumen riesgos, en las que se les

puede hacer un contrato de libros abiertos o cerrados (Ayats, 2015). En la figura siguiente se muestran los actores que intervienen en el IPD:



Figura 62: Actores o agentes sociales que integra el IPD. Elaboración propia a partir de la fuente: (Pons J. , 2014)

Los principios del IPD se pueden incorporar a una gran diversidad de acuerdos contractuales y los equipos del IPD pueden contener miembros que van más allá de los tradicionales, que son el propietario, proyectista y constructor. En todos los casos, los proyectos integrados se distinguen de forma única por la colaboración altamente eficiente entre el propietario o promotor, el equipo de diseñadores y el contratista principal, que comienzan a colaborar al principio del diseño y continúan mediante de toda la entrega del proyecto.

Integrated Project Delivery necesita de una colaboración basada en la confianza, que insta a las partes a centrarse en los resultados del proyecto en lugar de sus logros individuales. A continuación se muestra en la tabla siguiente los principios de IPD:

1. El respeto mutuo y la confianza
En un proyecto integrado, el promotor, el equipo de diseñadores o proyectistas, los consultores independientes, el constructor principal, los subcontratistas y los proveedores entienden el valor de la colaboración y se comprometen a trabajar en equipo en beneficio del proyecto.
2. Beneficio mutuo y recompensa
Todos los participantes o miembros del equipo se benefician del IPD. Debido a que el proceso integrado requiere la participación temprana de más partes interesadas, las estructuras de compensación del IPD reconocen y premian la participación temprana. La compensación se basa en el valor añadido para la organización y premia las formas de pensar basadas en “lo que es mejor para el proyecto”, como por ejemplo a través de incentivos vinculados a la consecución de los objetivos del proyecto. Los proyectos integrados utilizan modelos de negocio innovadores para apoyar la colaboración y la eficiencia.

3. Innovación colaborativa y toma de decisiones

La innovación es estimulada cuando las ideas se intercambian libremente entre todos los participantes. En un proyecto integrado, las ideas son juzgadas por sus méritos, y no en función del rol o estatus de su autor. Las decisiones clave son evaluadas por el equipo del proyecto y, en la mayor medida de lo posible se adoptan por unanimidad.

4. La participación temprana de los participantes clave

En un proyecto integrado, los principales participantes están involucrados desde el momento más temprano y práctico posible. La toma de decisiones mejora mediante la afluencia de conocimientos y experiencia de todos los participantes clave. Su conocimiento y experiencia combinado es más potente durante las primeras etapas del proyecto, donde las decisiones informadas tienen el mayor impacto.

5. Definición temprana de los objetivos

Los objetivos del proyecto se han desarrollado en una fase temprana y han sido acordados y respetados por todos los participantes. La perspicacia de cada participante se valora en una cultura que promueve e impulsa la innovación y el rendimiento excepcional, manteniendo los resultados del proyecto en el centro por encima de los objetivos y valores individuales de los participantes.

6. Planificación intensificada

El enfoque IPD reconoce que un mayor esfuerzo en la planificación da como resultado una mayor eficiencia y ahorro durante la ejecución del proyecto. Así, la idea clave del enfoque integrado no es reducir el esfuerzo de diseño, sino más bien mejorar en gran medida los resultados del diseño, racionalizando y reduciendo el esfuerzo de construcción, que es mucho más caro.

7. Comunicación abierta

El enfoque del IPD en el rendimiento del equipo se basa en la comunicación abierta, directa y honesta entre todos los participantes. Las responsabilidades están claramente definidas en una cultura de “no identificar culpables” que lleva a la identificación y solución de los problemas más que a la determinación de los responsables. Los litigios se reconocen cuando ocurren y se resuelven rápidamente.

8. Tecnología apropiada

Los proyectos integrados a menudo confían en las tecnologías de vanguardia. Las tecnologías se especifican al inicio del proyecto para maximizar la funcionalidad, la generalidad y la interoperabilidad. El intercambio de datos de manera abierta e interoperable basado en estructuras de datos disciplinadas y transparentes es esencial para apoyar el IPD. Debido a que los estándares abiertos permiten mejores comunicaciones entre todos los participantes, la tecnología que cumple estos estándares se utiliza siempre que sea posible.

9. Organización y liderazgo

El equipo del proyecto es una organización en sí misma y todos sus miembros están comprometidos con los objetivos y valores del equipo del proyecto. El liderazgo se adopta por el miembro del equipo que está más capacitado en materia de obras y servicios específicos. A menudo, los profesionales de la arquitectura y los contratistas ejercen la dirección en las áreas de su competencia tradicional con el apoyo de todo el equipo, sin embargo, los roles específicos se determinan necesariamente sobre una base de proyecto por proyecto. Los roles están claramente definidos, sin crear barreras artificiales que enfríen la comunicación abierta y la adopción de riesgos.

Tabla 10: Los principios del IPD. Elaboración propia a partir de la fuente: (Pons J. , 2014)

En un proyecto integrado el flujo del proyecto desde el comienzo hasta su ejecución y cierre es muy diferente al de un proyecto tradicional. En la figura siguiente se muestra un ejemplo de ello:

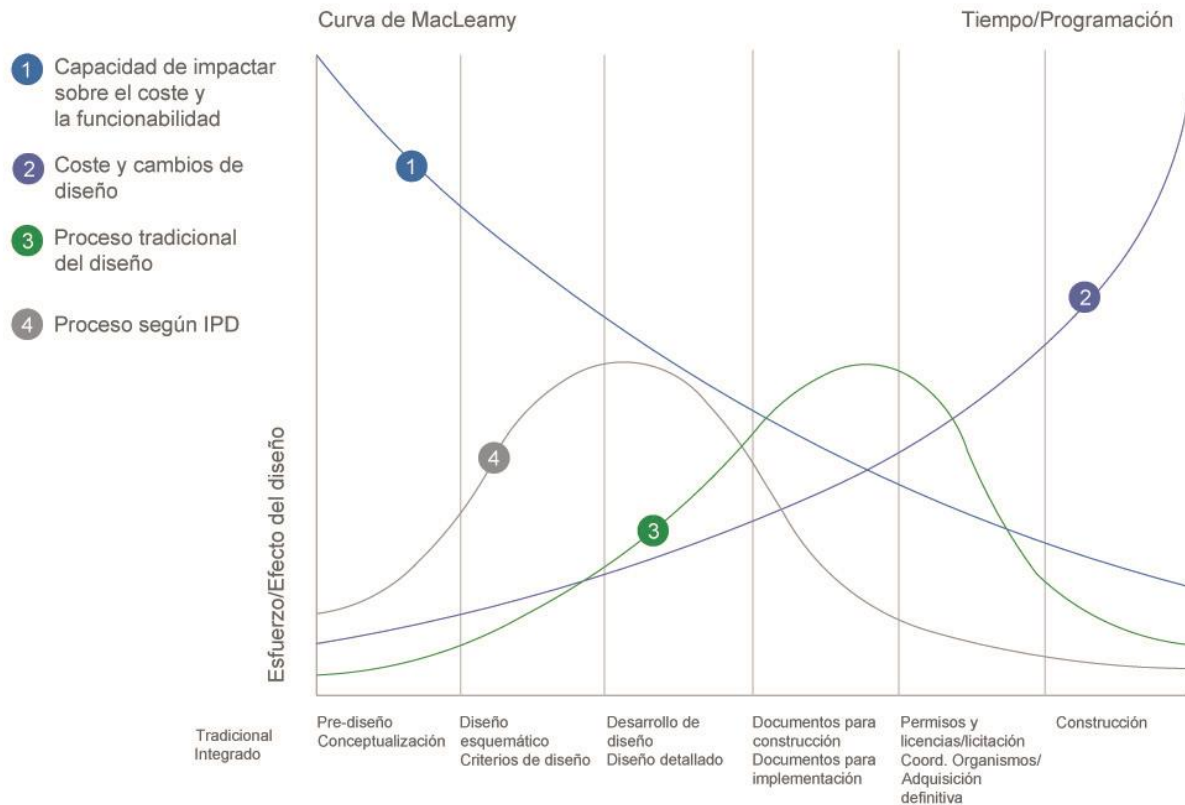


Figura 63: Curva de MacLeamy. Elaboración propia a partir de la fuente: (The American Institute of Architects, 2007)

2.3.9.5. El papel que juegan los principales actores según el IPD

Las funciones que tienen que desempeñar los miembros del equipo IPD para lograr el éxito del proyecto son:

- Identificación en el momento más temprano posible de los roles de los participantes que son más esenciales para el proyecto.
- Precalificación de los miembros (individuos y empresas) del equipo.
- Tener en consideración los intereses comunes y buscar la participación de partes adicionales seleccionadas, como funcionarios de la administración, empresas locales de servicios públicos, compañías de seguros y otras partes interesadas.
- Descripción de manera conjunta y comprensible los valores, intereses, metas y objetivos de los actores participantes.
- Identificación de la estructura organizativa y de negocio que mejor se adapte al IPD, de manera que sea coherente con las necesidades y limitaciones de los participantes.
- Desarrollar acuerdos del proyecto para definir las funciones y responsabilidades de los participantes.

1. El promotor

En IPD, el promotor asume un papel mucho más activo en la evaluación e influencia de las opciones de diseño. Además, se requiere que el promotor participe en el establecimiento de métricas del proyecto en una etapa más temprana que lo habitual en un proyecto tradicional. A la luz de la fluidez en las operaciones que requiere IPD, al promotor se le requiere más a menudo para ayudar a resolver los problemas que se plantean en el proyecto. Como miembro del órgano de decisión, el promotor estará involucrado en más detalles relacionados con el proyecto y la obligación de actuar con rapidez en este sentido para que el proyecto continúe de manera eficiente.

2. Diseñadores / Projectistas

IPD se basa principalmente en un proceso de diseño exhaustivo y minucioso que incorpora la entrada y la participación de otros miembros del equipo, incluyendo constructores, durante la fase de diseño. Por lo tanto, el proceso de diseño adquiere una mayor importancia, ya que los demás miembros del equipo llegan a entender cómo funciona el proyecto integrado y cómo va a ser completado. Como miembro del equipo, el diseñador o projectista está necesariamente implicado en la definición de los procesos de diseño que se aplicarán al proyecto.

Los proyectos integrados permiten esfuerzos previos a la construcción más amplios, relacionados con la identificación y solución de conflictos potenciales de diseño que tradicionalmente no se descubren hasta la fase de ejecución. Como resultado, se requiere que los diseñadores lleven a cabo en una etapa anterior, determinados servicios que tradicionalmente se llevan a cabo más adelante en el proyecto. El avance resultante de los servicios de más partes interesadas aumenta potencialmente el volumen de los servicios prestados en la fase de diseño.

Interacciones frecuentes con otros miembros del equipo durante la fase de diseño requieren que los diseñadores ofrezcan numerosas iteraciones de sus documentos de diseño a otros miembros del equipo para su entrada y evaluación.

3. El constructor

La naturaleza del alcance de los servicios del constructor se ve afectada principalmente en el IPD por su pronta participación en el proyecto y su participación en el equipo integrado. En concreto, aumenta el papel del constructor de una manera significativa durante las primeras etapas de diseño, en el que los constructores ahora prestan servicios estratégicos tales como programación de la producción, estimación del coste, ajuste de las fases, evaluación de los sistemas, revisiones de constructibilidad, y programas tempranos de compras y adquisiciones.

Los constructores se introducen en las fases iniciales del proyecto para aportar su experiencia y participar plenamente en el diseño del proyecto. El resultado es un mayor papel a la hora de comentar e influir en la innovación del diseño. Este aumento de su función durante la fase de diseño requiere que el constructor proporcione de manera continua estimaciones del coste objetivo del valor del diseño (Target Value Design) durante la fase de diseño.

Tabla 11: El papel que juegan los principales actores en un proyecto integrado. Elaboración propia a partir de la fuente: (Pons J. , 2014)



Figura 64: Proceso Tradicional del Diseño. Elaboración propia a partir de la fuente: (Pons J. , 2014)

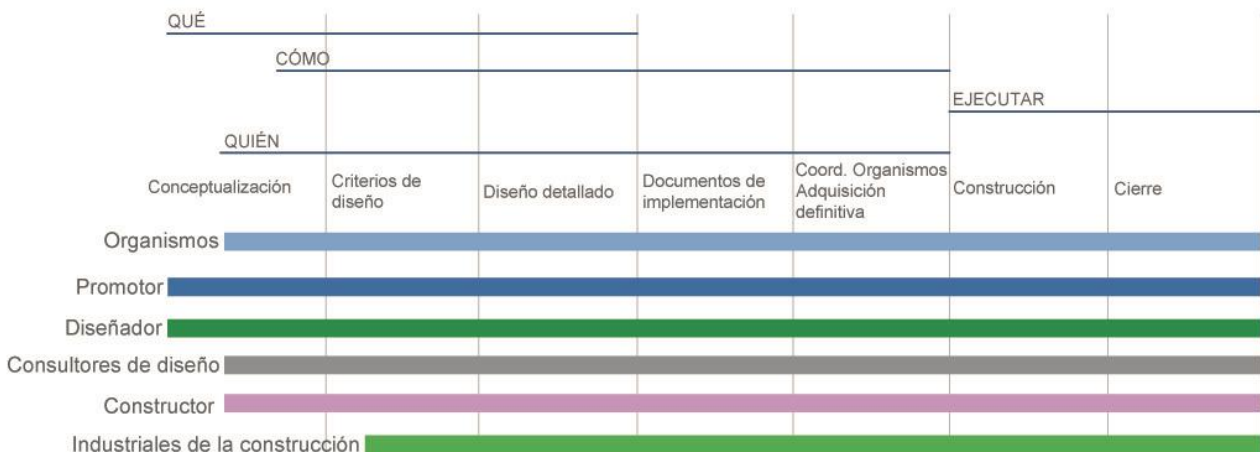


Figura 65: Proceso Integrado del Diseño. Elaboración propia a partir de la fuente: (Pons J. , 2014)

2.3.9.6. Integración del BIM dentro del IPD

El sistema BIM (Building Information Modeling) o modelado de información del edificio, tiene cada vez mayor peso en la gestión integral del proyecto. La gestión de objetos con elevada carga de información, desde la idea matriz hasta el uso y mantenimiento del elemento constructivo, está variando las relaciones entre los diferentes actores y agentes sociales que intervienen en el proceso constructivo. BIM sirve como fuente de conocimiento compartido para obtener información sobre un edificio o instalación, que forma una base fiable para tomar decisiones durante su ciclo de vida desde el inicio en adelante. Una premisa básica de BIM es la colaboración de las distintas partes interesadas en las diferentes fases del ciclo de vida del edificio o instalación para insertar, extraer, actualizar o modificar la información contenida en el BIM para apoyar y reflejar el papel

de las partes interesadas. BIM es una representación digital compartida basada en estándares abiertos para la interoperabilidad (Pons J. , 2014).



Figura 66: Elementos del BIM. Elaboración propia a partir de la fuente: (Pons J. , 2014)

2.3.10. LAST PLANNER SYSTEM (LPS) Ó SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR (SUP)

2.3.10.1. Principios básicos

El Sistema del Último Planificador fue elaborado por Glenn Ballard y Greg Howell en el ámbito de los objetivos de la *Lean Construction* como un sistema de planificación y control de la producción para conseguir la mejora de la variabilidad de las obras de construcción y disminuir la incertidumbre en las actividades programadas (Patel, 2011). *Last Planner System* es una manera práctica en la cual los gerentes colaboran para preparar planes de trabajo que pueden ejecutarse con un alto grado de fiabilidad para la mejora de la estabilidad del trabajo (Kalsaas, 2012).

Este sistema controla más eficazmente la incertidumbre de la planificación al superar obstáculos como convertir la planificación en un sistema, medir el desempeño de la aplicación del sistema de planificación y analizar e identificar los errores en la planificación (Botero & Álvarez, 2005).

La planificación tradicional con los métodos de ruta crítica no controla la variabilidad, sin embargo con *Last Planner System*, al agregar un componente de control de la producción a la gestión tradicional de proyectos, puede comprenderse como un mecanismo para la transformación de lo que debe hacerse en lo que se puede hacer, creando así planes de trabajos semanales a través de asignaciones (Rodríguez, Alarcón, & Pellicer, 2011).

El último planificador es la persona o grupo responsable de la estructuración del diseño de productos para conseguir un mejor flujo de trabajo y el control de las unidades de producción, lo que conlleva a la realización de los trabajos individuales en el nivel operativo (Salem, Solomon, Genaidy, & Luegring, 2005).

Para el Sistema del Último Planificador, planificar significa establecer lo que debería hacer para terminar un proyecto y decidir lo que se hará considerando que debido a ciertas restricciones no todo puede hacerse (Mestre, 2013)..

Last Planner System compara con los conceptos actuales de planificación de los jefes de terreno, capataces y supervisores de ejecución de trabajo, puesto que estos, a modo tradicional, planifican en función de aquello que debe hacerse sin tener completa certeza de si pueden tener los recursos necesarios para llevarlo a la práctica (Mestre, 2013).

Luis F. Alarcón determina este hecho gráficamente, tal y como se muestra en la figura siguiente, que son los tres estados teóricos de la planificación: lo que se debe hacer, lo que se hará y finalmente lo que se puede hacer en obra. Lo que aquí se muestra es una de las principales fallas en la planificación tradicional, sencillamente porque el programa general del proyecto dice lo que debe hacerse, los administradores deciden lo que se hará y en el terreno realmente se ejecuta lo que puede hacerse (Porrás Días, Sánchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014).



Figura 67: Planificación usual. Elaboración propia a partir de la fuente: (Alarcón & Pellicer, 2009):

Según Ballard el esquema tradicional de planificación de la producción es como aparece en la Figura 68. Este investigador dice que este esquema es poco adecuado para afrontar la incertidumbre y variabilidad en la construcción, ya que la estructura en sí crea gran incertidumbre al no controlar las restricciones que pueden tener las actividades planificadas (Porrás Días, Sánchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014).

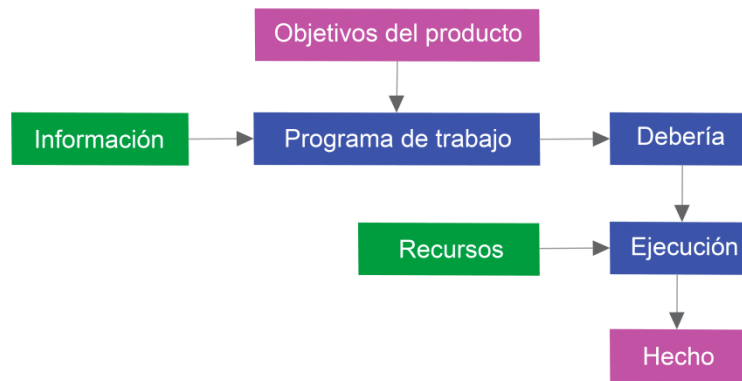


Figura 68: Sistema tradicional de planificación. Elaboración propia a partir de la fuente: (Koskela, 1992)

Para conseguir mejorar la elección de actividades que pueden hacerse y así poder confiar en que realmente se harán, Ballard propone el *Sistema Último Planificador*, cambiando el proceso de programación y el control de obra para aumentar la confiabilidad en la planeación e incrementar el desempeño en obra. A continuación se muestra el modelo de Ballard (Porras Días, Sánchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014).

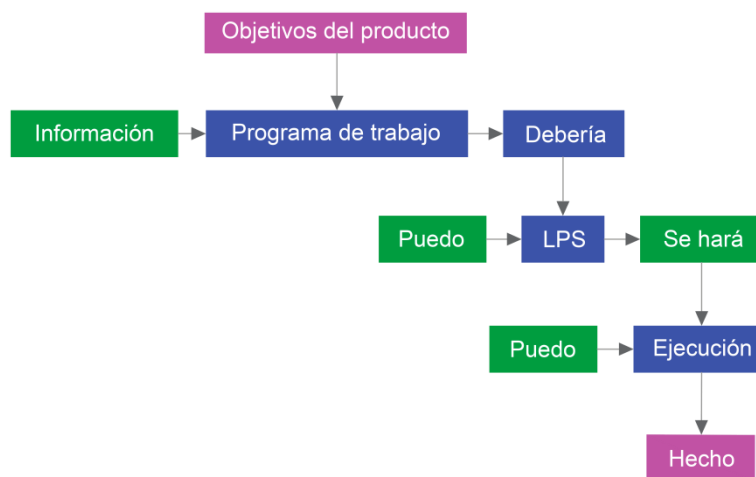


Figura 69: Sistema de Planificación Lean. Elaboración propia a partir de la fuente: (Koskela, 1992)

La implementación de la planificación que determina el *Último Planificador* se consigue removiendo el error de la planificación usual como aparece en la figura 70, donde el conjunto de las actividades que se harán son mayores a las que realmente pueden hacerse; la diferencia entre los dos conjuntos planteados serán actividades que quedarán sin hacer, es decir los retrasos.



Figura 70: Sistema de planificación Lean. Elaboración propia a partir de la fuente: (Alarcón & Pellicer, 2009):

2.3.10.2. Programación en cascada

La estructura del *Sistema del Último Planificador* (figura 71) se desarrolla en tres niveles de planificación, desde lo más general hasta lo más específico planteando así un *modelo de planificación en cascada*, que se fundamenta en el principio de trabajo sistemático, donde la planificación se realiza en el nivel más bajo de jerarquía de planificadores, es decir, la última persona o grupo que tiene ver con la supervisión de los trabajos en obra (el último planificador). Hay asegurar que todas las condiciones previas necesarias para ejecutar un trabajo estén en su lugar antes de asignar las cuadrillas de trabajo a las actividades (Shang & Pheng, 2014).

Según dice Ballard todas las tareas tienen tres categorías: deben, pueden y se harán. Estas reflejan cada nivel de planificación de la siguiente forma: El **programa maestro (Master Schedule)** indica qué se debe realizar, el **programa intermedio (Lookahead)** prepara el trabajo y realiza la revisión de las restricciones y el **plan semanal (Weekly Work)** programa una serie de actividades que pueden ejecutarse comprometiendo a los agentes al cumplimiento del programa.

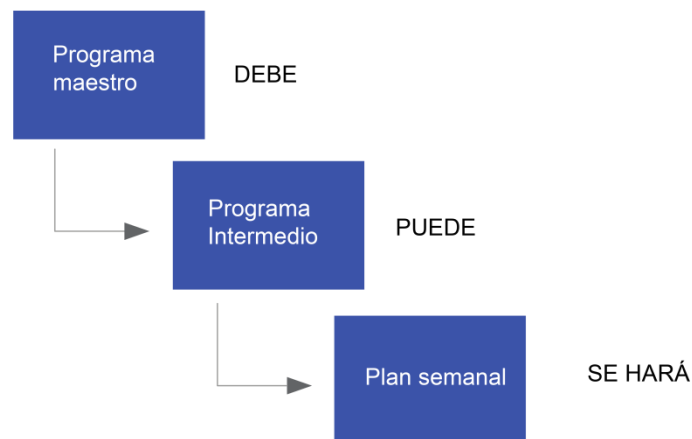


Figura 71: Sistema de planificación Lean. Elaboración propia a partir de la fuente: (Botero & Álvarez, 2005)

2.3.10.3. Master schedule (plan maestro)

El *Master Schedule* es la programación de todas las actividades necesarias para realizar la construcción de los elementos estructurales, arquitectónicos, entre otros que hacen parte del proyecto. La programación maestra se hace en forma de diagrama de Gantt (**Andrade & Arrieta, 2011**), determinando los tiempos de las tareas necesarias para terminar la etapa de construcción en los proyectos.

En este primer nivel además se realiza la primera reunión, llama Pull Session. En dicha reunión asiste un representante de cada subcontrata, empresa, autónomo, etc., que vaya a trabajar en la obra.

Durante la reunión serán ellos, los representantes, los que decidirán los trabajos a ejecutar con su respectivo orden, duración, restricción, etc., hasta cumplir el objetivo de fecha definida en el programa general. Se denomina pull session ya que son ellos sus propios clientes y tiran de atrás hacia delante del resto de participantes a través de un moderador que solo pregunta: ¿qué es lo último que hay que hacer para entregar el proyecto?, ¿y para hacer eso que se necesita?, ¿y qué restricción tenemos?, hasta llegar al principio.

A partir de la pull session se obtendrá una fase y las actividades que lo conforman, tomando del programa general las fechas de inicio y fin. Se señalarán las fechas más importantes tomadas del programa general como hitos y se analiza la posibilidad real de cumplir con esa fecha. Siendo lo más conveniente crear un panel que pueda quedar visible en la sala donde se realicen las reuniones de programación. Se emplearán post-it, un color por cada uno de los representantes, para identificar la empresa, actividad, duración, recursos humanos y restricciones (**Pellicer, Cerveró, Lozano, & Ponz-Tienda, 2015**).

2.3.10.4. Lookahead (planificación intermedia)

Lookahead o Planificación Intermedia es el segundo nivel en la aplicación del *Sistema Último Planificador*, que trata de desglosar la programación general para evitar perder tiempo y material. Se destacan aquellas actividades que tienen que hacerse en un futuro cercano. Aquí se controlan la coordinación de diseño, los proveedores, los recursos humanos, los requisitos previos para hacer las actividades y la información para que las cuadrillas de trabajo cumplan con sus objetivos en obra. Para poder realizar esta planificación intermedia se tienen que seguir los siguientes pasos (**Porras Días, Sánchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014**):

- Definición del intervalo de tiempo: Se mide por semanas, su número depende de las características del proyecto y de los tiempos para conseguir información, materiales, mano de obra y maquinaria. Como algunas actividades tienen tiempos de respuesta largos, desde que comienza la petición hasta que se recibe la respuesta, los periodos de actividad en el programa maestro tienen que identificarse durante la planificación inicial.
- Definición de las actividades que serán parte del plan intermedio: Se tiene que inspeccionar minuciosamente todas las actividades del plan maestro que estén contenidas dentro de los intervalos definidos, esto permite obtener un conjunto de tareas para cada intervalo de tiempo dado, cada una de las cuales tendrá unas restricciones que determinan su ejecución.
- Análisis de restricciones: Una vez se han identificado las tareas que formarán parte del plan intermedio es necesario asegurar que estén libres de restricciones para que puedan ser llevadas a cabo en el momento fijado. Se necesita cumplir con dos etapas para asegurar que una actividad esté libre de restricciones:

En la primera etapa se hará una revisión del estado de las tareas con respecto a la planificación intermedia teniendo en consideración sus restricciones y la probabilidad de mover las tareas antes del tiempo para su inicio. Su principal objetivo es el de filtrar la información que entra a la planificación intermedia.

La segunda etapa prepara las restricciones. Consiste en definir cuáles serán las acciones tomadas para remover las restricciones para comenzar la actividad en el tiempo que se ha planificado, y se tiene que

desarrollar en tres fases: confirmación de los tiempos de respuesta de los proveedores verificando quién es el último involucrado con la ejecución de la actividad, tener seguridad de que el proveedor tendrá todo listo para comenzar la tarea en obra y si los tiempos de respuesta anticipados son los adecuados.

- Intervalo de trabajo ejecutable: Se compone de todas aquellas tareas que tienen mayor probabilidad de ejecutarse, es decir, aquellas que han pasado por el proceso de revisión y estén libres de restricciones. De esta forma, se crea un intervalo de tareas que deben de ejecutarse. Dentro de este intervalo ejecutable hay diferentes tipos de actividades, como son:
 - Actividades con restricciones liberadas que se incluyen en el intervalo de trabajo ejecutable ITE de la semana en curso pero que no pudieron ser ejecutadas.
 - Actividades con restricciones liberadas que pertenecen a la primera semana futura.
 - Actividades con restricciones liberadas con dos o más semanas futuras.

En caso de que alguna actividad del ITE no pudiera ejecutarse o se ejecute antes, se proveerán otras para que las cuadrillas no queden libres de trabajo y con esto queda por terminada la programación intermedia.

2.3.10.5. Weekly Work Plan (plan de trabajo semanal)

En la última etapa de planificación del *Sistema del Último Planificador*, se presenta el mayor nivel antes de la ejecución del trabajo. Se realiza por los administradores de obra, jefes de terreno, jefes de obra, capataces y todos aquellos que supervisan de manera directa la ejecución de los trabajos en obra. Se mide el porcentaje de Actividades Completadas (PAC) para conocer porcentualmente cual fue el número de actividades programadas que realmente se ejecutaron en obra y así medir que tan efectiva fue la planificación semanal y además tabular las causas por las cuales el PAC no fue del 100% para corregirlas en la siguiente semana (Porrás Días, Sánchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014).

- Formación de trabajo semanal: Incluye las actividades que se realizarán durante la semana. Se elabora teniendo en consideración las actividades que se pueden hacer según lo establecido en el ITE, eligiendo lo que puede ser ejecutado en cada semana. Esto se denomina “asignaciones de calidad”, es decir que el plan de trabajo semanal estará compuesto solo por asignaciones de calidad. Para que el plan sea un éxito se tienen que cumplir cinco criterios de calidad: definición, consistencia, secuencia, tamaño y retroalimentación.
- Porcentaje de programa cumplido: Habiendo elaborado el plan de trabajo semanal, el *Sistema Último Planificador* mide el cumplimiento de lo programado en el plan mediante el porcentaje de programa cumplido (PPC), en el cual se realiza una comparación de lo que se planeó hacer según el plan de trabajo semanal con lo que realmente se hizo en obra. Para el cálculo del PPC se necesita tener todas las actividades que realmente se pudieron completar en obra, por tal motivo se debe llevar un formato donde cada actividad programada tendrá solo un estado de dos posibles: actividad completada o no completada, de esta manera se consiguen los totales de actividades cumplidas y no cumplidas. El PPC se calcula de la siguiente forma:

$$PPC = \frac{(\text{Total actividades cumplidas})}{(\text{Total actividades programadas})} \cdot 100$$

[10]

Para lograr un mejor análisis de los resultados conseguidos, al culminar cada semana se pueden ir graficando para evidenciar el rendimiento del Sistema del Último Planificados durante la ejecución del proyecto en su fase constructiva, colocando en el eje horizontal las semanas y en el vertical el PPC

correspondiente a cada una. Con el gráfico se puede analizar que un aumento en el PPC de una semana conlleva a un mejor rendimiento en la ejecución de las labores por parte de las cuadrillas de trabajo (Ballard, Tommeleint, Koskela, & Howell, 2013).

- Reunión de planificación semanal: Antes de comenzar la semana de trabajo, es necesario realizar una reunión para planear y discutir los asuntos de planificación semanal. En esta reunión tiene que estar el administrador de obra, el jefe de terreno o encargado de la planificación, los supervisores y capataces, el representante de la oficina técnica y los subcontratistas. Los asuntos a tratar serán los siguientes:
 - Revisión y discusión del PPC de la semana anterior
 - Análisis de las causas y posibles soluciones a la hora de incumplir las tareas programadas.
 - Hacer un paralelo de objetivos propuestos y alcanzados en el proyecto.

Para conseguir que se cumplan los asuntos planteados, el coordinador del sistema de control y el último planificador, tienen que llevar la información siguiente:

Coordinador: Programa maestro y planificación intermedia, comparación entre objetos conseguidos y propuestos por el proyecto e ITE actualizado.

El último Planificador: PPC y causas de incumplimiento, información del estado del trabajo, lista tentativa de tareas para la nueva semana, revisión de restricciones de las tareas y listado de tareas que entrarán a la planificación intermedia y la planeación de la semana anterior.

La metodología de implementación del *Sistema Último Planificador* queda detallada de la siguiente manera:

- Reunión con el grupo de trabajo.
- Creación de la planificación intermedia.
- Creación del inventario de trabajo ejecutable.
- Creación de la planificación semanal.
- Medición de los indicadores PPC y CNC.

En las implementaciones es importante que el grado de compromiso del equipo sea completo para lograr una mejor fortaleza (Araque, 2010).

2.4. PMBOK (PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE) VS LEAN CONSTRUCTION

Como ya se comentó en el apartado anterior “Alcance y Delimitaciones” de este Trabajo Fin de Máster, en los que autores como Howell y Koskela (2000), (2002) afirmaron que las técnicas de Lean Construction son incompatibles con el modelo de Dirección de Proyectos que desarrolla el PMBOK. A continuación se muestran las diferencias desarrolladas entre *Lean Construction* y *PMBOK*, determinadas por varios autores:

La gestión de la interacción entre actividades y los efectos combinados de la dependencia y la variación en *Lean Construction*, es una de las primeras preocupaciones en la construcción debido a que sus interacciones afectan mayormente al tiempo y al coste de los proyectos (Howell G. , 1999), en comparación, estas interacciones no son consideradas en el *PMBOK*.

Otra diferencia es que en la filosofía *Lean* el flujo de trabajo es continuo y estable (Ballard, *Lean project delivery system*, 2000), mientras que *PMI* se centra en la mejora de la productividad de cada una de las actividades que se pueden acometer errores, y en la reducción de la calidad y resultado en la revisión.

En *Lean* el proyecto se estructura y se gestiona como un proceso de generación de valor (Howell G. , 1999), mientras que *PMI* considera como un coste el menor valor.

Pons, J.F, (2014) realiza una tabla en que muestra las diferencias entre proyecto tradicional y proyecto Lean:

Proyecto Tradicional	Proyecto Lean
Sistema operativo	
Gestión del camino crítico.	Last Planner System.
Sistema Push.	Sistema Pull.
Basado en la transformación de procesos e información.	Basado en la transformación, flujo de valor y generación de valor.
Las actividades se llevan a cabo tan pronto como sea posible.	Las actividades se llevan a cabo en el último momento responsable.
Los búferes están dimensionados y localizados para la optimización local.	Los búferes están dimensionados y localizados para realizar la función de absorber la variabilidad del sistema.
Focalizado en las transacciones y contratos.	Focalizado en el sistema de producción.
Acuerdos y términos comerciales	
Transaccional. Fomenta el esfuerzo unilateral, asigna y transfiere el riesgo, no lo comparte.	Anima, fomenta, promueve y apoya el intercambio abierto de información e ideas y la colaboración entre múltiples partes.
Riesgo	
De gestión individual. Transferido a otros en la mayor medida posible.	Gestionado de forma colectiva, compartido apropiadamente.

Aprendizaje y transmisión del conocimiento	
El aprendizaje se produce de forma esporádica. Conocimientos adquiridos: “solo los necesarios”; información acaparada y retenida, silos de conocimiento y habilidades.	El aprendizaje se incorpora al proyecto, la empresa y la cadena de suministro. Aportación de conocimiento y habilidades al principio; información abiertamente compartida; confianza mutua y respeto entre las partes interesadas.
Diseño y procesos	
No todas las etapas del ciclo de vida del proyecto se tienen en cuenta en la fase de diseño.	Todas las etapas del ciclo de vida del proyecto se tienen en cuenta en la fase de diseño.
Una vez el proyecto está diseñado, entonces empieza el diseño de los procesos.	El proyecto y los procesos se diseñan de manera conjunta.
Proceso	
Lineal, inequívoco, segregado	Concurrente y multinivel
Relación con proveedores y partes interesadas	
Organizaciones distintas se unen a través del mercado y toman lo que el mercado ofrece.	Se hacen esfuerzos de manera sistemática para reducir los plazos de entrega de la cadena de suministro.
Los intereses de las partes interesadas no están alineados.	Los intereses de las partes interesadas están alineados.
Jerarquizado / Mando y control.	Colaborativo / Autoridad distribuida.
Un especialista toma las decisiones y las lanza para que estas se ejecuten.	Las partes interesadas aguas abajo participan de las decisiones que se toman aguas arriba.
Equipos fragmentados, montados sobre la base de “justo lo necesario” o “lo mínimo necesario”, fuertemente jerarquizados y controlados.	Un equipo integrado compuesto por las partes interesadas claves del proyecto, montado al inicio del proceso, abierto y colaborativo.
Se persigue el individualismo; el mínimo esfuerzo para el máximo beneficio; por lo general, basado primero en el coste.	Éxito del equipo vinculado al éxito del proyecto, basado en la entrega de valor al cliente.
Comunicación/Tecnología	
Basada en papel, 2 dimensiones, analógica.	Medios digitales, virtuales, Building Information Modeling (3, 4 y 5 dimensiones).

Tabla 12: Resumen de diferencias entre un proyecto tradicional y un proyecto Lean. Elaboración propia a partir de la fuente: (Pons J. , 2014)

Autores como Shankar Munje y Subhashrao Patil, (2014) también elaboran y comparan la construcción tradicional con la de Lean Construction:

Gestión de la construcción tradicional	Gestión de la construcción Lean
En la gestión tradicional de la construcción, los errores entre las dependencias de las actividades no se consideran.	En la metodología de construcción Lean, principalmente los errores se toman antes de hacer las dependencias entre las actividades.
La gestión de la construcción tradicional se centra en el aumento de la productividad de cada actividad que se traduce en errores y la calidad de trabajo reducido.	El foco principal está en el flujo apropiado de actividades según dependencias, que da lugar a errores minimizados.
Este método a veces no considera los requisitos del cliente, que se traducen en la insatisfacción del mismo.	Debido a la consideración del requisito del cliente y de la planificación apropiada, hay garantía de la satisfacción del cliente.
En el método tradicional, el cliente no está involucrado en la etapa de planificación.	El usuario / cliente final está involucrado en la planificación y diseño de principio a fin, a través de equipos multifuncionales.
El método tradicional se basa en la detección de la varianza después de la finalización de las tareas.	En Lean Construction, el control se practica durante el rendimiento de la tarea.
En la gestión tradicional, las técnicas de empuje gestionan la liberación de información y materiales.	En el enfoque Lean, las técnicas de arrastre gobiernan el flujo de información y materiales, desde arriba hacia abajo.
No se consideran ajustes (la potencia y el registro se ajustan para absorber la variación, los bucles de asesoramiento, incluidos en todos los niveles, ayudan a asegurar los inventarios mínimos).	La capacidad y el inventario se ajustan para absorber la variación. Los bucles de retroalimentación, incluidos en todos los niveles, ayudan a garantizar un inventario mínimo y una rápida respuesta del sistema.
La gestión tradicional de la construcción no intenta mitigar la variación en calidad del producto y tasa de trabajo.	La construcción Lean intenta mitigar la variación en todos los aspectos (calidad del producto, tasa de trabajo) y gestionar la variación restante.
En la gestión de la construcción tradicional no presta atención a la mejora continua.	El enfoque Lean intenta hacer mejoras continuas en el proceso, flujos de trabajo secuenciales.
En la gestión de la construcción tradicional, la toma de decisiones se centra en un gerente, algunas veces.	En Lean Construction, la toma de decisiones se distribuye en todos aquellos que están involucrados.
La gerencia tradicional de la construcción no considera la transparencia entre el cliente, los gerentes y los trabajos.	Lean Construction intenta aumentar la transparencia entre el cliente, los gerentes y los trabajos, con el fin de conocer el efecto de su trabajo en todo el proyecto.
La gestión tradicional de la construcción no tiene políticas, como la de desarrollar nuevas formas de contrato rentable para incentivar a los proveedores para el flujo de trabajo de calidad y la minimización	Lean construcción utiliza nuevas formas de contratos rentables para dar incentivos a los proveedores de flujo de trabajo confiable y la optimización de la entrega al nivel del cliente.

en la entrega al nivel del cliente.	
La gestión tradicional de la construcción persiste en la optimización de cada actividad.	El sistema de Lean construcción está diseñado para resistir la tendencia en la dirección de sub-optimización local.
El enfoque de la gestión tradicional de la construcción sólo se considera la gestión de un proyecto a nivel macro. Esto es necesario pero no suficiente para el éxito de los proyectos.	Lean Construction en Gestión de Proyectos y Producción, reconoce formalmente que cualquier emprendimiento de proyecto exitoso implicará sin duda la interacción entre el proyecto y la gestión de la producción.

Tabla 13: Comparación entre la gestión tradicional de la construcción y la gestión de Lean Construction. Elaboración propia a partir de la fuente: (Shankar Munje & Subhashrao Patil, 2014)

2.5. PMBOK (PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE) DENTRO DEL MODELADO BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

BIM constituye un camino sin retorno para la industria de la construcción, debido a la gran cantidad de ventajas y mejoras que presenta en comparación con los métodos tradicionales. Para poder llevar a cabo el modelado BIM, es necesario un orden basado en técnicas y procesos adecuados, es decir, aquellos que han dado apoyo durante muchos años a diferentes campos de la producción, y han demostrado ampliamente la necesidad de aplicarlos en cualquier organización que quiera obtener resultados ajustados. Esto es: Project Management Institute (Álvarez Pérez & Bouzas Cavada, 2015).

Existen cinco conceptos definidos en la Guía PMBOK (2013), de los cuales más adelante los trasladaremos y aplicaremos al BIM. Estos son:

1. **Introducción a los Procesos:** Como ya se ha comentado anteriormente en el apartado de “Project Management Body of Knowledge”, existen 47 procesos directivos que han de ser aplicados para el correcto Management de un Proyecto. Se clasifican en 5 grupos de procesos: Iniciación, planificación, ejecución, monitorización y control y cierre. Además están las 10 Áreas de Conocimiento de PM: Integración, alcance, tiempo, coste, calidad, recursos humanos, comunicaciones, riesgos, contratación e interesados (stakeholders).

También existen restricciones que influyen al desarrollo de un proyecto, de forma positiva o negativa: Alcance, calidad, plazo, presupuesto, recursos y riesgos. Entre los 47 procesos, 24 pertenecen al grupo de procesos de planificación, esto significa que hay que incidir fundamentalmente en actividades de planificación antes de iniciar el desarrollo de un proyecto con BIM.

Solamente 8 procesos se encuentran dentro del grupo de ejecución. Este es el motivo por el que verdaderamente hay que poner atención de la enseñanza BIM, en cómo utilizar la herramienta. Por otro lado, 11 procesos pertenecen al grupo de procesos de monitorización y control, los cuales tienen que aplicarse por los miembros del equipo, especialmente los dedicados a controlar cómo se están haciendo las cosas. Habitualmente se realiza por un Project Management Office (PMO). Finalmente, hay 2 procesos desarrollados en el grupo de procesos de iniciación y otros dos en el grupo de procesos de cierre.

En relación a las áreas de conocimiento, aquella que tiene el mayor número de procesos es la gestión del tiempo del proyecto con siete, esto es porque afecta directamente a una de las restricciones más relevantes, que es el Plazo. Pero hay además tres áreas de conocimiento con seis procesos cada una: La gestión de la integración del proyecto, la gestión del alcance del proyecto, y la gestión de los riesgos del proyecto, éstas afectan también a importantes restricciones como son el alcance, la calidad y los riesgos. Las siguientes áreas de conocimiento en número de procesos con cuatro son: La gestión del coste del proyecto, la gestión de los Recursos humanos del proyecto, la gestión de los contratos del proyecto y la gestión de los interesados (stakeholders) del proyecto, ellas afectan el presupuesto y a los recursos. Finalmente, solamente hay dos áreas de conocimiento con tres procesos cada una, estas son: Gestión de la calidad del proyecto, y gestión de las comunicaciones del proyecto, las cuales afectan a la calidad y a los recursos.

2. **Introducción a la PMO:** Según Project Management Institute (2013), PMO es: *“Una estructura de Management que estandariza los procesos relacionados con la gobernanza del proyecto y facilita compartir los recursos, metodologías, herramientas y técnicas”*.

Existen varios tipos de PMO, dependiendo del tamaño de la organización que la mantiene y del grado de control e influencia que posee. Estas pueden ser:

- De apoyo: Aquella que provee un papel consultivo para los proyectos. Su nivel de control es bajo.

- De control: Aquella que provee apoyo y conformidad para los proyectos de varias formas. Su nivel de control es moderado.
- Directiva: Aquella que tiene el control completo de los proyectos, gestionándolos de manera directa. Su nivel de control es alto.

Por lo tanto, PMO puede cambiar su papel desde el un simple asesoramiento en procesos de PM hasta llegar a la completa dirección del proyecto.

- 3. Introducción a los factores ambientales de la empresa:** En lo que respecta a la implementación de procesos En lo que respecta a la implantación de procesos de Architectural & BIM Management en una organización, es relevante saber con profundidad los factores ambientales de la empresa, ya que esto afectará al grado de implantación necesario. La Guía PMBOK (2013) define: *“Los factores ambientales de la empresa se refieren a condiciones, que sin estar bajo el control del equipo de proyecto, sin embargo influyen, limitan o dirigen el proyecto. Los factores ambientales de la empresa son considerados como entradas para la mayoría de los procesos de planificación, pueden incrementar o restringir las opciones de gestión del proyecto, y pueden tener una influencia positiva o negativa para el cliente.”*
- 4. Introducción al papel de Project Manager:** Project Management Institute (2013) describe Project Manager como: *“La persona asignada por la organización ejecutante para liderar el equipo, que es responsable de alcanzar los objetivos del proyecto.”*

Existen unos requerimientos necesarios para asumir este puesto, que son las siguientes:

- Conocimientos, referido a lo que el project manager realmente conocer sobre PM.
- Rendimiento, referido a lo que el project manager es capaz de hacer aplicando sus conocimientos de project management.
- Personales: referido a cómo se comporta el Project manager cuando gestiona un proyecto. Esto contiene gran variedad de aspecto como puede ser la eficacia, actitudes, características principales de su personalidad y liderazgo.

Además, un Project Management eficaz tiene que tener también muchas habilidades interpersonales: Liderazgo, espíritu en equipo, motivación, comunicación, influencia y toma de decisiones.

- 5. Introducción al Ciclo de Vida del Proyecto:** Cuando se confecciona un proyecto, hay que observar de manera completa el ciclo de vida del mismo y como las operaciones influirán en toda a vida del proyecto. PMBOK (2013) define ciclo de vida del proyecto: *“Está constituido por las series de fases por las que pasa un proyecto desde su iniciación hasta su cierre. Estas fases son generalmente secuenciales, y su nombre así como el número de ellas vienen determinados por las necesidades de gestión y control de la organización u organizaciones envueltas en el proyecto, la propia naturaleza del proyecto, y su área de aplicación.”*

Las fases de las que está constituido el ciclo de vida del proyecto son: Comienzo del proyecto, organización y preparación, llevar adelante el trabajo del proyecto, cierre del proyecto y mantenimiento post implementación.

Una vez ya se han descrito estos cinco conceptos de Guía PMBOK, se procede a la aplicación de éstos dentro de BIM (Álvarez Pérez & Bouzas Cavada, 2015):

- Los **procesos de PM** para desarrollar un proyecto con **BIM**.
- Un **Project Manager** que lleve toda la aplicación de los procesos de PM: El **BIM Manager (BM)**.

- Un **Project Management Office Directiva**, con un buen equipo, que ayudará o monitorizará al BIM Manager en su trabajo: La **BIM Management Office (BMO)**.
- Contemplación siempre de los **Factores Ambientales de la Empresa** antes de aplicar la metodología para hacer un trabajo a medida, que satisfaga las necesidades del cliente.
- **Buenos Procesos de Planificación** comenzando con el desarrollo de un Project Management Plan: El **BIM Execution Plan (BEP)**.
- **Buenos Procesos de Monitorización y Control** desarrollados por el **BIM Manager** y la **BIM Management Office**.
- **Buenos Procesos de Ejecución** basados en las **diferentes herramientas** que existen en el mercado, buscando aquella que pueda encajar mejor en el entorno del cliente.
- **Acompañamiento del edificio** a lo largo de **todo su Ciclo de Vida** con BIM, incluido el FM para la fase operativa.

A continuación se describen todos los conceptos aplicados del PMBOK al BIM (**Álvarez Pérez & Bouzas Cavada, 2015**):

1. **BIM Manager:** Persona imprescindible para lograr el éxito en Architectural & BIM Management. Tiene que disponer de todas las condiciones relevantes que antes se han comentado como Project manager, y también además aquellas que su especialización requiere para realizar las siguientes tareas:
 - Desarrolla el BEP a menos que la BMO lo realice.
 - Dirige y coordina la BMO o es monitorizado por ella.
 - Coordina el uso del BIM en el proyecto, establece el alcance de su uso, las actividades compartidas, el control de calidad, así como supervisa las responsabilidades e modelización y documentos contenidos en el BEP.
 - Responsable de la ejecución del BIM Management, así como de cualquier cambio en el modelo.
 - Asegura el desarrollo y adaptación al BEP aprobado, bajo las directivas de la Building Management Office (BMO).
 - Coordina la preparación del equipo en materia de software y la gestión de archivos.
 - Coordina el desarrollo BIM con el Equipo de Diseño.
 - Organiza las reuniones de coordinación con los técnicos BIM.
 - Asegura que BIM se ejecute de manera correcta para lograr los objetivos de la organización.
 - Supervisa la coordinación/detección de interferencias del modelo con el Equipo de Diseño.
 - Provee especificaciones para la coordinación BIM con el Contratista General.
 - Coordina la puesta al día de las condiciones asbuilt en el entregable que constituye el Modelo Final.
 - Cuando termina la fase de construcción, coordina y aplica todas las tareas antes mencionadas al trabajo de FM.

Para conseguir estos objetivos, el BIM Manager debe de cumplir con estas características:

- Experiencia profesional de todas las fases de un proyecto de construcción, incluyendo las fases conceptual y esquemática.
- Experiencia demostrable en liderar equipos de redacción de proyectos.
- Conocimiento avanzado demostrable de materiales de construcción, detalles constructivos y técnicas de construcción, selección de sistemas de construcción, principios de ingeniería relacionada y normas constructivas aplicables a los proyectos.
- Conocimiento avanzado demostrable y experiencia en técnicas de PM bajo las normas de la Guía PMBOK.

- Conocimientos avanzados demostrables y experiencia en trabajar con programas BIM, incluyendo trabajo con multiusuarios en equipo de proyectos BIM.

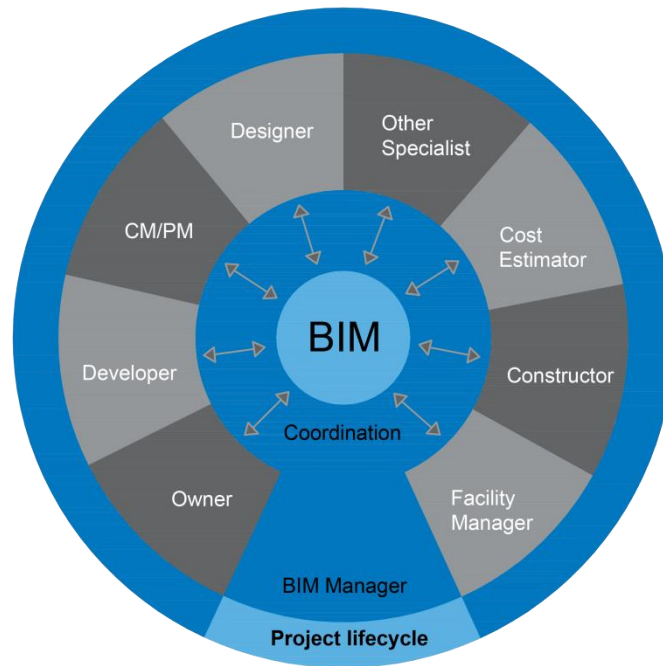


Figura 72: El BIM Manager. Elaboración propia a partir de la fuente: (Álvarez Pérez & Bouzas Cavada, 2015)

2. **El BIM Execution Plan (Plan de Ejecución del Proyecto BIM):** En la figura siguiente se muestra la “Guía de Planeamiento del BIM:

BIM Project Execution Planning Procedur

Identify BIM Goals and Uses	Use project and team characteristics to determine BIM Goals and Uses for the Project
Design BIM Project Execution Process	Develop a process which includes tasks supported by BIM along with information exchanges
Develop Information Exchange Requeriments	Develop the information content, parties responsible, grouping, and schedule for each exchange
Define Supporting Infrastructure for BIM Implementation	Define the infraestructure required to support the developed BIM processes

Figura 73: El Procedimiento del BIM Project Execution Plan. Elaboración propia a partir de la fuente: (BIM., 2011)

A través de un Plan de Ejecución del Proyecto BIM, los componentes del equipo de proyecto pueden conseguir los siguientes valores (Álvarez Pérez & Bouzas Cavada, 2015), (BIM., 2011) :

1. Todas las Organizaciones comprenderán de manera clara los objetivos de implementar BIM en el proyecto.
 2. Las Organizaciones comprenderán sus papeles y responsabilidades en la implementación.
 3. El equipo será capaz de diseñar un proceso de ejecución que será ajustado correctamente para el cometido de la práctica de cada miembro del equipo y el característico flujo de trabajo de la organización.
 4. El plan incluirá esquemas de recursos adicionales, preparación, u otras competencias necesarias para que BIM sea implementado con éxito en orden a los usos pretendidos.
 5. El plan proporcionará un patrón para definir el proceso a futuros participantes que se unan al proyecto.
 6. Las divisiones de compras serán capaces de describir un lenguaje de contratos que asegure que todos los participantes en el proyecto cumplen con sus obligaciones.
 7. La línea base del plan será la meta para medir el progreso a lo largo de todo el proyecto.
- 3. La BIM Management Office (BMO):** La BMO tiene que sostener la aplicación del Project Manager al proyecto BIM por varios caminos pero aplicándolo expresamente al BIM:
- Gestionando los recursos compartidos en todos los proyectos administrados por la BMO, en caso de que su función se aplique a más de un proyecto (Program Management).
 - Identificando y desarrollando la metodología de project management, las buenas prácticas y las normas aplicadas a los proyectos.
 - Realizando coaching, entrenamiento y supervisión de los Proyectos BIM.
 - Monitorizando el cumplimiento de las normas de project management aplicado al BIM, políticas, procesos, y plantillas, mediante auditorías de proyecto.
 - Desarrollando y gestionando las políticas de Proyectos BIM, procesos, plantillas y otra documentación compartida.
 - Coordinando la comunicación entre los proyectos BIM.

2.6. LEAN CONSTRUCTION DENTRO DEL MODELADO BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

Como ya se ha definido anteriormente, Building Information Modeling (BIM) es el proceso de generación y modelado de datos de la construcción durante todo su ciclo de vida. Además es una herramienta y un proceso que aumenta la productividad y precisión en el diseño y construcción de edificios. Para el modelado dinámico de la construcción, BIM emplea el software en tres dimensiones y opera en tiempo real con la disponibilidad continua de diseño del proyecto, alcance, cronograma, y la información de costes que debe ser de alta calidad, fiable, integrada y totalmente coordinada. Todo el proceso obtiene el modelo del edificio, abarcando su geometría, información geográfica, las cantidades de obra y las propiedades de los componentes del edificio (Gerber, Kunz, & Gerber, 2010).

BIM se considera como un enfoque emergente que le ayudará a la industria de la construcción en la consecución de los objetivos de *Lean construction*, eliminando las pérdidas, reduciendo los costes, mejorando la productividad de los equipos de trabajo y consiguiendo resultados positivos para el proyecto. Existen estudios de casos que han demostrado que actualmente BIM y *Lean construction* actúan por separado, por lo que las futuras investigación tienen que buscar una práctica conjunta de ambos paradigmas cuyo resultado sea la ampliación de la definición de BIM como un proceso “Lean” (Forbes & Ahmed, 2011).

Como el principio fundamental de “Lean” es minimizar o eliminar desperdicios, el BIM engloba muchos aspectos de los desperdicios que se producen, primero en las fases de diseño, y luego en la fase de construcción. Conforme el concepto de diseño se desarrolla, diseñadores, propietarios y constructores pueden tomar decisiones que eviten concentraciones de desperdicios en obra. Las revisiones tradicionales del proceso constructivo sin usar BIM consumen tiempo que se traducen en gastos (Sacks, Koskela, Bhargav, & Owen, 2010).

Lean construction y BIM son dos iniciativas diferentes de la industria de la construcción, pero algunos de los principios de BIM pueden influir de manera positiva los principios de *Lean construction* para mejorar los proyectos de construcción (Dave, Koskela, Kiviniemi, Tzortzopoulos, & Owen, 2013).

“Lean”, en su manera más sencilla, significa la eliminación de desperdicios de todo lo que hacemos, y al aplicarse a la construcción suministra una manera de ofrecer un alto rendimiento en todas las categorías medidas, incluyendo calidad, coste, entrega, rentabilidad y sostenibilidad (Ilozor & Kelly, 2012).

El BIM contiene las siguientes funcionalidades (Porrás Días, Sánchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014):

- Visualización del BIM.
- Rápida creación de alternativas de diseño.
- Usos de modelos de datos para predecir el análisis
- Mantenimiento de la información y modelado integrado de diseño.
- Generación automatizada de dibujos y documentos.
- Colaboración en diseño y construcción.
- Evaluación y generación de manera rápida de gran variedad de alternativas de planes de construcción.
- Comunicación en línea.

En el artículo “*Interaction of Lean and Building Information Modeling in construction*” los autores presentan 56 interacciones entre los principios “Lean” y BIM, susceptibles de generar cambios en los procesos de producción de los proyectos constructivos a través de la unificación de estas dos alternativas (Porrás Días, Sánchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014).

Un ejemplo de uno de los principios de *Lean Construction* que se ve afectado por el BIM es la variabilidad de los tiempos de ejecución. Mediante la filosofía “Lean” el objetivo es reducirlos y el BIM ayuda

con las funcionalidades de visualización de forma y rápida generación de diseños alternativos (Porrás Días, Sánchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014).

La combinación de los modelos BIM e IPD garantiza eficiencia, ahorro de costes y aumento de la productividad en el sector de la construcción. Las investigaciones en la unión de ambos enfoques sustentan que el uso de un modelo integrado BIM-IPD tiene un impacto positivo en la ejecución de los proyectos constructivos (Sacks, Koskela, Bhargav, & Owen, 2010). En la siguiente tabla, se muestran las ventajas de las dos metodologías:

Beneficios	BIM	IPD
Planificación y conceptualización	X	X
Diseño y pre construcción	X	X
Consecución		X
Fabricación	X	
Coste	X	X
Horarios	X	X
Calidad	X	
Dinámicas de trabajo y de proyecto		X
Construcción y gestión de operaciones	X	

Tabla 14: Beneficios de BIM e IPD. Elaboración propia a partir de la fuente: Sacks, R., Koskela, L., Bhargav, A.D., Owen, R.

A pesar de ser iniciativas distintas, Lean construction y Building Information Modeling están teniendo un profundo impacto en la industria de la construcción. Análisis rigurosos demuestran interacciones específicas entre las iniciativas, la mayoría de las interacciones indican que existe una concordancia que se puede aprovechar para mejorar los procesos de construcción más allá del grado en que se podrían mejorar mediante la aplicación de estos dos paradigmas en forma independiente (Moghadam, Alwisy, & Al-Hussein, 2012).

Como conceptos diferentes que se aplican en forma independiente proporcionan un profundo impacto en el mejoramiento del desarrollo del proyecto, las evidencias teóricas encontradas en artículos de investigación muestran que se obtendría una ganancia potencial si BIM y “Lean” se usan juntos (Moghadam, Alwisy, & Al-Hussein, 2012).

2.7. BIM (BUILDING INFORMATION MODELING), PMBOK (PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE) MÁS LEAN CONSTRUCTION

Sánchez Losada (2012) propone un modelo basado en el uso del modelo del Project Management del PMBOK para la gestión global de proyectos en el que fusione el uso del Lean Project Delivery Systems (LPDS), Sistema del Último Planificador (SUP) e Integrated Project Delivery (IPD) del Lean Construction de la manera siguiente:

- a) En el grupo de Procesos de Definición: Hay que integrar la fase de definición Lean y diseño Lean del LPDS. La definición y planificación del Proyecto ha de asegurar la satisfacción de las necesidades del cliente por medio del concepto conocido como “trazabilidad”, entendido como la existencia de una relación que puede justificar todas y cada una de las características del proyecto en función de su relación con uno o varios requisitos funcionales.
- b) Por otro lado, en el Grupo de Procesos de Planificación: el método de la Cadena Crítica (CCM) puede ser utilizado en la Planificación Maestra y el método Sistema del Último Planificador (SUP) del Lean Construction puede ser utilizado en la Planificación semanal.
- c) Realización de reuniones semanales que integren a todos los actores del proyecto en un formato de Dirección Integrada del Proyecto (IPD).
- d) En el grupo de Procesos de Ejecución: integrar las fases de suministro, ensamblaje y uso del LPDS (Lean Project Delivery System), si se considera justificado por el tipo de proyecto.
- e) En la fase de Seguimiento y Control: integrar el método SUP, en reuniones semanales que integren a todos los actores del proyecto en un formato de Dirección Integrada de Proyecto (IPD).

Es importante prestar atención a asegurar la trazabilidad, definida anteriormente, sobre todo a la hora de realizar la Definición del Alcance. Para ello, el Director de Proyecto se reunirá con el cliente para saber sus expectativas, deseos, necesidades (qué quiere) y sus necesidades complementarias (que necesita aunque no lo verbalice). Al finalizar las entrevistas, el Director del Proyecto y el Cliente han de traducir esas necesidades en una serie de “requisitos” expresados en términos funcionales (lo que el producto objeto de proyecto “tiene que hacer”). Esta forma de actuar es compatible con la prevista en las fases de Definición y Diseño del LPDS del Lean Construction. Una vez se ha definido el Alcance con el Cliente, se procede a convertir dichos requisitos en un prototipo de Estructura de Desarrollo del Trabajo (EDT), definiendo los elementos entregables de los que estará compuesto el producto objeto del proyecto, definiéndose los hitos, para posteriormente definir las Actividades a realizar. Por otro lado, Cadena Crítica (CCM) y Sistema del Último Planificador (SUP) pueden ser utilizados conjuntamente en el Grupo de Procesos de Planificación, de siguiente forma (Sánchez_Losada, 2012):

- Utilizar el método de Cadena Crítica para la realización del Programa Maestro.
- Utilizar el Sistema de Último Planificador para la Planificación semanal (corto plazo).
- Utilizar el Sistema de Último Planificador (ayudado del CCM) para la actualización regular de los datos globales, contenidos en el Programa Maestro, es decir la prognosis de la evolución del plan (Looking Forward) y la correspondiente actualización de la Planificación.

Igualmente, en el Grupo de Procesos de Seguimiento y Control, especialmente en el Control Integrado de Cambios, así como en la Verificación del Alcance y el Control del Alcance, habrá que prestar atención al pensamiento Lean. Por este motivo, habrá que realizar reuniones semanales del equipo de proyecto en lasel que se utilice el SUP para el Seguimiento y Control Semanal del Programa (corto plazo) (Sánchez_Losada, 2012).

En la siguiente tabla muestra un resumen de lo explicado anteriormente, pudiéndose demostrar que se puede introducir las bases del pensamiento Lean dentro de los procesos del Project Management.

Grupo procesos Project Management	Planificación (Definición Alcance)	Planificación	Ejecución	Control
Uso Técnicas Project Management	Definir alcance, Trazabilidad, EDT	Uso CCM en la Planificación Maestra	Dirección de la Ejecución y demás procesos	Uso CCM en la actualización Planificación Maestra
Fases LPDS Lean Construction	LPDS: Definición Lean	LPDS: Diseño Lean	LPDS: Suministro Lean Ensamblaje Lean	
Uso otras técnicas Lean Construction		Uso SUP en la Planificación Semanal		Uso SUP en reuniones semanales. Equipos integrados IPD

Project Management+Lean Construcion

Una vez ya estudiadas las combinaciones de “Lean Construction” con “Building Information Modeling”, y de “PMBOK” con “BIM”, mediante el Plan de Ejecución del Proyecto BIM, se procede a la combinación de las tres metodologías. Para ello, se partirá de las 10 Áreas de Conocimiento del PMBOK (Integración, alcance, tiempo, coste, calidad, recursos humanos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones e interesados) en las que se introducirán nuevas herramientas, las herramientas de Lean Construction, permaneciendo o combinando las ya existentes en la Guía PMBOK. Todas estas Áreas de Conocimiento, a su vez, estarán integradas en BIM, a través del Plan de Ejecución del Proyecto BIM.

Todo este proceso se irá desarrollando en la tabla mostrada a continuación, para posteriormente, aplicarlo a un caso práctico de una vivienda unifamiliar en Cheste, “Proyecto Cheste 68”, del que se desarrollará en el Marco Experimental de este Trabajo Final de Máster.

Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos	Áreas de Conocimiento		
	Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
1. Gestión de la Integración del Proyecto			
Grupos de Procesos de Inicio	1.1. Desarrollar el Acta de Constitución		
	<p>1. Objetivos del proyecto/BIM Objetivos (BEP).</p> <p>2. Caso de negocio</p> <p>3. Estrategia de ejecución/ Contrato (IPD)</p> <p>3.1. Definición de la Estructura de Entrega (IPD).</p> <p>3.1.1. Acuerdos de AFP IPD: C196-2008 y C197-2008</p> <p>3.2. BIM requisitos contractuales.</p> <p>4. Factores Ambientales de la Empresa.</p> <p>5. Activos de los Procesos de la Organización.</p>	<p>1. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo)</p> <p>2. Técnicas de Facilitación.</p>	<p>1. Acta de Constitución del Proyecto:</p> <p>1.1. Objetivos del proyecto/BIM Objetivos (BEP)</p> <p>1.2. BIM Diseño de Procesos (BEP)</p> <p>1.3. Definiciones BIM. Ámbito de aplicación.</p> <p>1.4. Los objetivos medibles del proyecto y sus criterios de éxito.</p> <p>1.5. Los requisitos de alto nivel.</p> <p>1.6. Los supuestos y las restricciones.</p> <p>1.7. La descripción de alto nivel del proyecto.</p> <p>1.8. Los riesgos de alto nivel.</p> <p>1.9. Master Schedule (plan maestro).</p> <p>1.10. Resumen de Presupuesto</p> <p>1.11. Roles y responsabilidades de Organización (BEP).</p> <p>1.12. Los requisitos de aprobación del proyecto.</p> <p>1.13. BIM Manager (ó Project Manager) que lleve la aplicación de Procesos, y dirija el proyecto.</p>
Grupos de Procesos de Planificación	1.2. Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto		
	<p>1. Acta de Constitución del Proyecto:</p> <p>1.1. Objetivos del proyecto/BIM Objetivos (BEP)</p> <p>1.2. BIM Diseño de</p>	<p>1. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo)</p> <p>2. Técnicas de</p>	<p>1. Plan para la Dirección del Proyecto:</p> <p>1.1. Plan de gestión del alcance.</p> <p>1.2. Plan de gestión de los requisitos.</p>

	<p>Procesos (BEP).</p> <p>1.3. Definiciones BIM. Ámbito de aplicación.</p> <p>1.3. Los objetivos medibles del proyecto y sus criterios de éxito.</p> <p>1.4. Los requisitos de alto nivel.</p> <p>1.5. Los supuestos y las restricciones.</p> <p>1.6. La descripción de alto nivel del proyecto.</p> <p>1.7. Los riesgos de alto nivel.</p> <p>1.8. Master Schedule (plan maestro).</p> <p>1.9. Resumen de Presupuesto</p> <p>1.10. Roles y responsabilidades de Organización (BEP).</p> <p>1.11. Los requisitos de aprobación del proyecto.</p> <p>1.12. BIM Manager (ó Project Manager) que lleve la aplicación de Procesos, y dirija el proyecto.</p> <p>2. Salidas de otros procesos.</p> <p>3. Factores Ambientales de la Empresa.</p> <p>4. Activos de los Procesos de la Organización.</p>	<p>Facilitación</p>	<p>1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación.</p> <p>1.3. Plan de gestión de los costes.</p> <p>1.4. Plan de gestión de la calidad.</p> <p>1.5. Plan de gestión del proceso.</p> <p>1.6. Plan de gestión de los recursos humanos.</p> <p>1.7. Plan de gestión de las comunicaciones.</p> <p>1.8. Plan de gestión de los riesgos.</p> <p>1.9. Plan de gestión de las adquisiciones.</p> <p>1.10. Plan de gestión de los interesados.</p>
<p>Grupos de Procesos de Ejecución</p>	<p>1.3. Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto</p> <p>1. Plan para la Dirección del Proyecto:</p> <p>1.1. Plan de gestión del alcance.</p> <p>1.2. Plan de gestión de los requisitos.</p> <p>1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación.</p> <p>1.3. Plan de gestión de los costes.</p> <p>1.4. Plan de gestión de la calidad.</p> <p>1.5. Plan de gestión del proceso.</p> <p>1.6. Plan de gestión de los recursos humanos.</p>	<p>1. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo)</p> <p>2. Sistema de Información para la Dirección de Proyectos.</p> <p>2.1. Procedimientos de comunicación electrónicos</p> <p>3. Pull Session de Inicio: Reuniones donde intervienen todos los agentes que integran IPD; los cuales son:</p>	<p>1. Entregables.</p> <p>2. Datos de Desempeño del Trabajo.</p> <p>3. Solicitudes de Cambio.</p> <p>4. Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto.</p> <p>5. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.</p>

	<p>1.7. Plan de gestión de las comunicaciones. 1.8. Plan de gestión de los riesgos. 1.9. Plan de gestión de las adquisiciones. 1.10. Plan de gestión de los interesados. 2. Solicitudes de Cambio Aprobadas. 3. Factores Ambientales de la Empresa. 4. Activos de los Procesos de la Organización.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - BIM Manager - Clientes y usuarios - Arquitectos - Ingenieros - Constructor - Subcontratistas - Proveedores <p>Procedimientos de reuniones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un calendario para la entrega inicial de cada modelo con el Director de BIM, y un calendario para la actualización de cada modelo. - Procedimiento y protocolo para la presentación y aprobación del modelo de estampación que incluye electrónica - Temas relacionados con la TI: formato de archivo que se utilizará, de nomenclatura de archivos y convenciones de nombres a objetos, estructura de archivos, el software usado, y la interoperabilidad de las aplicaciones. <p>4. Reuniones semanales del equipo de proyecto.</p>	
<p>Grupos de Procesos de Monitoreo y Control</p>	<p>1.4. Supervisar y Controlar el Trabajo del Proyecto</p> <p>1. Plan para la Dirección del Proyecto:</p> <p>1.1. Plan de gestión del alcance. 1.2. Plan de gestión de los requisitos. 1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación. 1.3. Plan de gestión de los costes. 1.4. Plan de gestión de la calidad. 1.5. Plan de gestión del proceso. 1.6. Plan de gestión de los recursos humanos. 1.7. Plan de gestión de las comunicaciones.</p>	<p>1. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo).</p> <p>2. Técnicas Analíticas:</p> <p>2.1. Análisis de regresión. 2.2. Métodos de clasificación. 2.3. Análisis causal. 2.4. Análisis de causa raíz. 2.5. Métodos de pronóstico, como series temporales o simulación. 2.6. Análisis de modos de fallo y efectos (FMEA). 2.7. Análisis de árbol de fallos (FTA).</p>	<p>1. Solicitudes de Cambio. 2. Informes de Desempeño del Trabajo. 3. Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto. 4. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.</p>

	<p>1.8. Plan de gestión de los riesgos. 1.9. Plan de gestión de las adquisiciones. 1.10. Plan de gestión de los interesados. 2. Master schedule (plan maestro) 3. Pronósticos de Costes. Costes Estimados. 4. Cambios validados. 5. Información del Desempeño del Trabajo. 5. Factores Ambientales de la Empresa. 6. Activos de los Procesos de la Organización.</p>	<p>2.8. Análisis de reservas. 2.9. Análisis de tendencias. 2.10. Gestión del valor ganado. 2.11. Análisis de variación. 3. Sistema de Información para la Dirección de Proyectos. 4. Pull Session de Control: Reuniones donde intervienen todos los agentes que integran IPD. 5. Reuniones semanales del equipo de proyecto.</p>	
	1.5. Realizar el Control Integrado de Cambios		
	<p>1. Plan para la Dirección del Proyecto: 1.1. Plan de gestión del alcance. 1.2. Plan de gestión de los requisitos. 1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación. 1.3. Plan de gestión de los costes. 1.4. Plan de gestión de la calidad. 1.5. Plan de gestión del proceso. 1.6. Plan de gestión de los recursos humanos. 1.7. Plan de gestión de las comunicaciones. 1.8. Plan de gestión de los riesgos. 1.9. Plan de gestión de las adquisiciones. 1.10. Plan de gestión de los interesados. 2. Master schedule (plan maestro) 3. Pronósticos de Costes. Costes Estimados. 4. Cambios validados. 5. Información del Desempeño del Trabajo. 5. Factores Ambientales de la Empresa. 6. Activos de los Procesos</p>	<p>1. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo). 2. Pull Session de Control: Reuniones donde intervienen todos los agentes que integran IPD. 3. Herramientas de Control de Cambios. 4. Reuniones semanales del equipo de proyecto.</p>	<p>1. Solicitudes de Cambio Aprobadas. 2. Registros de Cambios. 3. Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto. 4. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.</p>

	<p>de la Organización.</p> <p>2. Informes de Desempeño.</p> <p>3. Solicitudes de Cambio.</p> <p>4. Factores Ambientales de la Empresa.</p> <p>5. Activos de los Procesos de la Organización.</p>		
<p>Grupos de Procesos de Cierre</p>	<p>1.6. Cerrar el Proyecto o Fase</p> <p>1. Plan para la Dirección del Proyecto:</p> <p>1.1. Plan de gestión del alcance.</p> <p>1.2. Plan de gestión de los requisitos.</p> <p>1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación.</p> <p>1.3. Plan de gestión de los costes.</p> <p>1.4. Plan de gestión de la calidad.</p> <p>1.5. Plan de gestión del proceso.</p> <p>1.6. Plan de gestión de los recursos humanos.</p> <p>1.7. Plan de gestión de las comunicaciones.</p> <p>1.8. Plan de gestión de los riesgos.</p> <p>1.9. Plan de gestión de las adquisiciones.</p> <p>1.10. Plan de gestión de los interesados.</p> <p>2. Entregables Aceptados.</p> <p>3. Activos de los Procesos de la Organización.</p>	<p>1. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo).</p> <p>2. Técnicas Analíticas:</p> <p>2.1. Análisis de regresión.</p> <p>2.2. Métodos de clasificación.</p> <p>2.3. Análisis causal.</p> <p>2.4. Análisis de causa raíz.</p> <p>2.5. Métodos de pronóstico, como series temporales o simulación.</p> <p>2.6. Análisis de modos de fallo y efectos (FMEA).</p> <p>2.7. Análisis de árbol de fallos (FTA).</p> <p>2.8. Análisis de reservas.</p> <p>2.9. Análisis de tendencias.</p> <p>2.10. Gestión del valor ganado.</p> <p>2.11. Análisis de variación.</p> <p>3. Pull Session de Cierre: Reuniones donde intervienen todos los agentes que integran IPD.</p> <p>4. Reuniones semanales del equipo de proyecto.</p>	<p>1. Transferencia del Producto, Servicio o Resultado Final.</p> <p>2. Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización.</p>

2. Gestión del Alcance del Proyecto			
Grupos de Procesos de Inicio	2.1. Planificar la Gestión del Alcance		
	<p>1. Plan para la Dirección del Proyecto:</p> <p>1.1. Plan de gestión del alcance.</p> <p>1.2. Plan de gestión de los requisitos.</p> <p>1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación.</p> <p>1.3. Plan de gestión de los costes.</p> <p>1.4. Plan de gestión de la calidad.</p> <p>1.5. Plan de gestión del proceso.</p> <p>1.6. Plan de gestión de los recursos humanos.</p> <p>1.7. Plan de gestión de las comunicaciones.</p> <p>1.8. Plan de gestión de los riesgos.</p> <p>1.9. Plan de gestión de las adquisiciones.</p> <p>1.10. Plan de gestión de los interesados.</p> <p>2. Acta de Constitución del Proyecto:</p> <p>2.1. Objetivos del proyecto/BIM Objetivos (BEP)</p> <p>2.2. BIM Diseño de Procesos (BEP)</p> <p>2.3. Definiciones BIM. Ámbito de aplicación.</p> <p>2.4. Los objetivos medibles del proyecto y sus criterios de éxito.</p> <p>2.5. Los requisitos de alto nivel.</p> <p>2.6. Los supuestos y las restricciones.</p> <p>2.7. La descripción de alto nivel del proyecto.</p> <p>2.8. Los riesgos de alto nivel.</p> <p>2.9. Master Schedule (plan maestro).</p> <p>2.10. Resumen de Presupuesto</p> <p>2.11. Roles y</p>	<p>1. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo).</p> <p>2. Pull Session de Inicio: Reuniones donde intervienen todos los agentes que integran IPD.</p> <p>3. Reuniones semanales del equipo de proyecto.</p>	<p>1. Plan de Gestión del Alcance.</p> <p>1.1. Definición del Alcance del Proyecto.</p> <p>1.2. Estructura Desagregada de Trabajo (EDT)</p> <p>1.3. Estructura Desagregada de la Organización (EDO)</p> <p>1.4. Estructura Desagregada de Recursos (EDR)</p> <p>1.5. Estructura Desagregada de Costes (EDC)</p> <p>1.6. Estructura Desagregada de Entregables (EDE)</p> <p>1.7. Aceptación formal de los entregables del proyecto</p> <p>1.8. Controlar cómo se procesarán las solicitudes de cambio relacionadas al enunciado del alcance descrito en el proyecto.</p> <p>2. Plan de Gestión de los Requisitos.</p> <p>2.1. Planificación, supervisión y reportación de actividades relacionadas con los requisitos.</p> <p>2.2. Actividades de gestión de la configuración.</p> <p>2.3. Proceso para priorizar los requisitos.</p> <p>2.4. Métricas del producto.</p> <p>2.5. Estructura de trazabilidad.</p>

	<p>responsabilidades de Organización (BEP). 2.12. Los requisitos de aprobación del proyecto. 2.13. BIM Manager (ó Project Manager) que lleve la aplicación de Procesos, y dirija el proyecto. 3. Factores Ambientales de la Empresa. 4. Activos de los Procesos de la Organización.</p>		
<p>Grupos de Procesos de Planificación</p>	<p>2.2. Recopilar Requisitos de los Interesados</p> <p>1. Plan de Gestión del Alcance. 1.1. Definición del Alcance del Proyecto. 1.2. Estructura Desagregada de Trabajo (EDT) 1.3. Estructura Desagregada de la Organización (EDO) 1.4. Estructura Desagregada de Recursos (EDR) 1.5. Estructura Desagregada de Costes (EDC) 1.6. Estructura Desagregada de Entregables (EDE) 1.7. Aceptación formal de los entregables del proyecto 1.8. Controlar cómo se procesarán las solicitudes de cambio relacionadas al enunciado del alcance descrito en el proyecto. 2. Plan de Gestión de los Requisitos. 2.1. Planificación, supervisión y reportación de actividades relacionadas con los requisitos. 2.2. Actividades de gestión de la</p>	<p>1. Entrevistas. 2. Grupos Focales. 3. Talleres Facilitados. 4. Técnicas Grupales de Creatividad. 4.1. Tormenta de ideas. 4.2. Técnicas de grupo nominal. 4.3. Mapa conceptual/mental- 4.4. Diagrama de afinidad. 4.5. Análisis de decisiones con múltiples criterios AHP. 5. Técnicas Grupales de Toma de Decisiones. 6. Cuestionarios y Encuestas. 7. Observaciones. 8. Prototipos 9. Estudios Comparativos. 10. Diagrama de Contexto. 12. Análisis de Documentos. 13. Value Stream Mapping (VSM).</p>	<p>1. Documentación de Requisitos. 2. Matriz de Trazabilidad de Requisitos. 2.1. Necesidades, oportunidades, metas y objetivos del negocio. 2.2. Objetivos del proyecto/BIM Objetivos (BEP) 2.3. Alcance del proyecto/entregables de la EDT, EDO, EDR, EDC, EDE 2.4. BIM Diseño de Procesos (BEP) 2.5. BIM Diseño del producto 2.6. Definiciones BIM. Ámbito de aplicación (BEP). 2.7. Desarrollo del producto (BIM). 2.8. Estrategia y escenarios de prueba. 2.9. Requisitos de alto nivel en relación a los requisitos más detallados.</p>

	<p>configuración.</p> <p>2.3. Proceso para priorizar los requisitos.</p> <p>2.4. Métricas del producto.</p> <p>2.5. Estructura de trazabilidad.</p> <p>3. Plan de Gestión de los Interesados.</p> <p>4. Acta de Constitución del Proyecto:</p> <p>4.1. Objetivos del proyecto/BIM Objetivos (BEP)</p> <p>4.2. BIM Diseño de Procesos (BEP)</p> <p>4.3. Definiciones BIM. Ámbito de aplicación.</p> <p>4.4. Los objetivos medibles del proyecto y sus criterios de éxito.</p> <p>4.5. Los requisitos de alto nivel.</p> <p>4.6. Los supuestos y las restricciones.</p> <p>4.7. La descripción de alto nivel del proyecto.</p> <p>4.8. Los riesgos de alto nivel.</p> <p>4.9. Master Schedule (plan maestro).</p> <p>4.10. Resumen de Presupuesto</p> <p>4.11. Roles y responsabilidades de Organización (BEP).</p> <p>4.12. Los requisitos de aprobación del proyecto.</p> <p>4.13. BIM Manager (ó Project Manager) que lleve la aplicación de Procesos, y dirija el proyecto.</p>		
	<p>2.3. Definir el Alcance</p>		
	<p>1. Plan de Gestión del Alcance.</p> <p>1.1. Definición del Alcance del Proyecto.</p> <p>1.2. Estructura Desagregada de Trabajo (EDT)</p> <p>1.3. Estructura</p>	<p>1. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo).</p> <p>2. Análisis del Producto.</p> <p>3. Generación de Alternativas.</p>	<p>1. Enunciado del Alcance del Proyecto.</p> <p>1.1. Descripción del alcance del proyecto.</p> <p>1.2. Criterios de aceptación</p> <p>1.3. Entregables del proyecto.</p>

	<p>Desagregada de la Organización (EDO)</p> <p>1.4. Estructura Desagregada de Recursos (EDR)</p> <p>1.5. Estructura Desagregada de Costes (EDC)</p> <p>1.6. Estructura Desagregada de Entregables (EDE)</p> <p>1.7. Aceptación formal de los entregables del proyecto</p> <p>1.8. Controlar cómo se procesarán las solicitudes de cambio relacionadas al enunciado del alcance descrito en el proyecto.</p> <p>2. Acta de Constitución del Proyecto:</p> <p>2.1. Objetivos del proyecto/BIM Objetivos (BEP)</p> <p>2.2. BIM Diseño de Procesos (BEP)</p> <p>2.3. Definiciones BIM. Ámbito de aplicación.</p> <p>2.4. Los objetivos medibles del proyecto y sus criterios de éxito.</p> <p>2.5. Los requisitos de alto nivel.</p> <p>2.6. Los supuestos y las restricciones.</p> <p>2.7. La descripción de alto nivel del proyecto.</p> <p>2.8. Los riesgos de alto nivel.</p> <p>2.9. Master Schedule (plan maestro).</p> <p>2.10. Resumen de Presupuesto</p> <p>2.11. Roles y responsabilidades de Organización (BEP).</p> <p>2.12. Los requisitos de aprobación del proyecto.</p> <p>2.13. BIM Manager (ó Project Manager) que lleve la aplicación de Procesos, y dirija el proyecto.</p>	<p>4. Talleres Facilitados.</p>	<p>1.4. Exclusiones del proyecto</p> <p>1.5. Restricciones del proyecto</p> <p>1.6. Supuestos del proyecto.</p>
--	---	--	---

	<p>3. Documentos de los requisitos.</p> <p>4. Activos de los Procesos de la Organización.</p>		
	<p>2.4. Crear la EDT/WBS</p>		
	<p>1. Plan de Gestión del Alcance.</p> <p>1.1. Definición del Alcance del Proyecto.</p> <p>1.2. Estructura Desagregada de Trabajo (EDT)</p> <p>1.3. Estructura Desagregada de la Organización (EDO)</p> <p>1.4. Estructura Desagregada de Recursos (EDR)</p> <p>1.5. Estructura Desagregada de Costes (EDC)</p> <p>1.6. Estructura Desagregada de Entregables (EDE)</p> <p>1.7. Aceptación formal de los entregables del proyecto</p> <p>1.8. Controlar cómo se procesarán las solicitudes de cambio relacionadas al enunciado del alcance descrito en el proyecto.</p> <p>2. Enunciado del Alcance del Proyecto.</p> <p>2.1. Descripción del alcance del proyecto.</p> <p>2.2. Criterios de aceptación</p> <p>2.3. Entregables del proyecto.</p> <p>2.4. Exclusiones del proyecto</p> <p>2.5. Restricciones del proyecto</p> <p>2.6. Supuestos del proyecto.</p> <p>3. Documentación de Requisitos.</p>	<p>1. Descomposición.</p> <p>2. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo).</p> <p>3. Pull Session de Inicio: Reuniones donde intervienen todos los agentes que integran IPD.</p> <p>4. Reuniones semanales del equipo de proyecto.</p>	<p>1. Línea Base del Alcance.</p> <p>1.1. Enunciado del alcance del proyecto.</p> <p>1.2. Estructura Desagregada de Trabajo (EDT)</p> <p>1.3. Estructura Desagregada de la Organización (EDO)</p> <p>1.4. Estructura Desagregada de Recursos (EDR)</p> <p>1.5. Estructura Desagregada de Costes (EDC)</p> <p>1.6. Estructura Desagregada de Entregables (EDE)</p> <p>1.7. Diccionario de la EDT.</p> <p>1.8. Diccionario de la EDO.</p> <p>1.9. Diccionario de la EDR.</p> <p>1.10. Diccionario de la EDC.</p> <p>1.11. Diccionario de la EDE.</p> <p>2. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.</p>

	<p>4. Factores Ambientales de la Empresa. 5. Activos de los Procesos de la Organización.</p>		
<p>Grupos de Procesos de Ejecución</p>			
<p>Grupos de Procesos de Monitoreo y Control</p>	<p>2.5. Validar el Alcance</p> <p>1. Plan para la Dirección del Proyecto: 1.1. Plan de gestión del alcance. 1.2. Plan de gestión de los requisitos. 1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación. 1.3. Plan de gestión de los costes. 1.4. Plan de gestión de la calidad. 1.5. Plan de gestión del proceso. 1.6. Plan de gestión de los recursos humanos. 1.7. Plan de gestión de las comunicaciones. 1.8. Plan de gestión de los riesgos. 1.9. Plan de gestión de las adquisiciones. 1.10. Plan de gestión de los interesados.</p> <p>2. Documentación de Requisitos.</p> <p>3. Matriz de Trazabilidad de Requisitos. 3.1. Necesidades, oportunidades, metas y objetivos del negocio. 3.2. Objetivos del proyecto/BIM Objetivos (BEP) 3.3. Alcance del proyecto/entregables de la EDT, EDO, EDR, EDC, EDE 3.4. BIM Diseño de Procesos (BEP) 3.5. BIM Diseño del producto 3.6. Definiciones BIM.</p>	<p>1. Inspección. 2. Técnicas Grupales de Toma de Decisiones. 3. Pull Session de Inicio: Reuniones donde intervienen todos los agentes que integran IPD. 4. Reuniones semanales del equipo de proyecto.</p>	<p>1. Entregables Aceptados. 2. Solicitudes de Cambio. 3. Información de Desempeño del Trabajo. 4. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.</p>

	<p>Ámbito de aplicación (BEP). 3.7. Desarrollo del producto (BIM). 3.8. Estrategia y escenarios de prueba. 3.9. Requisitos de alto nivel en relación a los requisitos más detallados 4. Entregables Verificados. 5. Datos de Desempeño del Trabajo.</p>		
	<p>2.6. Controlar el Alcance</p>		
	<p>1. Plan para la Dirección del Proyecto: 1.1. Plan de gestión del alcance. 1.2. Plan de gestión de los requisitos. 1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación. 1.3. Plan de gestión de los costes. 1.4. Plan de gestión de la calidad. 1.5. Plan de gestión del proceso. 1.6. Plan de gestión de los recursos humanos. 1.7. Plan de gestión de las comunicaciones. 1.8. Plan de gestión de los riesgos. 1.9. Plan de gestión de las adquisiciones. 1.10. Plan de gestión de los interesados. 2. Documentación de Requisitos. 3. Matriz de Trazabilidad de Requisitos. 3.1. Necesidades, oportunidades, metas y objetivos del negocio. 3.2. Objetivos del proyecto/BIM Objetivos (BEP) 3.3. Alcance del proyecto/entregables de la EDT, EDO, EDR, EDC,</p>	<p>1. Análisis de Variación. 2. Pull Session de Inicio: Reuniones donde intervienen todos los agentes que integran IPD. 3. Reuniones semanales del equipo de proyecto.</p>	<p>1. Información de Desempeño del Trabajo. 2. Solicitudes de Cambio. 3. Actualizaciones del Plan para la Dirección del Proyecto. 4. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto. 5. Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización.</p>

	<p>EDE</p> <p>3.4. BIM Diseño de Procesos (BEP)</p> <p>3.5. BIM Diseño del producto</p> <p>3.6. Definiciones BIM. Ámbito de aplicación (BEP).</p> <p>3.7. Desarrollo del producto (BIM).</p> <p>3.8. Estrategia y escenarios de prueba.</p> <p>3.9. Requisitos de alto nivel en relación a los requisitos más detallados</p> <p>4. Datos de Desempeño del Trabajo.</p> <p>5. Activos de los Procesos de la Organización.</p>		
<p>Grupos de Procesos de Cierre</p>			
<p>3. Gestión del Tiempo del Proyecto</p>			
<p>Grupos de Procesos de Inicio</p>	<p>3.1. Planificar la Gestión del Cronograma</p>		
	<p>1. Plan para la Dirección del Proyecto:</p> <p>1.1. Plan de gestión del alcance.</p> <p>1.2. Plan de gestión de los requisitos.</p> <p>1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación.</p> <p>1.3. Plan de gestión de los costes.</p> <p>1.4. Plan de gestión de la calidad.</p> <p>1.5. Plan de gestión del proceso.</p> <p>1.6. Plan de gestión de los recursos humanos.</p> <p>1.7. Plan de gestión de las comunicaciones.</p> <p>1.8. Plan de gestión de los riesgos.</p> <p>1.9. Plan de gestión de las adquisiciones.</p> <p>1.10. Plan de gestión de los interesados.</p> <p>2. Acta de Constitución</p>	<p>1. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo).</p> <p>2. Técnicas Analíticas:</p> <p>2.1. Análisis de regresión.</p> <p>2.2. Métodos de clasificación.</p> <p>2.3. Análisis causal.</p> <p>2.4. Análisis de causa raíz.</p> <p>2.5. Métodos de pronóstico, como series temporales o simulación.</p> <p>2.6. Análisis de modos de fallo y efectos (FMEA).</p> <p>2.7. Análisis de árbol de fallos (FTA).</p> <p>2.8. Análisis de reservas.</p> <p>2.9. Análisis de tendencias.</p> <p>2.10. Gestión del valor ganado.</p> <p>2.11. Análisis de variación.</p>	<p>1. Plan de Gestión del Cronograma.</p> <p>1.1. Master schedule (plan maestro).</p> <p>1.2. Lookahead (planificación intermedia).</p> <p>1.3. Weekly Work Plan (plan de trabajo semanal).</p> <p>1.4. Método del Valor Ganado (EVM).</p>

	<p>del Proyecto:</p> <p>2.1. Objetivos del proyecto/BIM Objetivos (BEP)</p> <p>2.2. BIM Diseño de Procesos (BEP)</p> <p>2.3. Definiciones BIM. Ámbito de aplicación.</p> <p>2.4. Los objetivos medibles del proyecto y sus criterios de éxito.</p> <p>2.5. Los requisitos de alto nivel.</p> <p>2.6. Los supuestos y las restricciones.</p> <p>2.7. La descripción de alto nivel del proyecto.</p> <p>2.8. Los riesgos de alto nivel.</p> <p>2.9. Master Schedule (plan maestro).</p> <p>2.10. Resumen de Presupuesto</p> <p>2.11. Roles y responsabilidades de Organización (BEP).</p> <p>2.12. Los requisitos de aprobación del proyecto.</p> <p>2.13. BIM Manager (ó Project Manager) que lleve la aplicación de Procesos, y dirija el proyecto.</p> <p>3. Factores Ambientales de la Empresa.</p> <p>4. Activos de los Procesos de la Organización.</p>	<p>3. Pull Session de Inicio: Reuniones donde intervienen todos los agentes que integran IPD.</p> <p>4. Reuniones semanales del equipo de proyecto.</p>	
	3.2. Definir las Actividades		
	<p>1. Plan de Gestión del Cronograma.</p> <p>1.1. Master schedule (plan maestro).</p> <p>1.2. Lookahead (planificación intermedia).</p> <p>1.3. Weekly Work Plan (plan de trabajo semanal).</p> <p>1.4. Método del Valor Ganado (EVM).</p> <p>2. Línea Base del Alcance.</p> <p>2.1. Enunciado del</p>	<p>1. Descomposición EDT, EDO, EDR, EDC, EDE.</p> <p>2. Planificación Gradual.</p> <p>3. Value Stream Mapping (VSM).</p> <p>3. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo).</p>	<p>1. Lista de Actividades.</p> <p>2. Atributos de las Actividades.</p> <p>3. Lista de Hitos</p>

	<p>alcance del proyecto.</p> <p>2.2. Estructura Desagregada de Trabajo (EDT)</p> <p>2.3. Estructura Desagregada de la Organización (EDO)</p> <p>2.4. Estructura Desagregada de Recursos (EDR)</p> <p>2.5. Estructura Desagregada de Costes (EDC)</p> <p>2.6. Estructura Desagregada de Entregables (EDE)</p> <p>2.7. Diccionario de la EDT.</p> <p>1.8. Diccionario de la EDO.</p> <p>2.9. Diccionario de la EDR.</p> <p>2.10. Diccionario de la EDC.</p> <p>2.11. Diccionario de la EDE.</p> <p>3. Factores Ambientales de la Empresa.</p> <p>4. Activos de los Procesos de la Organización.</p>		
	<p>3.3. Secuenciar las Actividades</p>		
	<p>1. Plan de Gestión del Cronograma.</p> <p>1.1. Master schedule (plan maestro).</p> <p>1.2. Lookahead (planificación intermedia).</p> <p>1.3. Weekly Work Plan (plan de trabajo semanal).</p> <p>1.4. Método del Valor Ganado (EVM).</p> <p>2. Lista de Actividades.</p> <p>3. Atributos de la Calidad</p> <p>4.1 Enunciado del Alcance del Proyecto.</p> <p>4.1. Descripción del alcance del proyecto.</p> <p>4.2. Criterios de aceptación.</p> <p>4.3. Entregables del proyecto.</p> <p>4.4. Exclusiones del</p>	<p>1. Método de Diagramación por Precedencia (PDM): Se realizará mediante el Sistema del Último Planificador (LPS), en el que se realizará la Red desde el fin de las tareas del proyecto.</p> <p>2. Determinación de las Dependencias.</p> <p>3. Adelantos y Retrasos.</p>	<p>1. Diagramas de Red del Cronograma del Proyecto: Se realizará mediante el Sistema del Último Planificador (LPS), en el que se realizará la Red desde el fin de las tareas del proyecto.</p> <p>2. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.</p>

	<p>proyecto</p> <p>4.5. Restricciones del proyecto</p> <p>4.6. Supuestos del proyecto.</p> <p>5. Factores Ambientales de la Empresa.</p> <p>6. Activos de los Procesos de la Organización.</p>		
<p>Grupos de Procesos de Planificación</p>	<p>3.4. Estimar los Recursos de las Actividades</p>		
	<p>1. Plan de Gestión del Cronograma.</p> <p>1.1. Master schedule (plan maestro).</p> <p>1.2. Lookahead (planificación intermedia).</p> <p>1.3. Weekly Work Plan (plan de trabajo semanal).</p> <p>1.4. Método del Valor Ganado (EVM).</p> <p>2. Lista de Actividades.</p> <p>3. Atributos de las Actividades.</p> <p>4. Calendario de Recursos Humanos.</p> <p>5. Registro de Riesgos.</p> <p>5.1. Análisis de Riesgos.</p> <p>5.2. Lógica Fuzzy.</p> <p>5.3. Montecarlo.</p> <p>6. Estimación de Costes. TCTP.</p> <p>6.1. Costes normales y acelerados.</p> <p>7. Asignación y nivelación de Recursos.</p>	<p>1. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo).</p> <p>2. Análisis de Alternativas.</p> <p>4. Datos de Estimaciones Publicados.</p> <p>5. Software de Gestión de Proyectos: Senda Matrix, Project, Revit, Cype, Navisworks, Excel, Presto.</p>	<p>1. Recursos Requeridos para las Actividades.</p> <p>2. Estructura de Desglose de Recursos (EDR).</p> <p>3. Actualizaciones a los documentos del proyecto.</p>
	<p>3.5. Estimar la Duración de las Actividades</p>		
<p>1. Plan de Gestión del Cronograma.</p> <p>1.1. Master schedule (plan maestro).</p> <p>1.2. Lookahead (planificación intermedia).</p> <p>1.3. Weekly Work Plan (plan de trabajo semanal).</p> <p>1.4. Método del Valor Ganado (EVM).</p> <p>2. Lista de Actividades.</p> <p>3. Atributos de las Actividades.</p> <p>4. Recursos Requeridos</p>	<p>1. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo).</p> <p>2. Estimación Análoga.</p> <p>3. Estimación Paramétrica.</p> <p>4. Estimación por Tres Valores (PERT)</p> <p>5. Técnicas Grupales de Toma de Decisiones.</p> <p>6. Análisis de Reservas.</p>	<p>1. Estimaciones de las Actividades.</p> <p>2. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.</p>	

	<p>para las Actividades.</p> <p>5. Calendario de Recursos Humanos.</p> <p>6. Enunciado del Alcance del Proyecto.</p> <p>6.1. Descripción del alcance del proyecto.</p> <p>6.2. Criterios de aceptación</p> <p>6.3. Entregables del proyecto.</p> <p>6.4. Exclusiones del proyecto</p> <p>6.5. Restricciones del proyecto</p> <p>6.6. Supuestos del proyecto.</p> <p>7. Registro de Riesgos.</p> <p>7.1. Análisis de Riesgos.</p> <p>7.2. Lógica Fuzzy.</p> <p>7.3. Montecarlo.</p> <p>8. Estructura de Desglose de Recursos (EDR).</p> <p>9. Factores Ambientales de la Empresa.</p> <p>10. Activos de los Procesos de la Organización.</p>		
	<p>3.6. Desarrollar el Cronograma</p> <p>1. Plan de Gestión del Cronograma.</p> <p>1.1. Master schedule (plan maestro).</p> <p>1.2. Lookahead (planificación intermedia).</p> <p>1.3. Weekly Work Plan (plan de trabajo semanal).</p> <p>1.4. Método del Valor Ganado (EVM).</p> <p>2. Lista de Actividades.</p> <p>3. Atributos de las Actividades.</p> <p>4. Diagramas de Red del Cronograma del Proyecto: Se realizará mediante el Sistema del Último Planificador (LPS), en el que se realizará la Red desde el fin de las tareas del proyecto.</p> <p>5. Recursos Requeridos</p>	<p>1. Análisis de la Red del Cronograma.</p> <p>2. Método de la Ruta Crítica (CPM).</p> <p>3. Método de la Cadena Crítica (CCM).</p> <p>4. Técnicas de Optimización de Recursos:</p> <p>4.1. Nivelación de Recursos.</p> <p>4.2. Asignación de Recursos.</p> <p>5. Técnicas de Modelado.</p> <p>5.1. Análisis de Escenarios.</p> <p>5.2. Simulación.</p> <p>6. Adelantos y Retrasos.</p> <p>7. Comprensión del Cronograma.</p> <p>8. Herramienta de</p>	<p>1. Línea Base del Cronograma.</p> <p>2. Cronograma del Proyecto.</p> <p>2.1. Master schedule (plan maestro).</p> <p>2.2. Lookahead (planificación intermedia).</p> <p>2.3. Weekly Work Plan (plan de trabajo semanal).</p> <p>3. Datos del Cronograma.</p> <p>4. Calendarios del Proyecto.</p> <p>5. Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto</p> <p>6. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.</p>

	<p>para las Actividades.</p> <p>6. Calendario de Recursos.</p> <p>7. Estimaciones de la Duración de las Actividades.</p> <p>8. Enunciado del Alcance del Proyecto.</p> <p>8.1. Descripción del alcance del proyecto.</p> <p>8.2. Criterios de aceptación</p> <p>8.3. Entregables del proyecto.</p> <p>8.4. Exclusiones del proyecto.</p> <p>8.5. Restricciones del proyecto.</p> <p>8.6. Supuestos del proyecto.</p> <p>9. Registro de Riesgos.</p> <p>9.1. Análisis de Riesgos.</p> <p>9.2. Lógica Fuzzy.</p> <p>9.3. Montecarlo.</p> <p>10. Asignaciones de Personal al Proyecto.</p> <p>11. Estructura de Desglose de Recursos (EDR).</p> <p>12. Factores Ambientales de la Empresa.</p> <p>13. Activos de los Procesos de la Organización.</p>	<p>Programación.</p>	
<p>Grupos de Procesos de Ejecución</p>			
<p>Grupos de Procesos de Monitoreo y Control</p>	<p>3.7. Controlar el Cronograma</p>		
	<p>1. Plan para la Dirección del Proyecto:</p> <p>1.1. Plan de gestión del alcance.</p> <p>1.2. Plan de gestión de los requisitos.</p> <p>1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación.</p> <p>1.3. Plan de gestión de los costes.</p> <p>1.4. Plan de gestión de la calidad.</p> <p>1.5. Plan de gestión del</p>	<p>1. Revisiones del Desempeño.</p> <p>2. Software de Gestión de Proyectos: Senda Matrix, Project, Revit, Cype, Navisworks, Excel, Presto.</p> <p>3 Técnicas de Optimización de Recursos:</p> <p>3.1. Nivelación de Recursos.</p> <p>3.2. Asignación de</p>	<p>1. Información de Desempeño del Trabajo.</p> <p>2. Pronóstico del Cronograma.</p> <p>3. Solicitudes de Cambio.</p> <p>4. Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto.</p> <p>5. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.</p> <p>6. Actualizaciones a los Activos de los Procesos</p>

	<p>proceso.</p> <p>1.6. Plan de gestión de los recursos humanos.</p> <p>1.7. Plan de gestión de las comunicaciones.</p> <p>1.8. Plan de gestión de los riesgos.</p> <p>1.9. Plan de gestión de las adquisiciones.</p> <p>1.10. Plan de gestión de los interesados.</p> <p>2. Cronograma del Proyecto.</p> <p>2.1. Master schedule (plan maestro).</p> <p>2.2. Lookahead (planificación intermedia).</p> <p>2.3. Weekly Work Plan (plan de trabajo semanal).</p> <p>3. Datos de Desempeño del Trabajo.</p> <p>4. Calendarios del Proyecto.</p> <p>5. Datos del Cronograma</p> <p>6. Activos de los Procesos de la Organización.</p>	<p>Recursos.</p> <p>4. Técnicas de Modelado.</p> <p>4.1. Análisis de Escenarios.</p> <p>4.2. Simulación.</p> <p>5. Adelantos y Retrasos.</p> <p>6. Comprensión del Cronograma.</p> <p>7. Herramienta de Programación.</p> <p>8. Líneas de Balance (LOB).</p>	<p>de la Organización.</p>
Grupos de Procesos de Cierre			

4. Gestión de los Costes del Proyecto

Grupos de Procesos de Inicio	4.1. Planificar la Gestión de los Costes		
	<p>1. Plan para la Dirección del Proyecto:</p> <p>1.1. Plan de gestión del alcance.</p> <p>1.2. Plan de gestión de los requisitos.</p> <p>1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación.</p> <p>1.3. Plan de gestión de los costes.</p> <p>1.4. Plan de gestión de la calidad.</p> <p>1.5. Plan de gestión del proceso.</p> <p>1.6. Plan de gestión de los recursos humanos.</p> <p>1.7. Plan de gestión de las</p>	<p>1. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo).</p> <p>2. Técnicas Analíticas.</p> <p>3. Pull Session de Inicio: Reuniones donde intervienen todos los agentes que integran IPD.</p> <p>4. Reuniones semanales del equipo de proyecto.</p>	<p>1. Plan de Gestión de los Costes.</p> <p>1.1. Unidades de medida.</p> <p>1.2. Nivel de precisión.</p> <p>1.3. Nivel de exactitud.</p> <p>1.4. Enlaces con los procedimientos de la organización.</p> <p>1.5. TCTP. Costes normales y acelerados.</p> <p>1.6. Umbrales de control.</p> <p>1.7. Reglas para la medición del desempeño (EVM).</p> <p>1.8. Formatos de los informes.</p> <p>1.9. Descripciones de los</p>

	<p>comunicaciones.</p> <p>1.8. Plan de gestión de los riesgos.</p> <p>1.9. Plan de gestión de las adquisiciones.</p> <p>1.10. Plan de gestión de los interesados.</p> <p>2. Acta de Constitución del Proyecto:</p> <p>2.1. Objetivos del proyecto/BIM Objetivos (BEP)</p> <p>2.2. BIM Diseño de Procesos (BEP)</p> <p>2.3. Definiciones BIM. Ámbito de aplicación.</p> <p>2.4. Los objetivos medibles del proyecto y sus criterios de éxito.</p> <p>2.5. Los requisitos de alto nivel.</p> <p>2.6. Los supuestos y las restricciones.</p> <p>2.7. La descripción de alto nivel del proyecto.</p> <p>2.8. Los riesgos de alto nivel.</p> <p>2.9. Master Schedule (plan maestro).</p> <p>2.10. Resumen de Presupuesto</p> <p>2.11. Roles y responsabilidades de Organización (BEP).</p> <p>2.12. Los requisitos de aprobación del proyecto.</p> <p>2.13. BIM Manager (ó Project Manager) que lleve la aplicación de Procesos, y dirija el proyecto.</p> <p>3. Factores Ambientales de la Empresa.</p> <p>4. Activos de los Procesos de la Organización.</p>		<p>procesos.</p> <p>1.10. Detalles adicionales.</p>
<p>Grupos de Procesos de Planificación</p>	<p>4.2. Estimar los Costes</p> <p>1. Plan de Gestión de los Costes.</p> <p>1.1. Unidades de medida.</p> <p>1.2. Nivel de precisión.</p> <p>1.3. Nivel de exactitud.</p> <p>1.4. Enlaces con los</p>	<p>1. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo).</p> <p>2. Estimación Análoga.</p>	<p>1. Estimación de Costes de las actividades. TCTP.</p> <p>1.1. Costes normales y acelerados.</p> <p>2. Base de las Estimaciones.</p>

	<p>procedimientos de la organización.</p> <p>1.5. TCTP. Costes normales y acelerados.</p> <p>1.6. Umbrales de control.</p> <p>1.7. Reglas para la medición del desempeño (EVM).</p> <p>1.8. Formatos de los informes.</p> <p>1.9. Descripciones de los procesos.</p> <p>1.10. Detalles adicionales.</p> <p>2. Plan de Gestión de los Recursos Humanos.</p> <p>3. Línea Base del Alcance.</p> <p>3.1. Enunciado del alcance del proyecto.</p> <p>3.2. Estructura Desagregada de Trabajo (EDT)</p> <p>3.3. Estructura Desagregada de la Organización (EDO)</p> <p>3.4. Estructura Desagregada de Recursos (EDR)</p> <p>3.5. Estructura Desagregada de Costes (EDC)</p> <p>3.6. Estructura Desagregada de Entregables (EDE)</p> <p>3.7. Diccionario de la EDT.</p> <p>3.8. Diccionario de la EDO.</p> <p>3.9. Diccionario de la EDR.</p> <p>3.10. Diccionario de la EDC.</p> <p>3.11. Diccionario de la EDE.</p> <p>4. Cronograma del Proyecto.</p> <p>4.1. Master schedule (plan maestro).</p> <p>4.2. Lookahead (planificación intermedia).</p> <p>4.3. Weekly Work Plan (plan de trabajo semanal).</p> <p>5. Registro de Riesgos.</p> <p>5.1. Análisis de Riesgos.</p> <p>5.2. Lógica Fuzzy.</p> <p>5.3. Montecarlo.</p>	<p>3. Estimación Paramétrica.</p> <p>4. Estimación Ascendente.</p> <p>5. Estimación por Tres Valores (PERT)</p> <p>6. Análisis de Reservas.</p> <p>7. Coste de Calidad (COQ).</p> <p>8. Software de Gestión de Proyectos: Senda Matrix, Project, Revit, Cype, Navisworks, Excel, Presto.</p> <p>9. Análisis de Ofertas de Proveedores.</p> <p>10. Técnicas Grupales de Toma de Decisiones. Técnica Delphi.</p>	<p>3. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.</p>
--	--	--	---

	<p>6. Factores Ambientales de la Empresa.</p> <p>7. Activos de los Procesos de la Organización.</p>		
	<p>4.3. Determinar el Presupuesto</p>		
	<p>1. Plan de Gestión de los Costes.</p> <p>1.1. Unidades de medida.</p> <p>1.2. Nivel de precisión.</p> <p>1.3. Nivel de exactitud.</p> <p>1.4. Enlaces con los procedimientos de la organización.</p> <p>1.5. TCTP. Costes normales y acelerados.</p> <p>1.6. Umbrales de control.</p> <p>1.7. Reglas para la medición del desempeño (EVM).</p> <p>1.8. Formatos de los informes.</p> <p>1.9. Descripciones de los procesos.</p> <p>1.10. Detalles adicionales.</p> <p>2. Línea Base del Alcance.</p> <p>2.1. Enunciado del alcance del proyecto.</p> <p>2.2. Estructura Desagregada de Trabajo (EDT)</p> <p>2.3. Estructura Desagregada de la Organización (EDO)</p> <p>2.4. Estructura Desagregada de Recursos (EDR)</p> <p>2.5. Estructura Desagregada de Costes (EDC)</p> <p>2.6. Estructura Desagregada de Entregables (EDE)</p> <p>2.7. Diccionario de la EDT.</p> <p>2.8. Diccionario de la EDO.</p> <p>2.9. Diccionario de la EDR.</p> <p>2.10. Diccionario de la EDC.</p> <p>2.11. Diccionario de la EDE.</p>	<p>1. Agregación de Costes.</p> <p>2. Análisis de Reservas.</p> <p>3. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo).</p> <p>4. Relaciones Históricas.</p> <p>5. Conciliación del Límite de Financiamiento.</p>	<p>1. Línea Base de Costes.</p> <p>2. Requisitos de Financiamiento del Proyecto</p> <p>3. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.</p>

	<p>3. Estimación de Costes de las actividades. TCTP. 3.1. Costes normales y acelerados. 4. Base de las Estimaciones. 5. Cronograma del Proyecto. 5.1. Master schedule (plan maestro). 5.2. Lookahead (planificación intermedia). 5.3. Weekly Work Plan (plan de trabajo semanal). 6. Calendario de Recursos Humanos. 7. Registro de Riesgos. 7.1. Análisis de Riesgos. 7.2. Lógica Fuzzy. 7.3. Montecarlo. 8. Acuerdos. 9. Activos de los Procesos de la Organización.</p>		
<p>Grupos de Procesos de Ejecución</p>			
<p>Grupos de Procesos de Monitoreo y Control</p>	<p>4.4. Controlar los Costes 1. Plan para la Dirección del Proyecto: 1.1. Plan de gestión del alcance. 1.2. Plan de gestión de los requisitos. 1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación. 1.3. Plan de gestión de los costes. 1.4. Plan de gestión de la calidad. 1.5. Plan de gestión del proceso. 1.6. Plan de gestión de los recursos humanos. 1.7. Plan de gestión de las comunicaciones. 1.8. Plan de gestión de los riesgos. 1.9. Plan de gestión de las adquisiciones. 1.10. Plan de gestión de</p>	<p>1. Gestión del Valor Ganado (EVM). 2. Pronósticos. 3. Índice de Desempeño del Trabajo por Completar (TCPI). 4. Revisiones del Desempeño. 5. Software de Gestión de Proyectos: Senda Matrix, Project, Revit, Cype, Navisworks, Excel, Presto. 6. Análisis de Reservas.</p>	<p>1. Información de Desempeño del Trabajo. 2. Pronósticos de Costes. 3. Solicitudes de Cambio. 4. Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto. 5. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto. 6. Actualizaciones a los activos de los procesos de la organización.</p>

	los interesados. 2. Requisitos de Financiamiento del Proyecto. 3. Datos de Desempeño del Trabajo. 4. Activos de los Procesos de la Organización.		
Grupos de Procesos de Cierre			
5. Gestión de la Calidad del Proyecto			
Grupos de Procesos de Inicio			
Grupos de Procesos de Planificación	5.1. Planificar la Gestión de la Calidad		
	1. Plan para la Dirección del Proyecto: 1.1. Plan de gestión del alcance. 1.2. Plan de gestión de los requisitos. 1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación. 1.3. Plan de gestión de los costes. 1.4. Plan de gestión de la calidad. 1.5. Plan de gestión del proceso. 1.6. Plan de gestión de los recursos humanos. 1.7. Plan de gestión de las comunicaciones. 1.8. Plan de gestión de los riesgos. 1.9. Plan de gestión de las adquisiciones. 1.10. Plan de gestión de los interesados. 2. Registro de Interesados. 3. Registro de Riesgos. 3.1. Análisis de Riesgos. 3.2. Lógica Fuzzy. 3.3. Montecarlo. 4. Documentación de Requisitos. 5. Factores Ambientales	1. Análisis Costo-Beneficio. 2. Costo de la Calidad (COQ). 3. Siete Herramientas Básicas de Calidad. 3.1. Diagrama causa-efecto. 3.2. Diagrama de Flujo ó Mapa de Procesos. 3.3. Hojas de verificación u Hojas de Control. 3.4. Diagramas de Pareto. 3.5. Histogramas. 3.6. Diagramas de Control. 3.7. Diagramas de dispersión o de correlación. 4. Herramientas Lean. 4.1. Las 5S. 4.2. Kanban. 4.3. Single Minute Exchange of Die (SMED). 4.4. Jidoka. 4.5. Andon. 4.6. Poka yoke. 4.7. Total productive maintenance (TPM). 4.8. Kaisen. 4.9. Overall equipment effectiveness (OEE). 4.10. Value Stream	1. Plan de Gestión de la Calidad. 2. Plan de Mejoras del Proceso. 3. Métricas de Calidad. 4. Listas de Verificación de Calidad. 5. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.

	<p>de la Empresa. 6. Activos de los Procesos de la Organización.ñ</p>	<p>Mapping (VSM). 5. Estudios comparativos. 6. Diseño de Experimentos (DOE). 7. Muestreo Estadístico. 8. Herramientas Adicionales de Planificación de Calidad. 9. Pull Session de Inicio: Reuniones donde intervienen todos los agentes que integran IPD. 10. Reuniones semanales del equipo de proyecto.</p>	
<p>Grupos de Procesos de Ejecución</p>	<p>5.2. Realizar el Aseguramiento de la Calidad</p>		
	<p>1. Plan de Gestión de la Calidad. 2. Plan de Mejoras del Proceso. 3. Métricas de Calidad. 4. Mediciones de Control de Calidad. 5. Documentos del Proyecto.</p>	<p>1. Herramientas de Gestión y Control de Calidad. 1.1. Diagrama de Afinidad. 1.2. Gráficas de programación de decisiones de proceso (PDPC). 1.3. Dígrafos de Interrelaciones. 1.4. Diagramas de Árbol. 1.5. Matrices de Priorización. 1.6. Diagrama de Red de Actividades. 1.7. Diagramas Matriciales. 2. Herramientas Lean. 2.1. Las 5S. 2.2. Kanban. 2.3. Single Minute Exchange of Die (SMED). 2.4. Jidoka. 2.5. Andon. 2.6. Poka yoke. 2.7. Total productive maintenance (TPM). 2.8. Kaisen. 2.9. Overall equipment effectiveness (OEE). 2.10. Value Stream Mapping (VSM). 3. Auditorías de Calidad.</p>	<p>1. Solicitudes de Cambio. 2. Actualizaciones al Plan para la para la Dirección del Proyecto. 3. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto. 4. Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización.</p>

		4. Análisis de Procesos.	
Grupos de Procesos de Monitoreo y Control	5.3. Controlar la Calidad		
	<p>1. Plan para la Dirección del Proyecto:</p> <p>1.1. Plan de gestión del alcance.</p> <p>1.2. Plan de gestión de los requisitos.</p> <p>1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación.</p> <p>1.3. Plan de gestión de los costes.</p> <p>1.4. Plan de gestión de la calidad.</p> <p>1.5. Plan de gestión del proceso.</p> <p>1.6. Plan de gestión de los recursos humanos.</p> <p>1.7. Plan de gestión de las comunicaciones.</p> <p>1.8. Plan de gestión de los riesgos.</p> <p>1.9. Plan de gestión de las adquisiciones.</p> <p>1.10. Plan de gestión de los interesados.</p> <p>2. Modelo de Instalación y Control de Calidad (BEP).</p> <p>2.1. Modelo de Configuración.</p> <p>2.2. Modelo de Control de Calidad.</p> <p>3. Métricas de Calidad.</p> <p>4. Listas de Verificación.</p> <p>5. Datos de Desempeño del Trabajo.</p> <p>6. Solicitudes de Cambio Aprobadas.</p> <p>7. Entregables.</p> <p>8. Documentos del Proyecto.</p> <p>9. Activos de los Procesos de la Organización.</p>	<p>1. Siete Herramientas Básicas de Calidad.</p> <p>1.1. Diagrama causa-efecto.</p> <p>1.2. Diagrama de Flujo ó Mapa de Procesos.</p> <p>1.3. Hojas de verificación u Hojas de Control.</p> <p>1.4. Diagramas de Pareto.</p> <p>1.5. Histogramas.</p> <p>1.6. Diagramas de Control.</p> <p>1.7. Diagramas de dispersión o de correlación.</p> <p>2. Herramientas Lean.</p> <p>2.1. Las 5S.</p> <p>2.2. Kanban.</p> <p>2.3. Single Minute Exchange of Die (SMED).</p> <p>2.4. Jidoka.</p> <p>2.5. Andon.</p> <p>2.6. Poka yoke.</p> <p>2.7. Total productive maintenance (TPM).</p> <p>2.8. Kaisen.</p> <p>2.9. Overall equipment effectiveness (OEE).</p> <p>2.10. Value Stream Mapping (VSM).</p> <p>3. Muestro Estadístico.</p> <p>4. Inspección.</p> <p>5. Revisiones de Solicitudes de Cambio Aprobadas.</p>	<p>1. Mediciones de Control de Calidad.</p> <p>2. Cambios Validados.</p> <p>3. Entregables Verificados.</p> <p>4. Información de Desempeño del Trabajo.</p> <p>5. Solicitudes de Cambio.</p> <p>6. Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto.</p> <p>7. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.</p> <p>8. Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización.</p>
Grupos de Procesos de Cierre			

6. Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto			
Grupos de Procesos de Inicio			
Grupos de Procesos de Planificación	6.1. Planificar la Gestión de los Recursos Humanos		
	<p>1. Plan para la Dirección del Proyecto:</p> <p>1.1. Plan de gestión del alcance.</p> <p>1.2. Plan de gestión de los requisitos.</p> <p>1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación.</p> <p>1.3. Plan de gestión de los costes.</p> <p>1.4. Plan de gestión de la calidad.</p> <p>1.5. Plan de gestión del proceso.</p> <p>1.6. Plan de gestión de los recursos humanos.</p> <p>1.7. Plan de gestión de las comunicaciones.</p> <p>1.8. Plan de gestión de los riesgos.</p> <p>1.9. Plan de gestión de las adquisiciones.</p> <p>1.10. Plan de gestión de los interesados.</p> <p>2. Recursos Requeridos para las Actividades.</p> <p>3. Factores Ambientales de la Empresa.</p> <p>4. Activos de los Procesos de la Organización.</p>	<p>1. Organigramas y Descripciones de Puestos de Trabajo (Estructura IPD).</p> <p>1.1. Diagramas Jerárquicos.</p> <p>1.2. Diagramas Matriciales.</p> <p>1.3. Formatos tipo texto.</p> <p>2. Creación de Relaciones de Trabajo.</p> <p>3. Teoría Organizacional.</p> <p>5. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo).</p> <p>6. Pull Session de Inicio: Reuniones donde intervienen todos los agentes que integran IPD.</p> <p>7. Reuniones semanales del equipo de proyecto.</p>	<p>1. Plan de Gestión de los Recursos Humanos.</p> <p>1.1. Roles de responsabilidades.</p> <p>1.2. Organigramas del proyecto.</p> <p>1.3. Plan para la gestión del personal.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adquisición de personal. - Calendarios de recursos. - Plan de liberación del personal. - Necesidades de capacitación. - Reconocimiento y recompensas. - Cumplimiento. - Seguridad.
Grupos de Procesos de Ejecución	6.2. Adquirir el Equipo del Proyecto		
	<p>1. Plan de Gestión de los Recursos Humanos.</p> <p>1.1. Roles de responsabilidades.</p> <p>1.2. Organigramas del proyecto.</p> <p>1.3. Plan para la gestión del personal.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adquisición de personal. 	<p>1. Asignación Previa.</p> <p>2. Negociación.</p> <p>2.1. Gerentes funcionales. Puede ser el BIM Manager ó la BIM Management Office (equipo).</p> <p>2.2. Estructura IPD.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Arquitectos. 	<p>1. Asignaciones del Personal.</p> <p>2. Calendarios de Recursos.</p> <p>3. Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - Calendarios de recursos. - Plan de liberación del personal. - Necesidades de capacitación. - Reconocimiento y recompensas. - Cumplimiento. - Seguridad. <p>2. Factores Ambientales de la Empresa.</p> <p>3. Activos de los Procesos de la Organización.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ingenieros. - Constructor. - Subcontratistas. - Dirección Facultativa. - Proveedores. - Project Management. - Clientes y usuarios. <p>3. Adquisición.</p> <p>4. Equipos Virtuales.</p> <p>5. Análisis de Decisiones Multicriterio.</p>	
	6.3. Desarrollar el Equipo del Proyecto		
	<p>1. Plan de Gestión de los Recursos Humanos.</p> <p>1.1. Roles de responsabilidades.</p> <p>1.2. Organigramas del proyecto.</p> <p>1.3. Plan para la gestión del personal.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adquisición de personal. - Calendarios de recursos. - Plan de liberación del personal. - Necesidades de capacitación. - Reconocimiento y recompensas. - Cumplimiento. - Seguridad. <p>2. Asignaciones del Personal.</p> <p>3. Calendarios de Recursos.</p>	<p>1. Habilidades Interpersonales.</p> <p>2. Capacitación.</p> <p>3. Actividades de Desarrollo del Espíritu de Equipo.</p> <p>4. Reglas Básicas.</p> <p>5. Coubicación o matriz estrecha.</p> <p>6. Reconocimiento y Recompensas.</p> <p>7. Herramientas para la Evaluación del Personal.</p>	<p>1. Evaluaciones de Desempeño del Equipo.</p> <p>2. Actualizaciones a los Factores Ambientales de la Empresa.</p>
	6.4. Dirigir el Equipo del Proyecto		
Grupos de Procesos de Monitoreo y Control	<p>1. Plan de Gestión de los Recursos Humanos.</p> <p>1.1. Roles de responsabilidades.</p> <p>1.2. Organigramas del proyecto.</p> <p>1.3. Plan para la gestión del personal.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adquisición de personal. - Calendarios de recursos. - Plan de liberación del 	<p>1. Observación y Conservación</p> <p>2. Evaluaciones de Desempeño del Proyecto.</p> <p>3. Gestión de Conflictos.</p> <p>4. Habilidades Interpersonales.</p>	<p>1. Solicitudes de Cambio.</p> <p>2. Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto.</p> <p>3. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.</p> <p>4. Actualizaciones a los Factores Ambientales de la Empresa.</p> <p>5. Actualizaciones a los</p>

	<p>personal.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Necesidades de capacitación. - Reconocimiento y recompensas. - Cumplimiento. - Seguridad. <p>2. Asignaciones de Personal al Proyecto.</p> <p>3. Evaluaciones de Desempeño del Equipo.</p> <p>4. Registro de Incidentes.</p> <p>5. Informes de Desempeño del Trabajo.</p> <p>6. Activos de los Procesos de la Organización.</p>		Activos de los Procesos de la Organización.
Grupos de Procesos de Cierre			
7. Gestión de los Recursos de Comunicación del Proyecto			
Grupos de Procesos de Inicio			
Grupos de Procesos de Planificación	7.1. Planificar la Gestión de las Comunicaciones		
	<p>1. Plan para la Dirección del Proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.1. Plan de gestión del alcance. 1.2. Plan de gestión de los requisitos. 1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación. 1.3. Plan de gestión de los costes. 1.4. Plan de gestión de la calidad. 1.5. Plan de gestión del proceso. 1.6. Plan de gestión de los recursos humanos. 1.7. Plan de gestión de las comunicaciones. 1.8. Plan de gestión de los riesgos. 1.9. Plan de gestión de las adquisiciones. 1.10. Plan de gestión de los interesados. <p>2. Registro de los</p>	<p>1. Análisis de Requisitos de Comunicación.</p> <p>2. Tecnología de la Comunicación</p> <p>3. Procedimientos de Comunicaciones (BEP).</p> <ul style="list-style-type: none"> 3.1. Procedimientos de Comunicación Electrónicos. 3.2. Procedimientos de Comunicación de Reunión. <p>4. Pull Session de Inicio: Reuniones donde intervienen todos los agentes que integran IPD.</p> <p>5. Reuniones semanales del equipo de proyecto.</p>	<p>1. Plan de Gestión de las Comunicaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.1. Requisitos de comunicación de los interesados. 1.2. Información que tiene que ser comunicada. 1.3. Motivo de la distribución de dicha información. 1.4. Plazo de frecuencia para la distribución de información. 1.5. Persona responsable de comunicar la información. 1.6. Persona responsable de autorizar la propagación de información confidencial. 1.7. Persona o grupos que recibirán información. 1.8. Métodos empleados para la transmisión de la

	<p>Interesados.</p> <p>3. Factores Ambientales de la Empresa.</p> <p>4. Activos de los Procesos de la Organización.</p>		<p>información.</p> <p>1.9. Recursos asignados para las actividades de comunicación.</p> <p>1.10. Proceso de escalamiento, con identificación de los plazos y la cadena de mando.</p> <p>1.11. Método para actualizar el plan de gestión de las comunicaciones.</p> <p>1.12. Glosario de la terminología común.</p> <p>1.13. Diagramas de flujo de la información que discurre dentro del proyecto.</p> <p>1.14. Restricciones de comunicación.</p> <p>2. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.</p>
<p>Grupos de Procesos de Ejecución</p>	<p>7.2. Gestionar las Comunicaciones</p>		
	<p>1. Plan de Gestión de las Comunicaciones.</p> <p>1.1. Requisitos de comunicación de los interesados.</p> <p>1.2. Información que tiene que ser comunicada.</p> <p>1.3. Motivo de la distribución de dicha información.</p> <p>1.4. Plazo de frecuencia para la distribución de información.</p> <p>1.5. Persona responsable de comunicar la información.</p> <p>1.6. Persona responsable de autorizar la propagación de información confidencial.</p> <p>1.7. Persona o grupos que recibirán información.</p> <p>1.8. Métodos empleados para la transmisión de la información.</p>	<p>1. Tecnología de la Comunicación</p> <p>2. Procedimientos de Comunicaciones (BEP).</p> <p>2.1. Procedimientos de Comunicación Electrónicos.</p> <p>2.2. Procedimientos de Comunicación de Reunión.</p> <p>3. Informar el Desempeño.</p> <p>Recopilación y la distribución de información de desempeño</p>	<p>1. Comunicación del Proyecto.</p> <p>2. Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto.</p> <p>3. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.</p> <p>4. Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización.</p>

	<p>1.9. Recursos asignados para las actividades de comunicación.</p> <p>1.10. Proceso de escalamiento, con identificación de los plazos y la cadena de mando.</p> <p>1.11. Método para actualizar el plan de gestión de las comunicaciones.</p> <p>1.12. Glosario de la terminología común.</p> <p>1.13. Diagramas de flujo de la información que discurre dentro del proyecto.</p> <p>1.14. Restricciones de comunicación.</p> <p>2. Informes de Desempeño del Trabajo.</p> <p>3. Factores Ambientales de la Empresa.</p> <p>4. Activos de los Procesos de la Organización.</p>		
<p>Grupos de Procesos de Monitoreo y Control</p>	<p>7.3. Controlar las Comunicaciones</p>		
	<p>1. Plan para la Dirección del Proyecto:</p> <p>1.1. Plan de gestión del alcance.</p> <p>1.2. Plan de gestión de los requisitos.</p> <p>1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación.</p> <p>1.3. Plan de gestión de los costes.</p> <p>1.4. Plan de gestión de la calidad.</p> <p>1.5. Plan de gestión del proceso.</p> <p>1.6. Plan de gestión de los recursos humanos.</p> <p>1.7. Plan de gestión de las comunicaciones.</p> <p>1.8. Plan de gestión de los riesgos.</p> <p>1.9. Plan de gestión de las adquisiciones.</p> <p>1.10. Plan de gestión de</p>	<p>1. Sistema de Gestión de la Información.</p> <p>2. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo).</p> <p>3. Pull Session de Inicio: Reuniones donde intervienen todos los agentes que integran IPD.</p> <p>4. Reuniones semanales del equipo de proyecto.</p>	<p>1. Información de Desempeño del Trabajo.</p> <p>2. Solicitudes de Cambio.</p> <p>3. Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto.</p> <p>4. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.</p> <p>5. Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización.</p>

	los interesados. 2. Comunicaciones del Proyecto. 3. Registro de Incidentes. 4. Datos de Desempeño del Trabajo. 5. Activos de los Procesos de la Organización.		
Grupos de Procesos de Cierre			
8. Gestión de los Riesgos del Proyecto			
Grupos de Procesos de Inicio	8.1. Planificar la Gestión de los Riesgos 1. Plan para la Dirección del Proyecto: 1.1. Plan de gestión del alcance. 1.2. Plan de gestión de los requisitos. 1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación. 1.3. Plan de gestión de los costes. 1.4. Plan de gestión de la calidad. 1.5. Plan de gestión del proceso. 1.6. Plan de gestión de los recursos humanos. 1.7. Plan de gestión de las comunicaciones. 1.8. Plan de gestión de los riesgos. 1.9. Plan de gestión de las adquisiciones. 1.10. Plan de gestión de los interesados. 2. Acta de Constitución del Proyecto: 2.1. Objetivos del proyecto/BIM Objetivos (BEP) 2.2. BIM Diseño de Procesos (BEP) 2.3. Definiciones BIM. Ámbito de aplicación. 2.4. Los objetivos medibles del proyecto y	1. Técnicas Analíticas. 2. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo). 3. Pull Session de Inicio: Reuniones donde intervienen todos los agentes que integran IPD. 4. Reuniones semanales del equipo de proyecto.	1. Plan de Gestión de los Riesgos: 1.1. Metodología. 1.2. Roles. 1.3. Presupuesto. 1.4. Calendario. 1.5. Categorías de riesgo. 1.6. Definiciones de la probabilidad e impacto de riesgos. 1.7. Lógica Fuzzy. Tiempo. 1.8. Lógica Fuzzy. Costes. 1.9. Montecarlo. Tiempo. 1.10. Montecarlo. Costes. 1.11. Matriz de probabilidad e impacto. 1.12. Revisión de las tolerancias de los interesados. 1.14. Formatos de los informes. 1.15. Seguimiento.

	<p>sus criterios de éxito.</p> <p>2.5. Los requisitos de alto nivel.</p> <p>2.6. Los supuestos y las restricciones.</p> <p>2.7. La descripción de alto nivel del proyecto.</p> <p>2.8. Los riesgos de alto nivel.</p> <p>2.9. Master Schedule (plan maestro).</p> <p>2.10. Resumen de Presupuesto</p> <p>2.11. Roles y responsabilidades de Organización (BEP).</p> <p>2.12. Los requisitos de aprobación del proyecto.</p> <p>2.13. BIM Manager (ó Project Manager) que lleve la aplicación de Procesos, y dirija el proyecto.</p> <p>3. Registro de los Interesados.</p> <p>4. Factores Ambientales de la Empresa.</p> <p>5. Activos de los Procesos de la Organización.</p>		
	<p>8.2. Identificar los Riesgos</p> <p>1. Plan de Gestión de los Riesgos:</p> <p>1.1. Metodología.</p> <p>1.2. Roles.</p> <p>1.3. Presupuesto.</p> <p>1.4. Calendario.</p> <p>1.5. Categorías de riesgo.</p> <p>1.6. Definiciones de la probabilidad e impacto de riegos.</p> <p>1.7. Lógica Fuzzy. Tiempo.</p> <p>1.8. Lógica Fuzzy. Costes.</p> <p>1.9. Montecarlo. Tiempo.</p> <p>1.10. Montecarlo. Costes.</p> <p>1.11. Matriz de probabilidad e impacto.</p> <p>1.12. Revisión de las tolerancias de los interesados.</p> <p>1.14. Formatos de los</p>	<p>1. Revisiones a la Documentación.</p> <p>2. Técnicas de Recopilación de Información.</p> <p>2.1. Tormenta de ideas.</p> <p>2.2. Técnica Delphi.</p> <p>2.3. Entrevistas.</p> <p>2.4. Análisis de causa raíz.</p> <p>3. Análisis con Lista de Verificación.</p> <p>4. Análisis de Supuestos.</p> <p>5. Técnicas de Diagramación.</p> <p>5.1. Diagramas causa-efecto.</p> <p>5.2. Diagrama de flujo de procesos.</p> <p>5.3. Diagramas de influencias.</p>	<p>1. Registro de Riesgos.</p> <p>1.1. Análisis de Riesgos.</p> <p>1.2. Lógica Fuzzy.</p> <p>1.3. Montecarlo.</p>

	<p>informes. 1.15. Seguimiento.</p> <p>2. Plan de Gestión de los Costes. 2.1. Unidades de medida. 2.2. Nivel de precisión. 2.3. Nivel de exactitud. 2.4. Enlaces con los procedimientos de la organización. 2.5. TCTP. Costes normales y acelerados. 2.6. Umbrales de control. 2.7. Reglas para la medición del desempeño (EVM). 2.8. Formatos de los informes. 2.9. Descripciones de los procesos. 2.10. Detalles adicionales.</p> <p>3 Plan de Gestión del Cronograma. 3.1. Master schedule (plan maestro). 3.2. Lookahead (planificación intermedia). 3.3. Weekly Work Plan (plan de trabajo semanal). 3.4. Método del Valor Ganado (EVM).</p> <p>4. Plan de Gestión de la Calidad.</p> <p>5. Plan de Gestión de los Recursos Humanos. 5.1. Roles de responsabilidades. 5.2. Organigramas del proyecto. 5.3. Plan para la gestión del personal. - Adquisición de personal. - Calendarios de recursos. - Plan de liberación del personal. - Necesidades de capacitación. - Reconocimiento y recompensas. - Cumplimiento. - Seguridad.</p> <p>6. Línea Base del Alcance.</p>	<p>6. Análisis FODA. 7. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo).</p>
--	--	--

	<p>6.1. Enunciado del alcance del proyecto.</p> <p>6.2. Estructura Desagregada de Trabajo (EDT)</p> <p>6.3. Estructura Desagregada de la Organización (EDO)</p> <p>6.4. Estructura Desagregada de Recursos (EDR)</p> <p>6.5. Estructura Desagregada de Costes (EDC)</p> <p>6.6. Estructura Desagregada de Entregables (EDE)</p> <p>6.7. Diccionario de la EDT.</p> <p>6.8. Diccionario de la EDO.</p> <p>6.9. Diccionario de la EDR.</p> <p>6.10. Diccionario de la EDC.</p> <p>6.11. Diccionario de la EDE.</p> <p>7. Estimación de Costes de las actividades. TCTP.</p> <p>7.1. Costes normales y acelerados.</p> <p>8. Estimaciones de las Actividades.</p> <p>9. Registro de los Interesados.</p> <p>10. Documentos del Proyecto.</p> <p>11. Documentos de la Adquisición.</p> <p>12. Factores Ambientales de la Empresa.</p> <p>13. Activos de los Procesos de la Organización.</p>		
<p>Grupos de Procesos de Planificación</p>	<p>8.3. Realizar un Análisis Cualitativo de Riesgos</p> <p>1. Plan de Gestión de los Riesgos:</p> <p>1.1. Metodología.</p> <p>1.2. Roles.</p> <p>1.3. Presupuesto.</p> <p>1.4. Calendario.</p> <p>1.5. Categorías de riesgo.</p> <p>1.6. Definiciones de la</p>	<p>1. Evaluación de Probabilidad e Impacto de los Riesgos.</p> <p>2. Matriz de Probabilidad e Impacto.</p> <p>3. Evaluación de la Calidad de los Datos sobre Riesgos.</p>	<p>1. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.</p>

	<p>probabilidad e impacto de riesgos.</p> <p>1.7. Lógica Fuzzy. Tiempo.</p> <p>1.8. Lógica Fuzzy. Costes.</p> <p>1.9. Montecarlo. Tiempo.</p> <p>1.10. Montecarlo. Costes.</p> <p>1.11. Matriz de probabilidad e impacto.</p> <p>1.12. Revisión de las tolerancias de los interesados.</p> <p>1.14. Formatos de los informes.</p> <p>1.15. Seguimiento.</p> <p>2. Línea Base del Alcance.</p> <p>2.1. Enunciado del alcance del proyecto.</p> <p>2.2. Estructura Desagregada de Trabajo (EDT)</p> <p>2.3. Estructura Desagregada de la Organización (EDO)</p> <p>2.4. Estructura Desagregada de Recursos (EDR)</p> <p>2.5. Estructura Desagregada de Costes (EDC)</p> <p>2.6. Estructura Desagregada de Entregables (EDE)</p> <p>2.7. Diccionario de la EDT.</p> <p>6.8. Diccionario de la EDO.</p> <p>2.9. Diccionario de la EDR.</p> <p>2.10. Diccionario de la EDC.</p> <p>2.11. Diccionario de la EDE.</p> <p>3. Registro de Riesgos.</p> <p>3.1. Análisis de Riesgos.</p> <p>3.2. Lógica Fuzzy.</p> <p>3.3. Montecarlo.</p> <p>4. Factores Ambientales de la Empresa.</p> <p>5. Activos de los Procesos de la Organización.</p>	<p>4. Categorización de Riesgos.</p> <p>5. Evaluación de la Urgencia de los Riesgos.</p> <p>6. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo).</p>
--	--	--

	8.4. Realizar un Análisis Cuantitativo de Riesgos		
	<p>1. Plan de Gestión de los Riesgos:</p> <p>1.1. Metodología. 1.2. Roles. 1.3. Presupuesto. 1.4. Calendario. 1.5. Categorías de riesgo. 1.6. Definiciones de la probabilidad e impacto de riesgos. 1.7. Lógica Fuzzy. Tiempo. 1.8. Lógica Fuzzy. Costes. 1.9. Montecarlo. Tiempo. 1.10. Montecarlo. Costes. 1.11. Matriz de probabilidad e impacto. 1.12. Revisión de las tolerancias de los interesados. 1.14. Formatos de los informes. 1.15. Seguimiento.</p> <p>2. Plan de Gestión de los Costes.</p> <p>2.1. Unidades de medida. 2.2. Nivel de precisión. 2.3. Nivel de exactitud. 2.4. Enlaces con los procedimientos de la organización. 2.5. TCTP. Costes normales y acelerados. 2.6. Umbrales de control. 2.7. Reglas para la medición del desempeño (EVM). 2.8. Formatos de los informes. 2.9. Descripciones de los procesos. 2.10. Detalles adicionales.</p> <p>3 Plan de Gestión del Cronograma.</p> <p>3.1. Master schedule (plan maestro). 3.2. Lookahead (planificación intermedia). 3.3. Weekly Work Plan (plan de trabajo semanal). 3.4. Método del Valor Ganado (EVM).</p> <p>4. Registro de Riesgos.</p>	<p>1. Técnicas de Recopilación y Representación de Datos.</p> <p>1.1. Entrevistas. 1.2. Distribuciones de probabilidad.</p> <p>2. Técnicas de Análisis Cuantitativo de Riesgos y de Modelado.</p> <p>2.1. Análisis de sensibilidad. 2.2. Análisis monetario esperado (EMV). 2.3. Modelado y Simulación.</p> <p>3. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo).</p>	<p>1. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.</p>

	<p>4.1. Análisis de Riesgos. 4.2. Lógica Fuzzy. 4.3. Montecarlo. 5. Factores Ambientales de la Empresa. 6. Activos de los Procesos de la Organización.</p>		
	<p>8.5. Planificar la Respuesta a los Riesgos</p>		
	<p>1. Plan de Gestión de los Riesgos: 1.1. Metodología. 1.2. Roles. 1.3. Presupuesto. 1.4. Calendario. 1.5. Categorías de riesgo. 1.6. Definiciones de la probabilidad e impacto de riesgos. 1.7. Lógica Fuzzy. Tiempo. 1.8. Lógica Fuzzy. Costes. 1.9. Montecarlo. Tiempo. 1.10. Montecarlo. Costes. 1.11. Matriz de probabilidad e impacto. 1.12. Revisión de las tolerancias de los interesados. 1.14. Formatos de los informes. 1.15. Seguimiento. 2. Registro de Riesgos. 2.1. Análisis de Riesgos. 2.2. Lógica Fuzzy. 2.3. Montecarlo.</p>	<p>1. Estrategias para Riesgos Negativos o Amenazas. 2. Estrategias para Riesgos Positivos u Oportunidades. 3. Estrategias de Respuesta a Contingencias. 4. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo).</p>	<p>1. Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto. 2. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.</p>
Grupos de Procesos de Ejecución			
Grupos de Procesos de Monitoreo y Control	<p>8.6. Controlar los Riesgos</p>		
	<p>1. Plan para la Dirección del Proyecto: 1.1. Plan de gestión del alcance. 1.2. Plan de gestión de los requisitos. 1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación. 1.3. Plan de gestión de los costes. 1.4. Plan de gestión de la</p>		<p>1. Información de Desempeño del Trabajo. 2. Solicitudes de Cambio. 3. Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto. 4. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto. 5. Actualizaciones a los Activos de los Procesos</p>

	<p>calidad.</p> <p>1.5. Plan de gestión del proceso.</p> <p>1.6. Plan de gestión de los recursos humanos.</p> <p>1.7. Plan de gestión de las comunicaciones.</p> <p>1.8. Plan de gestión de los riesgos.</p> <p>1.9. Plan de gestión de las adquisiciones.</p> <p>1.10. Plan de gestión de los interesados.</p> <p>2. Registro de Riesgos.</p> <p>2.1. Análisis de Riesgos.</p> <p>2.2. Lógica Fuzzy.</p> <p>2.3. Montecarlo.</p> <p>3. Datos de Desempeño del Trabajo.</p> <p>4. Informes de Desempeño del Trabajo.</p> <p>5. Análisis de Reservas.</p> <p>6. Pull Session de Control: Reuniones donde intervienen todos los agentes que integran IPD.</p> <p>7. Reuniones semanales del equipo de proyecto.</p>		de la Organización.
Grupos de Procesos de Cierre			
9. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto			
Grupos de Procesos de Inicio			
Grupos de Procesos de Planificación	9.1. Planificar la Gestión de las Adquisiciones		
	<p>1. Plan para la Dirección del Proyecto:</p> <p>1.1. Plan de gestión del alcance.</p> <p>1.2. Plan de gestión de los requisitos.</p> <p>1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación.</p> <p>1.3. Plan de gestión de los costes.</p> <p>1.4. Plan de gestión de la</p>	<p>1. Análisis de Hacer o Comprar.</p> <p>2. Estrategia de Ejecución/Contrato (BEP).</p> <p>2.1. Definición de la Estructura de Entrega</p> <p>2.2. BIM Requisitos Contractuales.</p> <p>3. Juicio de Expertos: Donde participarán el</p>	<p>1. Plan de Gestión de las Adquisiciones.</p> <p>1.1. Tipos de contratos.</p> <p>1.2. Asuntos vinculados con la gestión de riesgos.</p> <p>1.3. Estimaciones independientes.</p> <p>1.4. Acciones que el equipo de dirección de proyecto.</p> <p>1.5. Documentos de las</p>

	<p>calidad.</p> <p>1.5. Plan de gestión del proceso.</p> <p>1.6. Plan de gestión de los recursos humanos.</p> <p>1.7. Plan de gestión de las comunicaciones.</p> <p>1.8. Plan de gestión de los riesgos.</p> <p>1.9. Plan de gestión de las adquisiciones.</p> <p>1.10. Plan de gestión de los interesados.</p> <p>2. Documentación de Requisitos.</p> <p>3. Registro de Riesgos.</p> <p>3.1. Análisis de Riesgos.</p> <p>3.2. Lógica Fuzzy.</p> <p>3.3. Montecarlo.</p> <p>4. Recursos Requeridos para las Actividades.</p> <p>5. Cronograma del Proyecto.</p> <p>5.1. Master schedule (plan maestro).</p> <p>5.2. Lookahead (planificación intermedia).</p> <p>5.3. Weekly Work Plan (plan de trabajo semanal).</p> <p>6. Estimación de Costes de las actividades. TCTP.</p> <p>6.1. Costes normales y acelerados.</p> <p>7. Registro de los Interesados.</p> <p>8. Factores Ambientales de la Empresa.</p> <p>9. Activos de los Procesos de la Organización.</p>	<p>BIM Manager y la BIM Management Office (equipo).</p> <p>4. Investigación de Mercado.</p> <p>5. Pull Session de Inicio: Reuniones donde intervienen todos los agentes que integran IPD.</p> <p>6. Reuniones semanales del equipo de proyecto.</p>	<p>adquisiciones estandarizados.</p> <p>1.6. Gestión de gran cantidad de proveedores.</p> <p>1.7. Coordinación de las adquisiciones con otros puntos del proyecto.</p> <p>1.8. Restricciones y los supuestos.</p> <p>1.9. Manejo de los amplios plazos necesarios para comprar determinados elementos.</p> <p>1.10. Manejo de las decisiones de hacer o comprar.</p> <p>1.11. Determinación de las fechas programadas en cada contrato.</p> <p>1.12. Identificación de requerimientos para conseguir garantías de cumplimiento o contratos de seguros.</p> <p>1.13. Establecimiento de instrucciones que se suministrará a los vendedores para elaborar y mantener una estructura de desglose de trabajo (EDT/WBS).</p> <p>1.14. Determinación de la forma y el formato.</p> <p>1.15. Identificación de vendedores precalificados, si los hay.</p> <p>1.16. Métricas de adquisiciones que se usarán para la gestión del contrato.</p> <p>2. Enunciado del Trabajo Relativo a Adquisiciones.</p> <p>3. Documentos de las Adquisiciones.</p> <p>4. Infraestructura de las necesidades tecnológicas (BEP).</p> <p>5. Criterios de Selección de Proveedores.</p> <p>6. Decisiones de Hacer o Comprar.</p> <p>7. Solicitudes de Cambio.</p> <p>8. Actualizaciones a los</p>
--	---	---	---

			<p>Documentos del Proyecto.</p>
<p>Grupos de Procesos de Ejecución</p>	<p>9.2. Efectuar las Adquisiciones</p>		
	<p>1. Plan de Gestión de las Adquisiciones. 1.1. Tipos de contratos. 1.2. Asuntos vinculados con la gestión de riesgos. 1.3. Estimaciones independientes. 1.4. Acciones que el equipo de dirección de proyecto. 1.5. Documentos de las adquisiciones estandarizados. 1.6. Gestión de gran cantidad de proveedores. 1.7. Coordinación de las adquisiciones con otros puntos del proyecto. 1.8. Restricciones y los supuestos. 1.9. Manejo de los amplios plazos necesarios para comprar determinados elementos. 1.10. Manejo de las decisiones de hacer o comprar. 1.11. Determinación de las fechas programadas en cada contrato. 1.12. Identificación de requerimientos para conseguir garantías de cumplimiento o contratos de seguros. 1.13. Establecimiento de instrucciones que se suministrará a los vendedores para elaborar y mantener una estructura de desglose de trabajo (EDT/WBS). 1.14. Determinación de la forma y el formato. 1.15. Identificación de vendedores</p>	<p>1. Conferencias de Oferentes. 2. Técnicas de Evaluación de Propuestas. 3. Estimaciones Independientes. 4. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo). 5. Publicidad. 6. Técnicas Analíticas. 7. Negociación de Adquisiciones.</p>	<p>1. Vendedores Seleccionados. 2. Acuerdos. 3. Calendarios de Recursos. 4. Solicitudes de Cambio. 5. Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto. 6. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.</p>

	<p>precalificados, si los hay.</p> <p>1.16. Métricas de adquisiciones que se usarán para la gestión del contrato.</p> <p>2. Documentos de las Adquisiciones.</p> <p>3. Criterios de Selección de Proveedores.</p> <p>4. Propuestas de Vendedores.</p> <p>5. Documentos del Proyecto.</p> <p>6. Decisiones de Hacer o Comprar.</p> <p>7. Enunciados del Trabajo Relativo a Adquisiciones.</p> <p>8. Activos de los Procesos de la Organización.</p>		
<p>Grupos de Procesos de Monitoreo y Control</p>	<p>9.3 Controlar las Adquisiciones</p>		
	<p>1. Plan para la Dirección del Proyecto:</p> <p>1.1. Plan de gestión del alcance.</p> <p>1.2. Plan de gestión de los requisitos.</p> <p>1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación.</p> <p>1.3. Plan de gestión de los costes.</p> <p>1.4. Plan de gestión de la calidad.</p> <p>1.5. Plan de gestión del proceso.</p> <p>1.6. Plan de gestión de los recursos humanos.</p> <p>1.7. Plan de gestión de las comunicaciones.</p> <p>1.8. Plan de gestión de los riesgos.</p> <p>1.9. Plan de gestión de las adquisiciones.</p> <p>1.10. Plan de gestión de los interesados.</p> <p>2. Documentación de las Adquisiciones.</p> <p>3. Acuerdos.</p> <p>4. Solicitudes de Cambio Aprobadas.</p>	<p>1. Sistema de Control de Cambios del Contrato.</p> <p>2. Estrategia de Ejecución/Contrato (BEP).</p> <p>2.1. Definición de la Estructura de Entrega</p> <p>2.2. BIM Requisitos Contractuales.</p> <p>3. Revisiones del Desempeño de las Adquisiciones.</p> <p>4. Inspecciones y Auditorías.</p> <p>5. Informes de Desempeño.</p> <p>6. Sistemas de Pago.</p> <p>7. Administración de Reclamaciones.</p> <p>8. Sistema de Gestión de Registros.</p>	<p>1. Información del Desempeño del Trabajo.</p> <p>2. Solicitudes de Cambio.</p> <p>3. Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto.</p> <p>4. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.</p> <p>5. Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización.</p>

	<p>5. Informes de Desempeño del Trabajo. 6. Datos de Desempeño del Trabajo.</p>		
<p>Grupos de Procesos de Cierre</p>	<p>9.4. Cerrar las Adquisiciones</p>		
	<p>1. Plan para la Dirección del Proyecto: 1.1. Plan de gestión del alcance. 1.2. Plan de gestión de los requisitos. 1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación. 1.3. Plan de gestión de los costes. 1.4. Plan de gestión de la calidad. 1.5. Plan de gestión del proceso. 1.6. Plan de gestión de los recursos humanos. 1.7. Plan de gestión de las comunicaciones. 1.8. Plan de gestión de los riesgos. 1.9. Plan de gestión de las adquisiciones. 1.10. Plan de gestión de los interesados. 2. Documentos de las Adquisiciones.</p>	<p>1. Auditorías de la Adquisición. 2. Negociación de Adquisiciones. 3. Sistemas de Gestión de Registros.</p>	<p>1. Adquisiciones Cerradas. 2. Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización.</p>
<p>10. Gestión de los Interesados del Proyecto</p>			
<p>Grupos de Procesos de Inicio</p>	<p>10.1 Identificar los Interesados</p>		
	<p>1. Acta de Constitución del Proyecto: 1.1. Objetivos del proyecto/BIM Objetivos (BEP) 1.2. BIM Diseño de Procesos (BEP) 1.3. Definiciones BIM. Ámbito de aplicación. 1.4. Los objetivos medibles del proyecto y</p>	<p>1. Análisis de Interesados. 2. Funciones y Responsabilidades de la Organización (BEP). 2.1. Definición de las Funciones de cada Organización, junto con las Responsabilidades. 3. Juicio de Expertos: Donde participarán el</p>	<p>1. Registro de Interesados.</p>

	<p>sus criterios de éxito.</p> <p>1.5. Los requisitos de alto nivel.</p> <p>1.6. Los supuestos y las restricciones.</p> <p>1.7. La descripción de alto nivel del proyecto.</p> <p>1.8. Los riesgos de alto nivel.</p> <p>1.9. Master Schedule (plan maestro).</p> <p>1.10. Resumen de Presupuesto</p> <p>1.11. Roles y responsabilidades de Organización (BEP).</p> <p>1.12. Los requisitos de aprobación del proyecto.</p> <p>1.13. BIM Manager (ó Project Manager) que lleve la aplicación de Procesos, y dirija el proyecto.</p> <p>2. Documentos de las Adquisiciones.</p> <p>3. Factores Ambientales de la Empresa.</p> <p>4. Activos de los Procesos de la Organización.</p>	<p>BIM Manager y la BIM Management Office (equipo).</p> <p>4. Pull Session de Inicio: Reuniones donde intervienen todos los agentes que integran IPD.</p> <p>5. Reuniones semanales del equipo de proyecto.</p>	
<p>Grupos de Procesos de Planificación</p>	<p>10.2. Planificar la Gestión de los Interesados</p>		
	<p>1. Plan para la Dirección del Proyecto:</p> <p>1.1. Plan de gestión del alcance.</p> <p>1.2. Plan de gestión de los requisitos.</p> <p>1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación.</p> <p>1.3. Plan de gestión de los costes.</p> <p>1.4. Plan de gestión de la calidad.</p> <p>1.5. Plan de gestión del proceso.</p> <p>1.6. Plan de gestión de los recursos humanos.</p> <p>1.7. Plan de gestión de las comunicaciones.</p> <p>1.8. Plan de gestión de los riesgos.</p>	<p>1. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo).</p> <p>2. Pull Session de Planificación: Reuniones donde intervienen todos los agentes que integran IPD.</p> <p>3. Reuniones semanales del equipo de proyecto.</p> <p>4. Técnicas Analíticas.</p>	<p>1. Plan de Gestión de los Interesados.</p> <p>1.1. Niveles de participación deseado y actual de los interesados clave.</p> <p>1.2. Alcance e impacto del cambio para los interesados.</p> <p>1.3. Interrelaciones entre interesados que se hayan identificado.</p> <p>1.4. Requisitos de comunicación de los interesados.</p> <p>1.5. Información a distribuir entre los interesados.</p> <p>1.6. Motivo para la distribución de dicha</p>

	<p>1.9. Plan de gestión de las adquisiciones. 1.10. Plan de gestión de los interesados. 2. Registro de Interesados. 3. Factores Ambientales de la Empresa. 4. Activos de los Procesos de la Organización.</p>		<p>información. 1.8. Plazo y la frecuencia para la distribución de la información necesaria a los interesados. 1.9. Método para actualizar el plan de gestión de los interesados. 2. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.</p>
<p>Grupos de Procesos de Ejecución</p>	<p>10.3. Gestionar la Participación de los Interesados</p>		
	<p>1. Plan de Gestión de los Interesados. 1.1. Niveles de participación deseado y actual de los interesados clave. 1.2. Alcance e impacto del cambio para los interesados. 1.3. Interrelaciones entre interesados que se hayan identificado. 1.4. Requisitos de comunicación de los interesados. 1.5. Información a distribuir entre los interesados. 1.6. Motivo para la distribución de dicha información. 1.8. Plazo y la frecuencia para la distribución de la información necesaria a los interesados. 1.9. Método para actualizar el plan de gestión de los interesados 2. Plan de Gestión de las Comunicaciones. 2.1. Requisitos de comunicación de los interesados. 2.2. Información que tiene que ser comunicada. 2.3. Motivo de la distribución de dicha información.</p>	<p>1. Métodos de Comunicación. 2. Habilidades Interpersonales. 3. Habilidades de Gestión.</p>	<p>1. Registro de Incidentes. 2. Solicitudes de Cambio. 3. Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto. 4. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto 5. Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización.</p>

	<p>2.4. Plazo de frecuencia para la distribución de información.</p> <p>2.5. Persona responsable de comunicar la información.</p> <p>2.6. Persona responsable de autorizar la propagación de información confidencial.</p> <p>2.7. Persona o grupos que recibirán información.</p> <p>2.8. Métodos empleados para la transmisión de la información.</p> <p>2.9. Recursos asignados para las actividades de comunicación.</p> <p>2.10. Proceso de escalamiento, con identificación de los plazos y la cadena de mando.</p> <p>2.11. Método para actualizar el plan de gestión de las comunicaciones.</p> <p>2.12. Glosario de la terminología común.</p> <p>2.13. Diagramas de flujo de la información que discurre dentro del proyecto.</p> <p>2.14. Restricciones de comunicación.</p> <p>3. Registro de Cambios.</p> <p>4. Activos de los Procesos de la Organización.</p>		
<p>Grupos de Procesos de Monitoreo y Control</p>	<p>10.4. Controlar la Participación de los Interesados</p>		
	<p>1. Plan para la Dirección del Proyecto:</p> <p>1.1. Plan de gestión del alcance.</p> <p>1.2. Plan de gestión de los requisitos.</p> <p>1.3. Plan de gestión del cronograma/planificación.</p> <p>1.3. Plan de gestión de los costes.</p> <p>1.4. Plan de gestión de la</p>	<p>1. Sistemas de Gestión de la Información.</p> <p>2. Juicio de Expertos: Donde participarán el BIM Manager y la BIM Management Office (equipo).</p> <p>3. Pull Session de Inicio: Reuniones donde intervienen todos los agentes que integran</p>	<p>1. Información de Desempeño del Trabajo.</p> <p>2. Solicitudes de Cambio.</p> <p>3. Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto.</p> <p>4. Actualizaciones a los Documentos del Proyecto</p> <p>5. Actualizaciones a los Procesos de la</p>

	<p>calidad.</p> <p>1.5. Plan de gestión del proceso.</p> <p>1.6. Plan de gestión de los recursos humanos.</p> <p>1.7. Plan de gestión de las comunicaciones.</p> <p>1.8. Plan de gestión de los riesgos.</p> <p>1.9. Plan de gestión de las adquisiciones.</p> <p>1.10. Plan de gestión de los interesados.</p> <p>2. Registro de incidentes.</p> <p>3. Datos de Desempeño del Trabajo.</p> <p>4. Documentos del Proyecto.</p>	<p>IPD.</p> <p>4. Reuniones semanales del equipo de proyecto.</p>	<p>Organización</p>
<p>Grupos de Procesos de Cierre</p>			

Tabla 15: Aplicación de Lean Construction dentro de la Guía PMBOK incorporado en BIM. Elaboración propia.

3. MARCO EXPERIMENTAL

3.1. APLICACIÓN CASO PRÁCTICO BIM (BUILDING INFORMATION MODELING), PMBOK (PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE) MÁS LEAN CONSTRUCTION

3.3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

Se va a proceder a la aplicación de las tres metodologías (*Lean Construction*” con “*PMBOK*” incorporado en “*Building Information Modeling*”) a una vivienda unifamiliar situada en Ceste.

La parcela donde se sitúa la futura vivienda se encuentra en la calle Quevedo, nº 68, en Ceste, Valencia. Tiene forma de rectángulo irregular y cuenta con fachada en uno de sus lados. Se plantea la edificación de la vivienda unifamiliar en la zona norte de la parcela.

El edificio consta de dos plantas, planta baja y planta primera. En planta baja se resuelven las estancias de Salón-Comedor, Dormitorio 1, Baño 1, Cocina y Garaje, así como la escalera de acceso a la primera planta, en la que se resuelven las estancias de Dormitorio 2, Dormitorio 3 y Baño 2, así como una terraza con vistas al resto de la parcela.

La vivienda es exenta, estando la parcela delimitada mediante vallado con un entorno a base de campos de cultivo, excepto la fachada norte de la parcela, que delimita con una parcela de edificación exenta.

Se presentan unas tablas con las superficies útiles por estancia y por altura, medidas en m²:

PLANTA BAJA	
Porche 1	5,744
Porche 2	15,234
Dormitorio 1	8,591
Acceso	7,648
Escalera	3,656
Salón-comedor	20,399
Distribuidor 1	3,141
Baño 1	4,773
Garaje	19,426
Cocina	17,891
TOTAL	106,503

Tabla 16: Superficies Planta Baja Vivienda Unifamiliar.

PLANTA PRIMERA	
Terraza	20,628
Dormitorio 2	8,592
Dormitorio 3	8,837
Distribuidor 2	3,625
Baño 2	4,826
Escalera	3,656
Armario empotrado 1	1,869
Armario empotrado 2	1,869
TOTAL	53,194

Tabla 17: Superficies Planta Primera Vivienda Unifamiliar.

PLANTA CUBIERTA	
Cubierta planta baja	62,593
Cubierta planta primera	57,478
Terraza	20,628
TOTAL	140,699

Tabla 18: Superficies Planta Cubierta Vivienda Unifamiliar.

En relación a la cimentación, se realizará mediante zapatas corridas. El hormigón a utilizar será HA-25/B/20/IIa. Las armaduras para el hormigón estructural serán B 500 S.

Se realizará una estructura de muros resistentes de ladrillos cerámicos, y pilares de ladrillo tipo gero de 30x30 y de resistencia 200 Kg/cm². Sobre estos muros se apoyarán forjados unidireccionales de viguetas in situ de canto 30 cm. Las zancas de escalera se realizarán de hormigón. El hormigón a utilizar será HA-25/B/20/IIa y el acero para armaduras será del tipo A B 500 S.

El cerramiento de cubierta se resuelve como cubierta a cuatro aguas con acabado de teja curva; y cubierta plana invertida transitable en la terraza. La impermeabilización de la cubierta no transitable se solucionará con la propia pendiente de ésta, siendo como mínimo del 32%. La impermeabilización de la cubierta transitable se solucionará con doble membrana, protegida con geotextil, aislamiento térmico mediante Poliestireno extruido, de espesor y densidad a definir en el cálculo del aislamiento, protegido con geotextil, sobre el que se extenderá una capa de protección de mortero destinada a servir de base a un solado de baldosa para exteriores.

Los cerramientos de fachada se resolverán con ladrillo cerámico perforado del 11 recibidos con mortero de cemento M-5, con enfoscado de mortero hidrófugo de 1,5 cm de espesor por su cara interior, con cámara de aire sin ventilar, con aislante térmico a base de poliestireno extruido de 40mm de espesor y hoja interior con ladrillo cerámico hueco doble del 7. La cara exterior irá según lo indicado en planos de fachada, revocada con mortero de cemento blanco, con un zócalo a base de aplacado de piedra natural.

La distribución interior se resolverá mediante ladrillo hueco del 7, en las zonas privativas y de ladrillo hueco del 9 en los tabiques de separación de las zonas húmedas (baños y cocinas). La partición de separación entre el garaje y la vivienda se realizará con ladrillo hueco del 7, con aislamiento a base de lana mineral de 40mm de espesor y ladrillo hueco del 7 con los revestimientos definidos seguidamente.

El pavimento en cocinas y baños será de baldosa cerámica de gres esmaltado blanco de primera calidad, y en el resto de estancias pavimento de baldosa cerámica de gres esmaltado marmoleado. El pavimento de la terraza, de los porches y del garaje será también de baldosa cerámica de gres esmaltado marmoleado, de primera calidad con acabado rústico en mate. En todos los casos el color y las dimensiones serán a definir por el DF.

El revestimiento de la pared de los baños será alicatado hasta falso techo con azulejo cerámico marmoleado de primera calidad a determinar por la DF y remate a definir por la DF; en tanto en cocina se utilizará azulejo de primera calidad de dimensiones y color a determinar por la DF. En el resto de estancias y zonas privativas el revestimiento será a base de guarnecido sin maestrear y enlucido, realizado con pasta de yeso, con acabado de pintura plástica lisa, color suave.

El falso techo será con placas de escayola lisa en techos de cuartos húmedos, cocina, baños y pasillos acabados en pintura plástica lisa blanca.

La carpintería de fachada se ejecutará con perfiles de aluminio anodizado de hojas abatibles o correderas con perfilera según cálculos de proyecto, con capialzado sistema monobloque, montada sobre premarco de aluminio, sellado de carpintería con silicona neutra en todo el perímetro exterior. Doble acristalamiento según cálculos, montado con goma en interiores y silicona en exterior. Persianas de aluminio con acristalamiento termo-acústico y accionamiento por cinta en dormitorios.

La carpintería interior será de calidad media de hojas de alma aglomerada de 35 mm de espesor, con caras lisas lacadas en blanco, tres pernos de latón y manivela latonada según proyecto. La puerta de ingreso a la vivienda estará realizada a base de perfiles de aluminio anodizado. Las puertas de interiores de acceso a salones serán de hoja simple o de hoja y media de calidad media, con acabado lacado.

Las barandillas interiores de la escalera serán de acero galvanizado pintado. El espacio máximo entre montantes será de 10 cm.

El edificio en su conjunto, dispondrá de espacios y medios para extraer los residuos sanitarios generados en ellos de forma acorde para garantizar el buen funcionamiento de los recintos y garantizar las condiciones higiénicas y de salubridad

El edificio en su conjunto, dispondrá de espacios y medios para extraer los residuos sanitarios generados en ellos de forma acorde para garantizar el buen funcionamiento de los recintos y garantizar las condiciones higiénicas y de salubridad de sus ocupantes. Dejando previsto los requisitos de dimensiones mínimos de elementos de partición y espacios técnicos para alojar los mismos.

El proyecto dispondrá de una instalación eléctrica que garantice en todo momento la seguridad de los ocupantes y el mayor ahorro eléctrico posible en cuanto a eficiencia, con un esquema que permita un nivel de iluminación adecuado a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaz energéticamente.

La vivienda dispondrá de medios adecuados para suministrar el equipamiento higiénico previsto de agua apta para el consumo de forma sostenible, aportando caudales suficientes para su funcionamiento, sin alteración de las propiedades de aptitud para el consumo e impidiendo los posibles retornos que puedan contaminar la red, incorporando medios que permitan el ahorro y el control del agua.

Por último, la vivienda contendrá de una instalación que asegure el acceso a servicios de telecomunicaciones y audiovisuales.

3.3.1. ÁREA DE GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN DEL PROYECTO.

3.3.1.1. Acta de Constitución del Proyecto.

Vivienda Unifamiliar Cheste 68

Acta de Constitución de Proyecto

IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO/FASE		
Proyecto Proyecto vivienda unifamiliar en Cheste, Calle Quevedo, nº 68 (Valencia)	Nº del proyecto 0766	Tipo de proyecto Obra Nueva
Descripción Vivienda unifamiliar entre medianeras. Planta baja, planta primera y planta cubierta. La parcela en la que está situado el proyecto tiene forma de rectángulo irregular y cuenta con fachada en uno de sus lados. Solar con referencia catastral 6305519YJ0970S. Superficie Parcela 150 m2		
Nombre del Cliente Manuel Ruiz González y Rosa Martínez López	Número de Cliente -	Inicio/fin planificado 01/11/2017 – 16/08/2018
Organización ejecutante CR Proyectos	Responsable del proyecto (ejecutante) María Laporta Arias	Responsable del proyecto (cliente) Manuel Ruiz González y Rosa Martínez López
Autor del Documento José Luis Díaz Fernández	Fecha del Documento 08/09/2017	

ENUNCIADO DEL PROYECTO

Vivienda unifamiliar entre medianeras situada en Cheste (Valencia) en la Calle Quevedo, con una superficie total de 300,396 metros cuadrados construidos, para los clientes finales Manuel Ruiz González y Rosa Martínez López.

PROPÓSITO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El propósito de este proyecto se basa en la satisfacción completa de las necesidades de todos los intervinientes del proyecto, tanto clientes internos (Organización) como los cliente y usuario final.

REQUERIMIENTOS PRINCIPALES DEL PROYECTO

- Plazo: 10 meses.
- Coste: 230.905,18 €
- Materiales y equipos: Se utilizarán todos los materiales dispuestos por las empresas subcontratas.
- Distribución: La distribución de todos los productos se llevará a cabo mediante la herramienta Lean, las 5S. Se eliminará de la zona del trabajo todo lo innecesario, se organizará el espacio de manera útil, se mejorará la limpieza, se prevendrá la suciedad y el desorden, y se mantendrá una formación y disciplina.
- Calidad: Se mantendrá la calidad mediante la aplicación de herramientas de calidad tradicional y herramientas Lean.
- Cumplimiento de los requisitos estipulados en el Pliego técnico.

ORGANIZACIONES INVOLUCRADAS EN EL PROYECTO Y SUS FUNCIONES

- **CR PROYECTOS:** Empresa compuesta por “BIM Manager” (BM) y su equipo “BIM Management Office” (BMO), la cual coordinará, realizará y gestionará todo el proyecto.
- **DARTIC ARQUITECTURA:** Dirección facultativa, quienes llevarán la ejecución material de la obra y dirigirán el desarrollo de la misma.
- **LIBECK:** Empresa constructora, que se encargará de la ejecución de la obra.
- **PROVEEDORES/SUBCONTRATAS:** Empresas contratadas por la empresa constructora para acometer la obra:
 - **EXCAVACIONES LUJÁN:** Empresa especialista en el movimiento de tierras. Se encargará de aportar la maquinaria y operadores necesarios para los trabajos de excavación y transporte de tierras, resultantes a vertedero autorizado. También deberá realizar las gestiones en el vertedero pertinente
 - **RIBECO:** Empresa encargada de la cimentación y estructura del edificio. Aportará la mano de obra necesaria para su ejecución, así como todos los medios auxiliares, pequeña maquinaria y herramientas necesarias para acometer dichas unidades de obra. Las medidas de protección colectivas propias de esta fase de obra también serán suministradas e instaladas por esta subcontrata, al igual que las medidas de protección personal de sus trabajadores.
 - **FACHADAS FADE:** Especialista en la realización de fachadas. Esta empresa aportará la mano de obra necesaria para su ejecución, así como todos los medios auxiliares, pequeña maquinaria y herramientas necesarias para acometer dichas unidades de obra. Las medidas de protección colectivas propias de esta fase de obra también serán suministradas e instaladas por esta subcontrata, al igual que las medidas de protección personal de sus trabajadores.
 - **CUBIERTAS MUÑOZ:** Empresa especializada en cubiertas que suministrará la mano de obra, maquinaria, herramientas, materiales específicos de impermeabilización y formación de pendientes. Los materiales correspondientes a albañilería y pavimento serán por cuenta de la empresa constructora.
 - **JUANJO GARCÍA:** Empresa encargada de las tabiquerías del edificio. Aportarán la mano de obra, herramientas, maquinaria, medios auxiliares. Las medidas de protección colectiva y protección personal para ellos serán suministradas e instaladas por la empresa constructora. Del mismo modo, todo el material será puesto a pie de planta por la contrata principal, siendo trabajo de la cuadrilla acercárselo al tajo correspondiente.

- **JUCAR:** Empresa instaladora de fontanería, que realizará la instalación de fontanería, saneamiento e instalación contra incendios, incluyendo el suministro de sanitarios y grifería y demás materiales necesarios para la completa terminación de la instalación.
 - **CENTELLES:** Empresa instaladora eléctrica, que realizará toda la instalación de electricidad y telecomunicaciones del edificio, encargándose también de los suministros de materiales para la ejecución de las instalaciones.
 - **ACABADOS GARCÍA:** Empresa especializada en el suministro y la colocación de pavimentos cerámicos y alicatados. Esta empresa aportará la mano de obra necesaria para su ejecución, así como todos los medios auxiliares, pequeña maquinaria y herramientas necesarias para acometer dichas unidades de obra. Las medidas de protección colectivas propias de esta fase de obra también serán suministradas e instaladas por esta subcontrata, al igual que las medidas de protección personal de sus trabajadores.
 - **HABITISSIMO:** Empresa encargada de suministrar y colocar el falso techo de escayola, la cual aportará su mano de obra, materiales, maquinaria, medios auxiliares y herramientas necesarias para dichos trabajos, así como las medidas de protección individual propias de cada actividad.
 - **ALUMONT:** Suministrará y colocará la carpintería de aluminio exterior, aportando la mano de obra, materiales, maquinaria, medios auxiliares y herramientas necesarias para dichos trabajos, así como las medidas de protección individual propias de cada actividad.
 - **TAMASA:** Empresa especializada en la carpintería de madera. Se encargará de aportar la mano de obra, materiales, maquinaria, medios auxiliares y herramientas necesarias para dichos trabajos, así como las medidas de protección individual propias de cada actividad.
 - **PINTURAS CARBONELL:** Llevará a cabo toda la pintura y acabados del edificio. Aportará su mano de obra, materiales, maquinaria, medios auxiliares y herramientas necesarias para dichos trabajos, así como las medidas de protección individual propias de cada actividad.
- **MANUEL RUIZ GONZÁLEZ Y ROSA MARTÍNEZ LÓPEZ:** Son los clientes y usuarios finales, los que disfrutará y harán uso de la vivienda unifamiliar.

ALCANCE DEL PROYECTO

- **SÍ** está contemplado dentro del Alcance Inicial del Proyecto los elementos siguientes:
 - Contratación de especialistas.
 - Desarrollo y redacción del proyecto técnico y modelado BIM.
 - Elaboración del Plan de Ejecución BIM (BEP).
 - Estudio de las normativas vigentes.
 - Gestión de licencias.
 - Contrataciones.
 - Ejecución.
 - Entrega del proyecto.

RESPONSABLES DEL PROYECTO Y RESPONSABILIDADES ASOCIADAS

- **BIM Manager:** Responsable principal de proyecto y comprobación de recepción de los entregables en fecha por parte del equipo BIM Management Office.
- **BIM Management Office (BMO):** Compuesto por tres modeladores avanzados, que son el BIM Manager ARC (Arquitectura), BIM Manager MEP (Instalaciones), y BIM Manager STR (Estructura). Estos tres modeladores se encargarán de los siguientes **usos BIM**:
 - **MODELADO ENTORNO EXISTENTE:** Estudio de la volumetría colindante a la parcela en la que se trabajará para tener en cuenta elementos urbanísticos que condicionen el proyecto.
 - **ESTIMACIÓN DE COSTES:** La estimación de costes que se ha realizado en el estudio previo se tendrá en consideración a lo largo de todo el proyecto, y se usará para obtener el presupuesto aproximado que se necesita en el proyecto básico y para ajustar al futuro presupuesto más detallado.
 - **CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA:** Revisar si se cumple con el programa de necesidades que solicita el promotor.
 - **ANÁLISIS DE EMPLAZAMIENTO:** Análisis de la situación de la parcela donde se va a llevar a cabo la construcción del edificio, para conocer la accesibilidad tanto peatonal como rodada, servidumbres, etc.
 - **REVISIÓN DEL DISEÑO:** Después del análisis de varias opciones de diseño, se opta por la más adecuada después de los resultados del estudio previo y que se ajuste más al programa de necesidades que solicita el promotor.
 - **MODELADO ARQUITECTÓNICO:** Modelado arquitectónico del edificio aplicando la normativa vigente para tramitar la licencia administrativa de construcción y la elaboración de documentación preceptiva; ESS-PLANSS, GESTIÓN DE RESIDUOS, CÁLCULO ENERGETICO y elaboración de documentación a iniciativa del promotor; Planos de venta, Infografía, realidad virtual.
 - **MODELADO, CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN Y CONTROL ESTRUCTURAL:** Modelado estructural, cálculo y dimensionado de la estructura, coordinando los resultados del cálculo con el modelo arquitectónico y aporte de documentación necesaria para la ejecución.
 - **DISEÑO, CÁLCULO E IMPLANTACIÓN DE LAS INSTALACIONES:** Diseño y cálculo de las instalaciones, coordinando los resultados con el modelo arquitectónico y aporte de documentación necesaria para su ejecución.
 - **COSTE ECONÓMICO DEL MODELO, PRESUPUESTO Y MEDICIONES:** Estudio económico del modelo arquitectónico, estructural y de instalaciones desglosado en fases constructivas; Movimiento de tierras, cimentación y estructura, albañilería y cubiertas, instalaciones y acabados.
 - **COORDINACIÓN:** Coordinación y planificación del proyecto BIM.

EQUIPO DE TRABAJO DEL PROYECTO

- **BIM Manager:** 50%
- **BIM Management Office (BMO):** 50%

RECURSOS MATERIALES DEL PROYECTO

- Material de oficina (papeles, bolígrafos, escalímetro y distanciómetro laser)

- Ordenadores
- Impresora A3
- Mesas y sillas
- Acceso a todo el equipo de proyecto a los programas a usar para la realización del proyecto: Autodesk Revit, Arquímedes, Cype, AutoCAD, Navisworks, Word, Excel, Design Review, Drive

PLAZOS DE TIEMPO DEL PROYECTO

- 10 Meses

PRESUPUESTO RESUMIDO DEL PROYECTO

- Precio unitario: 768,669 €/m²
- Precio total: 230.905,18 €

RIESGOS DE ALTO NIVEL DEL PROYECTO

- Retrasos en la recepción de materiales.
- Reducción imprevista de la mano de obra.
- Incumplimiento de pagos.
- Errores de ejecución.
- Indefiniciones en el proyecto.
- Programación inadecuada.
- Accidentes laborales.
- Incompetencia.
- Ausencia de seguros.

CRITERIOS DE TERMINACIÓN, GARANTÍA Y SOPORTE


- **Criterios de Terminación.** El servicio objeto de esta propuesta se dará por finalizado cuando se produzca alguna de las siguientes circunstancias:
 - a) Terminar la vivienda unifamiliar de obra nueva en el plazo establecido de 10 meses.
 - b) Cumplir los requerimientos técnicos establecidos por normativa.
 - c) Cumplir los requerimientos de materiales, calidades y distribución establecidos por las empresas subcontratadas y por la empresa contratante.
 - d) Cumplir con el coste presupuestado.
- **Garantía.** 3 años.
- **Soporte.** 1 año de soporte para la estructura, 2 años para revisiones técnicas al año durante los 3 años de garantía.

OBSERVACIONES


Ninguna

Aceptado por

Responsable del proyecto (cliente)

Sí x	No <input type="checkbox"/>			
		<i>Nombre</i>	<i>Firma</i>	<i>Fecha</i>

Responsable del proyecto (proveedor)

Sí <input type="checkbox"/>	No x			
		<i>Nombre</i>	<i>Firma</i>	<i>Fecha</i>

3.3.2. ÁREA DE GESTIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO.

3.3.2.1. Estructura Desagregada de Tareas (EDT).

Se va a proceder a la realización de la descomposición de trabajo del proyecto en tareas, de acuerdo con los elementos que componen el producto.

Se realiza la descomposición en dos niveles. El primer nivel está compuesto por los capítulos del proyecto:

1. Movimiento de Tierras.
2. Cimentación.
3. Red de Saneamiento Horizontal.
4. Estructura.
5. Fachada.
6. Cubiertas.
7. Particiones Interiores.
8. Instalaciones.
9. Revestimientos.
10. Carpinterías.
11. Pinturas.

El segundo nivel se compone de las tareas a realizar:

- 1.1. Limpieza del Terreno.
- 1.2. Excavación.
- 2.1. Hormigón de Limpieza.
- 2.2. Zapata.
- 2.3. Muro.
- 2.4. Solera.
- 3.1. Res de Saneamiento Horizontal.
- 4.1. Forjado.
- 4.2. Losa Inclinada.
- 5.1. Fachadas.
- 6.1. Cubierta Plana Transitable.
- 6.2. Cubierta Inclinada.
- 7.1. Partición 1 hj LHD e 7 cm. Zonas Secas.
- 7.2. Partición 1 hj LHD e 9 cm. Zonas Húmedas.
- 7.3. Partición LH7+MW-0,044/40+LH7 sin rev. Garaje.
- 8.1. Instalación de Fontanería y Saneamiento.
- 8.2. Instalación de Electricidad y Telecomunicaciones.
- 9.1. Revestimientos en Paredes.
- 9.2. Revestimientos en Techos.
- 9.3. Revestimientos en Suelos.
- 10.1. Carpintería Exterior.
- 10.2. Carpintería Interior.
- 11.1. Pinturas y Acabados.

En el anexo 1 (**ANEXO 1: ESTRUCTURA DESAGREGADA DE TAREAS**) aparece toda la Estructura Desagregada de Tareas al detalle (con el número de días de cada tarea, número de recursos y coste).

3.3.2.2. Estructura Desagregada de Costes (EDC).

En este apartado se describe la Estructura Desagregada de Costes, basada en el cálculo de costes estimados de cada una de las tareas del proyecto, y permitiendo a todos los participantes del proyecto el seguimiento y control de costes de cada tarea del propio proyecto; permite, además, valorar qué actividades / tareas pueden ser subcontratadas.

Para su cálculo se ha empleado la Base de Precios del IVE (Instituto Valenciano de la Edificación) y el Generador de Precios del CYPE. Se calcularon las duraciones de cada una de las partidas mediante la fórmula:

$$D = \frac{Wt}{E}$$

[11]

- Wt: Cantidad de Trabajo
- E (Esfuerzo): Recursos x Rendimiento x Dedicación
- Recursos: Nº de unidades de Producción
- Rendimiento: Trabajo unitario del Recurso
- Dedicación: Tiempo trabajado por unidad de duración

Se muestra tal estructura en el anexo 2 (**ANEXO 2: ESTRUCTURA DESAGREGADA DE COSTES**), con los costes estimados de cada tarea.

3.3.2.3. Estructura Desagregada de Recursos (EDR).

La Estructura Desagregada de Recursos se ha realizado mediante la asociación a cada tarea y subtareas de la estructura desagregada de Tareas (EDT) con las subcontrata, colocando el número de recursos que empleará cada empresa.

En el anexo 3 (**ANEXO 3: ESTRUCTURA DESAGREGADA DE RECURSOS**) se detalla con más detenimiento la estructura.

3.3.2.4. Estructura de Desglose de la Organización (EDO).

Representa la organización de cada subcontrata a cada una de las tareas del proyecto. A continuación se muestra la tabla de cada una de ellas, estableciendo que trabajo se va a realizar, la duración de las actividades, y el número y la tipología de recursos que empleará:

CAPÍTULO	SUBCONTRATA	ACTIVIDADES	RECURSOS	DURACIÓN
Movimiento de tierras	Excavaciones Luján, S.L	Limpieza del terreno	1 Oficial 1 Peón 1Pala cargadora	1 día
		Excavación	2 Oficiales 5 Peones	15 días
Cimentación	Ribeco, S.L.	Hormigón de limpieza	1 Oficial 1 Peón	1 día
		Zapata	2 Ferrallas 1 Oficial 1 Peón	6 días
		Muro	2 Ferrallas 2 Oficiales 1 Peón	11 días
		Solera	2 Oficiales 2 Peones	7 días
		Forjado	Colla de 8 operarios: 3 Estructuristas 3 Ferrallas 1 Oficial 1 Peón	42 días
		Losa inclinada	2 Ferrallas 1 Oficial 1 Peón	7 días
Fachada	Fachadas Fade, S.L	Fachadas	6 Especialistas	18 días
Cubiertas	Cubiertas Muñoz, S.L.	Cubierta plana transitable	1 Oficial 1 Peón	2 días
		Cubierta inclinada	3 Oficiales 2 Peones	13 días

Particiones interiores	Juanjo García, S.L.	Partición 1 hj LHD e 7 cm. Zonas secas	1 Oficial 1 Peón	5 días
		Partición 1 hj LHD e 9 cm. Zonas húmedas	1 Oficial 1 Peón	4 días
		Partición LH7+MW-0.044/40+LH7 sin rev. Garaje	1 Oficial 1 Peón	3 días
Instalaciones	Jucar, S.L.	Instalación de fontanería y saneamiento	Diversos especialistas: 8 especialistas	44 días
		Red de Saneamiento horizontal	Diversos especialistas: 5 especialistas	9 días
	Centelles, S.L.	Instalación de electricidad y telecomunicaciones	Diversos especialistas: 8 especialistas	34 días
Revestimientos	Acabados Luis García, S.L.	Revestimientos de paredes	5 Oficiales 5 Peones	20 días
		Revestimientos de suelos	3 Oficiales 2 Peones	9 días
	Habitissimo, S.L.	Revestimientos de techos	2 Oficiales 2 Peones	6 días
Carpinterías	Alumont, S.L.	Carpintería exterior	4 Oficiales 9 Peones	15 días
	Tamasa, S.L.	Carpintería interior	3 Oficiales 3 Peones	10 días
Pinturas	Pinturas Carbonell, S.L.	Pinturas y acabados	4 Oficiales 3 Peones	16 días

Tabla 19: Necesidad de recursos de la subcontratas

En el anexo 4 (ANEXO 4: ESTRUCTURA DESAGREGADA DE LA ORGANIZACIÓN) aparece representado la Estructura Desagregada de la Organización).

3.3.3. ÁREA DE GESTIÓN DEL TIEMPO DEL PROYECTO.

3.3.3.1. Planificación.

3.3.3.1.1. *Master Schedule (Plan Maestro)*

Se realiza una programación de todas las actividades necesarias para poder realizar la construcción del edificio. Esta programación tiene forma de Gantt, en la cual se establecen los tiempos de las tareas para finalizar la etapa de construcción en los proyectos.

La Master Schedule pertenece al primer nivel, donde se llevará a cabo la primera reunión Pull Session, la cual se hablará más adelante con más detalle.

En esta primera reunión, todos los representantes decidirán los trabajos a realizar con respectivo orden, duración, restricción, etc, hasta cumplir con la fecha establecida.

El Gantt de la Master Schedule aparece mostrado en el anexo 5 (**ANEXO 5: MASTER SCHEDULE (PLAN MAESTRO)**).

Además, a parte del Gantt, esta programación se muestra en matrices, en matriz de precedencias generalizadas (**ANEXO 6: MATRIZ CON PRECEDENCIAS GENERALIZADAS**), y matriz de precedencias simples (**ANEXO 7: MATRIZ CON PRECEDENCIAS SIMPLES**).

3.3.3.1.2. Lookahead (Planificación Intermedia)

Esta planificación es el segundo nivel en la aplicación del “Sistema Último Planificador”, la cual desglosa la programación general para evitar perder tiempo y material, a seis semanas vista.

Se han realizado dos Lookahead, y por tanto se ha planificado hasta terminar estructura, realizando después la Weekly Work Plan. A continuación se muestra los pasos que se han seguido para realizar esta planificación Lookahead:

- Definición del intervalo de tiempo: Midiéndose por semanas. Aparece con detalle en el anexo 8 (ANEXO 8: LOOKAHEAD (PLANIFICACIÓN INTERMEDIA)).
- Definición de las actividades que serán parte del plan intermedio: Se ha determinado a cada tarea una zona, y cada una de ellas se ha subdividido en áreas, tal y como se muestra en la tabla siguiente:

Zone Id	Zone Short Description	Zone Long Description
A	ZONA A	Limpieza del terreno
B	ZONA B	Excavación
C	ZONA C	Hormigón de limpieza
D	ZONA D	Zapata
E	ZONA E	Muro
F	ZONA F	Solera
G	ZONA G	Red de Saneamiento Horizontal
H	ZONA H	Forjado
I	ZONA I	Losa inclinada

Tabla 20: Distribución por zonas de las actividades del proyecto

Área Id	Área Short Description	Área Long Description
A1	Área A1	Zona de limpieza del terreno
B1	Área B1	Zona de excavación
B2	Área B2	Zona de excavación
B3	Área B3	Zona de excavación
C1	Área C1	Zona de hormigón de limpieza
D1	Área D1	Zona de zapata
D2	Área D2	Zona de zapata
E1	Área E1	Zona de muro
E2	Área E2	Zona de muro
F1	Área F1	Zona de solera
F2	Área F2	Zona de solera
G1	Área G1	Zona de Red de Saneamiento Horizontal
G2	Área G2	Zona de Red de Saneamiento Horizontal

H1	Área H1	Zona de forjado
H2	Área H2	Zona de forjado
H3	Área H3	Zona de forjado
H4	Área H4	Zona de forjado
I1	Área I1	Zona de losa inclinada
I2	Área I2	Zona de losa inclinada

Tabla 21: Distribución por áreas de cada una de las zonas de las actividades del proyecto

Además se ha establecido un responsable por cada gsubcontrata:

Resp Id	Name	Celular	Office	email
Res 1	Excavaciones Lujan, S.L	652 877 931	96 341 35 22	lujan@excavacioneslujan.com
Res 2	Ribeco, S.L	690 455 877	96 255 39 86	ribeco@ribeco.com
Res 3	Jucar, S.L	625 000 672	96 330 55 06	jucar@jucar.com

Tabla 22: Responsables de las actividades del proyecto

- Análisis de restricciones: Una vez se han identificado las tareas que formarán parte del plan intermedio es necesario asegurar que estén libres de restricciones para que puedan ser llevadas a cabo en el momento fijado. Estas restricciones son las siguientes:

Restr. Id	Restr. Text	Open at Date	Zone	Area	Client	Needed at Date	Respons	Compromis at Date	Status	Closed at Date
Rst.#1	Vallado	01/11/2017	A		Res 1	01/11/2017	Res 1	01/11/2017	Open	01/11/2017
Rst.#2	Vallado	02/11/2017	B		Res 1	02/11/2017	Res 1	02/11/2017	Open	22/02/2017
Rst.#3	Equipos	02/11/2017	B		Res 1	02/11/2017	Res 1	02/11/2017	Open	22/11/2017
Rst.#4	Equipos	23/11/2017	C		Res 2	23/11/2017	Res 2	23/11/2017	Open	23/11/2017
Rst.#5	Equipos	24/11/2017	D		Res 2	24/11/2017	Res 2	24/11/2017	Open	01/12/2017
Rst.#6	Equipos	28/11/2017	E		Res 2	28/11/2017	Res 2	28/11/2017	Closed	12/12/2017
Rst.#7	Equipos	29/11/2017	F		Res 2	29/11/2017	Res 2	29/11/2017	Open	07/12/2017
Rst.#8	Equipos	30/11/2017	G		Res 3	30/11/2017	Res 3	30/11/2017	Open	12/12/2017
Rst.#9	Equipos	13/12/2017	H		Res 2	13/12/2017	Res 2	13/12/2017	Open	08/02/2018
Rst.#10	Equipos	10/01/2018	I		Res 2	10/01/2018	Res 2	10/01/2018	Open	18/01/2018
Rst.#11	Camión hormigonera	23/11/2017	C		Res 1	23/11/2017	Res 1	23/11/2017	Open	23/11/2017
Rst.#12	Camión hormigonera	24/11/2017	D		Res 1	29/11/2017	Res 1	29/11/2017	Open	01/12/2017
Rst.#13	Camión hormigonera	28/11/2017	E		Res 1	05/12/2017	Res 1	05/12/2017	Open	12/12/2017
Rst.#14	Camión hormigonera	29/11/2017	F		Res 1	05/12/2017	Res 1	05/12/2017	Open	07/12/2017
Rst.#15	Camión hormigonera	13/12/2017	H		Res 1	21/12/2017	Res 1	21/12/2017	Open	08/02/2018
Rst.#16	Camión hormigonera	10/01/2018	I		Res 1	16/01/2018	Res 1	16/01/2018	Open	18/01/2018

Tabla 23: Restricciones de las tareas del proyecto

En la primera etapa se hará una revisión del estado de las tareas con respecto a la planificación intermedia teniendo en consideración sus restricciones y la probabilidad de mover las tareas antes del tiempo para su inicio. Su principal objetivo es el de filtrar la información que entra a la planificación intermedia.

La segunda etapa se prepara las restricciones, las cuales consisten en definir cuáles serán las acciones tomadas para remover las restricciones para comenzar la actividad en el tiempo que se ha planificado, y se tiene que desarrollar en tres fases: confirmación de los tiempos de respuesta de los proveedores verificando

quién es el último involucrado con la ejecución de la actividad, tener seguridad de que el proveedor tendrá todo listo para comenzar la tarea en obra y si los tiempos de respuesta anticipados son los adecuados.

- Intervalo de trabajo ejecutable: Se compone de todas aquellas tareas que tienen mayor probabilidad de ejecutarse, es decir, aquellas que han pasado por el proceso de revisión y estén libres de restricciones. De esta forma, se crea un intervalo de tareas que deben de ejecutarse. Dentro de este intervalo ejecutable hay diferentes tipos de actividades, como son:
 - Actividades con restricciones liberadas que se incluyen en el intervalo de trabajo ejecutable ITE de la semana en curso pero que no pudieron ser ejecutadas.
 - Actividades con restricciones liberadas que pertenecen a la primera semana futura.
 - Actividades con restricciones liberadas con dos o más semanas futuras.

3.3.3.1.3. Weekly Work Plan

La Weekly Work Plan se realiza a una semana vista de la ejecución de la obra, y se colocan las tareas que sabemos con certeza que se van a ejecutar. Además, es una herramienta que sirve como control semanal a medida que se vayan ejecutando las partidas.

Una vez realizada la planificación intermedia (Lookahead), se presenta el mayor nivel, la Weekly Work Plan (Plan de Trabajo Semanal), la cual se realiza por los administradores de obra, jefes de terreno, jefes de obra, capataces y todos aquellos que supervisan de manera directa la ejecución de los trabajos en obra. Se mide el porcentaje de Actividades Completadas (PAC) para conocer porcentualmente cual fue el número de actividades programadas que realmente se ejecutaron en obra y así medir que tan efectiva fue la planificación semanal y además tabular las causas por la cuales el PAC no fue del 100% para corregirlas en la siguiente semana.

A continuación se muestra un resumen ejecutivo para una reunión de planificación semanal:

1. Revisión de la semana anterior:

- Controlar el cumplimiento de las actividades.
- Calcular el PAC.
- Determinar las causas de NO cumplimiento.
- Tomar acciones correctivas para las causas de No cumplimiento.
- Definir actividades pendientes.
- Tomar acciones correctivas para recuperar atrasos.

2. Preparación de programa semanal:

- Revisar restricciones del Plan anterior.
- Definir el nuevo inventario de trabajo ejecutable.
- Contrastar el inventario con el programa propuesto por el último planificador.
- Definir el programa de la semana siguiente, adquiriendo compromisos y dejando actividades en espera (buffers), por si hay algún inconveniente con las planificadas.

3. Actualización del Plan Lookahead:

- Presentación del nuevo Lookahead.
- Revisar estado restricciones del nuevo Plan.
- Definir responsable para liberar las restricciones y qué hacer para conseguirlo.

En el anexo 9 (**ANEXO 9: WEEKLY WORK PLAN (PLAN DE TRABAJO SEMANAL)**) se muestran todas las semanas hasta finalizar estructura.

3.3.3.2. Red de Precedencias.

En este apartado se ha realizado una red de precedencias generalizadas (ver ANEXO 10: RED DE PRECEDENCIAS), representado en nodos que representan cada una de las actividades del proyecto.

En la figura siguiente se muestran los tiempos de cada actividad y las relaciones de cada una de ellas.

- Tiempos:
 - Tmpe: Tiempo más pronto de empezar.
 - Tmpt: Tiempo más pronto de terminar.
 - Tmte: Tiempo más tarde de empezar.
 - Tmtt: Tiempo más tarde de terminar.

- Llegadas y salidas: Las llegadas están representadas por una línea de color rojo, mientras que las salidas por el color azul. Los comienzos son el inicio de la actividad y los finales cuando acaba la misma.

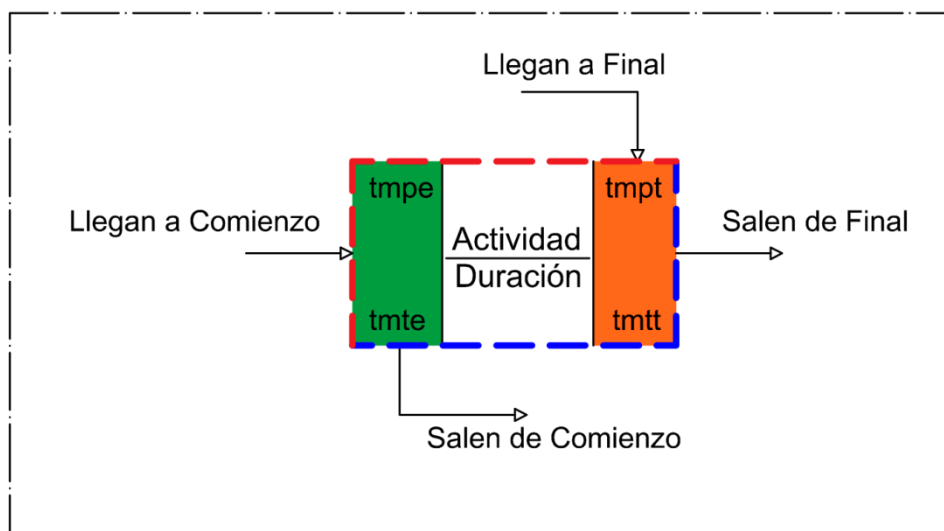


Figura 74: Nodo de Red de Precedencias Generalizadas

Una vez explicado esta red, se procede a la realización de una **RED LEAN** (ver ANEXO 11: RED LEAN), la cual se ha invertido los nodos de la misma, y se ha empezado contando desde el día que se tiene previsto terminar la obra.

A continuación se muestra los cambios realizados en la figura siguiente:

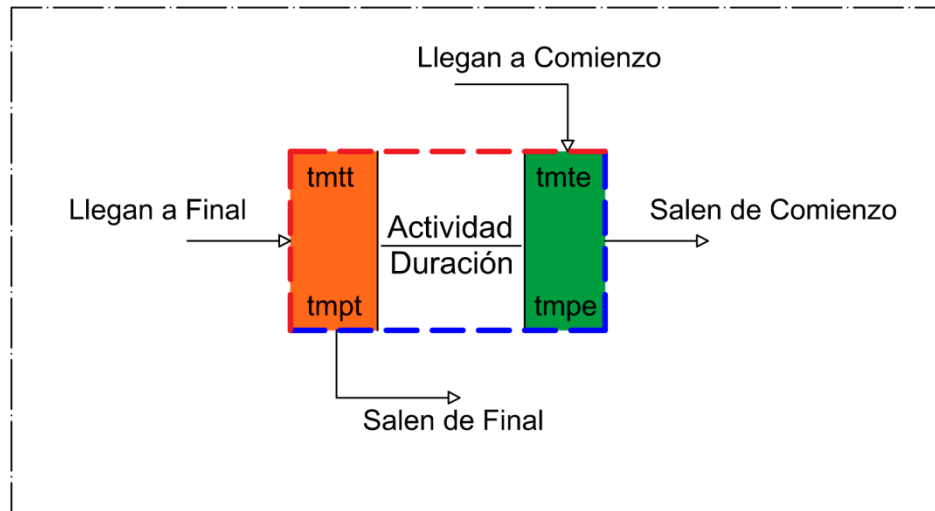


Figura 75: Nodo de Red LEAN

Se han realizado dos traslaciones con respecto al nodo tradicional. El primer movimiento ha sido que los tiempos más tarde (tmmt y tmte) se han ido arriba del nodo, mientras que los tiempos más pronto (tmpt y tmpe) se han situado abajo. Con respecto al segundo movimiento, los tiempos de inicio se han trasladado a la derecha del nodo, y los tiempos de final se han movido a la izquierda, para así poder empezar a descontar desde el último día planificado del proyecto.

3.3.3.3. Nivelación y Asignación.

3.3.3.3.1. Nivelación

Una vez establecida la planificación, se analiza y se observa como las actividades correspondientes a la fase de estructura, y por tanto a la subcontrata Ribeco, S.L, están sometidas a diversos solapes lo que provoca una simultaneidad de las actividades y una necesidad elevada de recursos en ciertos instantes temporales.

Es por ello, que se decide realizar una nivelación de los recursos que intervienen en las actividades correspondientes a dicha subcontrata.

Se plantea el problema como una nivelación con incremento de plazo y disponibilidad constante, donde se establece un makespan objetivo limite que no puede superarse en la nivelación.

El objetivo es dotar, a las tareas sujetas a dicha nivelación, de mayor holgura total y libre, permitiendo una mayor libertad de movimiento.

Los cálculos realizados se muestran en la tabla siguiente:

	ES ≤	Shift	≤ LS	SS
Limpieza del terreno	0	0	0	0
Excavación	1	1	1	1
Hormigón de limpieza	16	16	16	16
Zapata	17	17	17	17
Solera	20	23	23	23
Muro	19	19	19	19
Red de Saneamiento horizontal	18	20	21	20
Forjado	30	30	30	30
Losa inclinada	50	58	65	58
Fachadas	72	72	72	72
Cubierta inclinada	90	90	90	90
Cubierta plana transitable	90	100	101	100
Partición 1 hj LHD e 9 cm.Zonas húmedas	90	99	99	99
Partición LH7+MW-0.044/40+LH7 sin re. Garaje	90	91	100	91
Partición1 hj LHD e 7 cm. Zonas secas	103	103	103	103
Instalación de fontanería y saneamiento	106	106	106	106
Instalación de electricidad y telecomunicaciones	106	109	116	109
Revestimientos de paredes	150	150	150	150
Revestimientos de techos	170	170	170	170
Revestimientos de suelos	174	180	182	180
Carpintería exterior	176	176	176	176
Carpintería interior	176	176	181	176
Pinturas y acabados	191	191	191	191
Fin	207	207	207	207

makespan	207
<= Dur Ini	207

Min Cuad	4.175,00
RIC	3,862820645

Tabla 24: Cálculo de Nivelación de Recursos con incremento de plazo y disponibilidad constante

Para poder calcular tanto las duraciones como los recursos se ha empleado la herramienta Solver, y así obtener una nivelación de recursos lo más uniforme posible.

Podemos tener diferentes distribuciones de recursos con el mismo sumatorio de cuadrados, para ello, además del sumatorio de cuadrados para cuantificar la bondad de nivelación adecuada, disponemos del “coeficiente de mejora de los recursos” (RIC), cuyo resultado ha sido de 3.862, por lo consiguiente se han reducido crestas y valles, aunque el resultado no se aproxime mucho a la unidad.

A continuación, se muestran los gráficos correspondientes a los resultados sin nivelación y a los de la nivelación con incremento de plazo y disponibilidad constante:

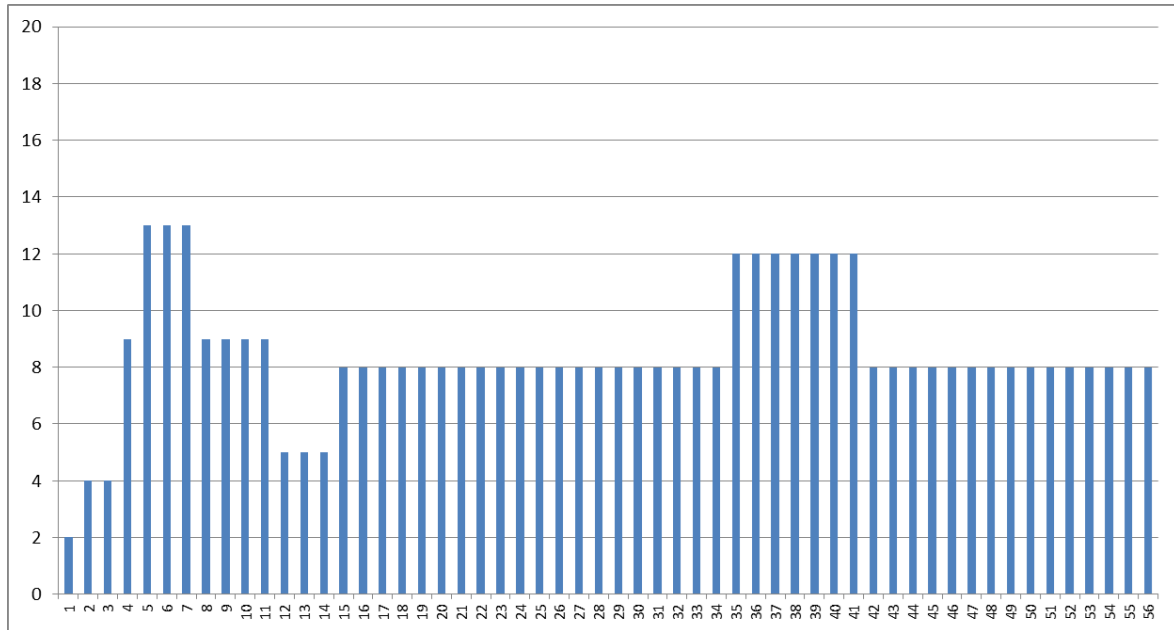


Figura 76: Sin aplicación de Nivelación

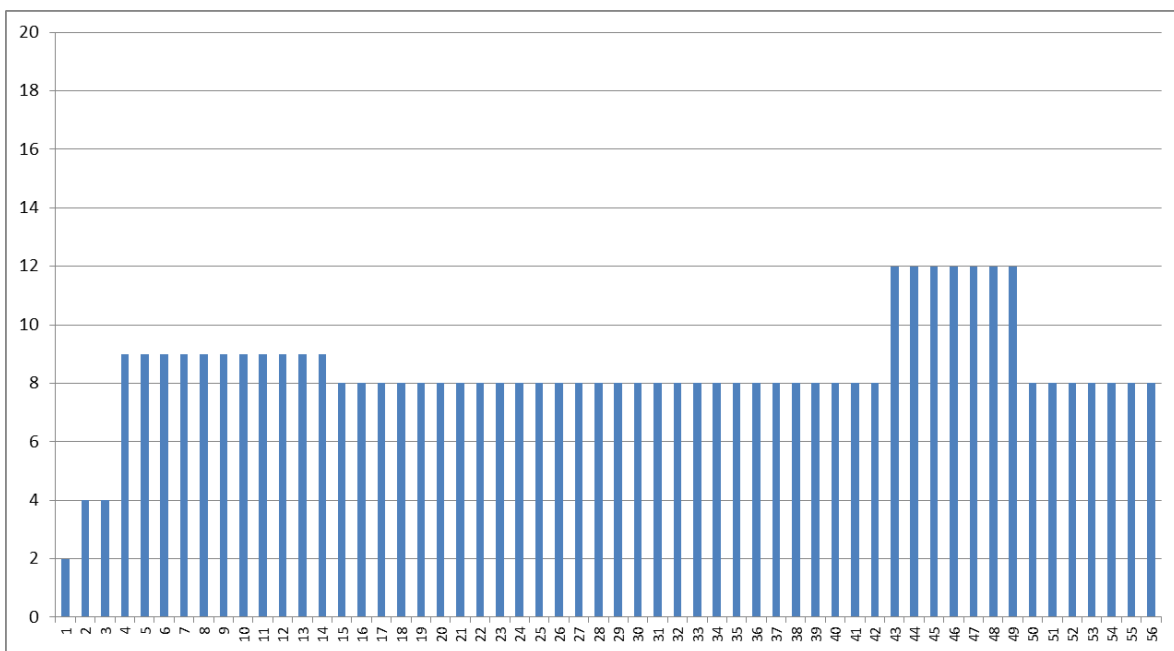


Figura 77: Con aplicación de Nivelación

3.3.3.3.2. Asignación

Se ha asumido un escenario plausible en que disponemos de una cantidad limitada de recursos y que por lo tanto, para poder solucionarlo, se tendrá que aumentar la duración del proyecto.

Dentro de las distintas opciones, se ha optado por la asignación con dos tipos de recursos, siendo los recursos 1(R1) los operarios, y los recursos 2 (R2) la maquinaria.

Para recursos 1 se dispone de un total de 18, y de tipo 2 de 15, y se necesitan 13 para recursos tipo 1 y 15 para tipo 2.

En relación al Makespan establecido (T), se obtiene un valor de 220 días y el Makespan inicial (Mki) de 205 días.

Todos los cálculos realizados se muestran en la siguiente tabla:

T	220
Mki	205

	es ≤	Shift	Is	≤ Is+T-Mki
Limpieza del terreno	0	4	0	15
Excavación	1	14	1	16
Hormigón de limpieza	16	25	16	31
Zapata	17	30	17	32
Solera	20	30	23	38
Muro	19	29	19	34
Red de Saneamiento horizontal	18	29	21	36
Forjado	30	32	30	45
Losa inclinada	50	53	65	80
Fachadas	72	78	72	87
Cubierta inclinada	90	90	90	105
Cubierta plana transitable	90	91	101	116
Partición 1 hj LHD e 9 cm.Zonas húmedas	90	114	99	114
Partición LH7+MW-0.044/40+LH7 sin re. Garaje	90	112	100	115
Partición1 hj LHD e 7 cm. Zonas secas	103	105	103	118
Instalación de fontanería y saneamiento	106	108	106	121
Instalación de electricidad y telecomunicaciones	106	110	116	131
Revestimientos de paredes	150	164	150	165
Revestimientos de techos	170	180	170	185
Revestimientos de suelos	174	197	182	197
Carpintería exterior	176	179	176	191
Carpintería interior	176	182	181	196
Pinturas y acabados	191	205	191	206

Makepan	222
---------	-----

Nec1	13	Disp 1	18
Nec2	15	Disp 2	15

Tabla 25: Cálculo de Asignación de Recursos

Una vez se han obtenido los resultados mediante la herramienta Solver, y ya que, como se ha mencionado con anterioridad, de que tenemos una cantidad de recursos limitados, la duración final de proyecto ha aumentado 17 días, siendo esta de 222.

A continuación se muestran los gráficos, en los que se puede verse como se ha aumentado el plazo del proyecto:

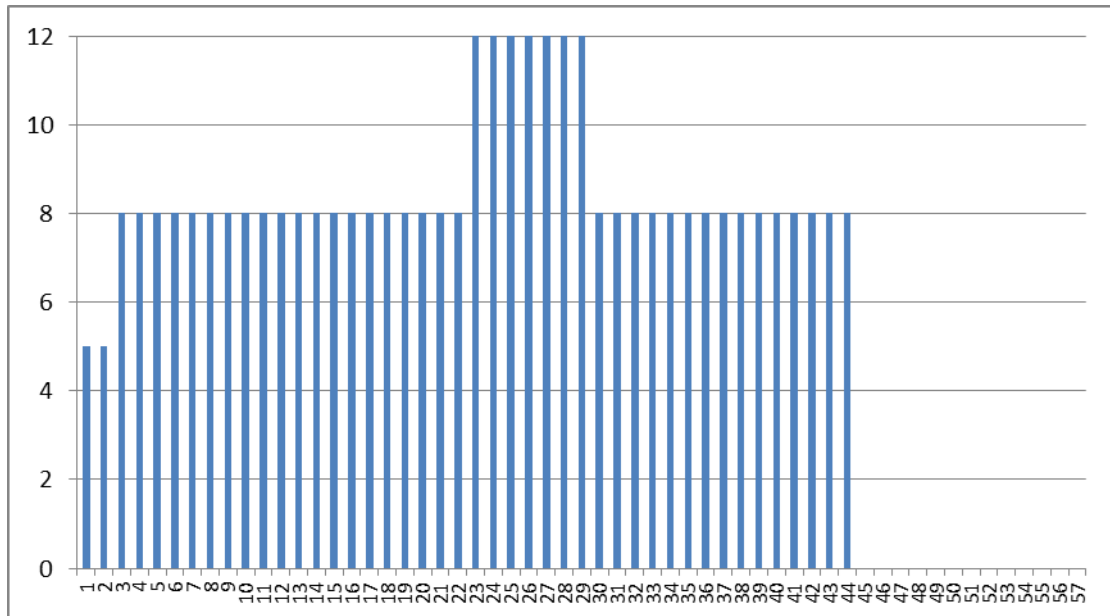


Figura 78: Recursos R1 SIN Asignación

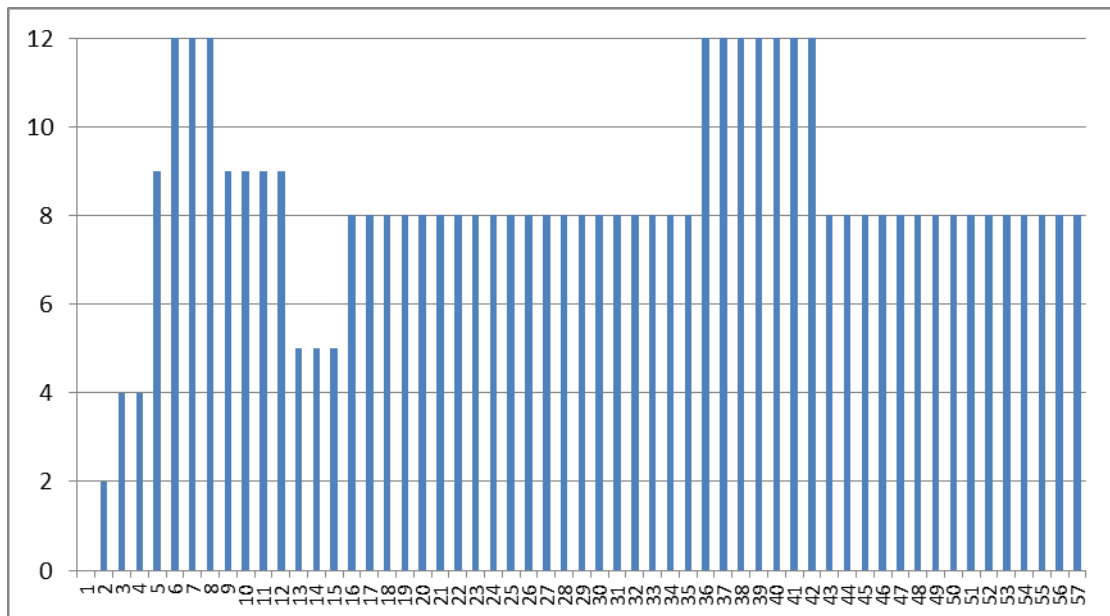


Figura 79: Recursos R1 CON Asignación

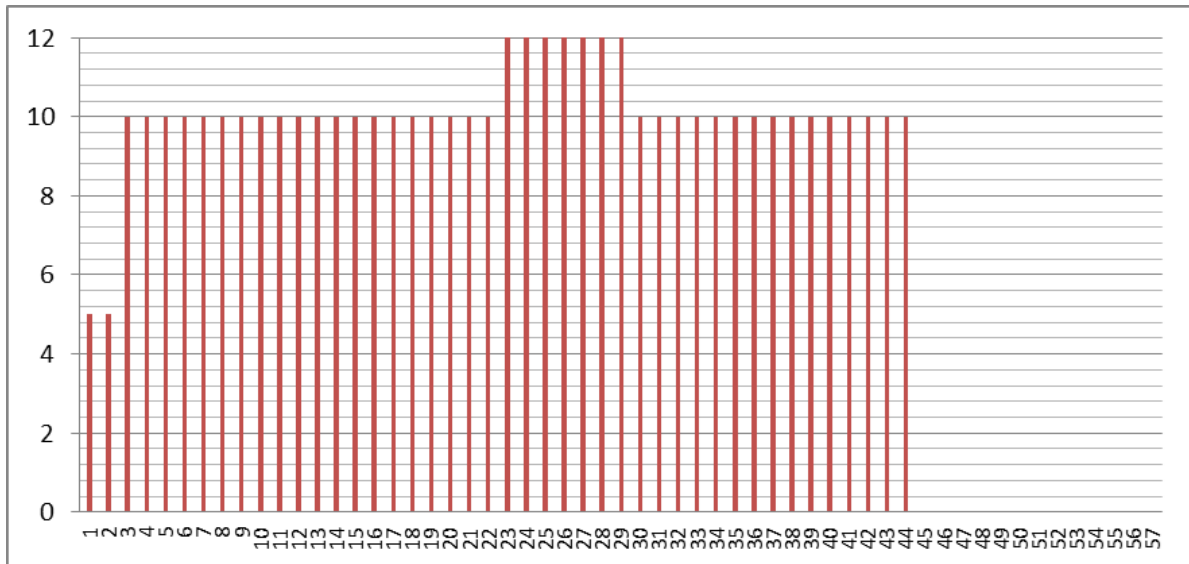


Figura 80: Recursos R2 SIN Asignación

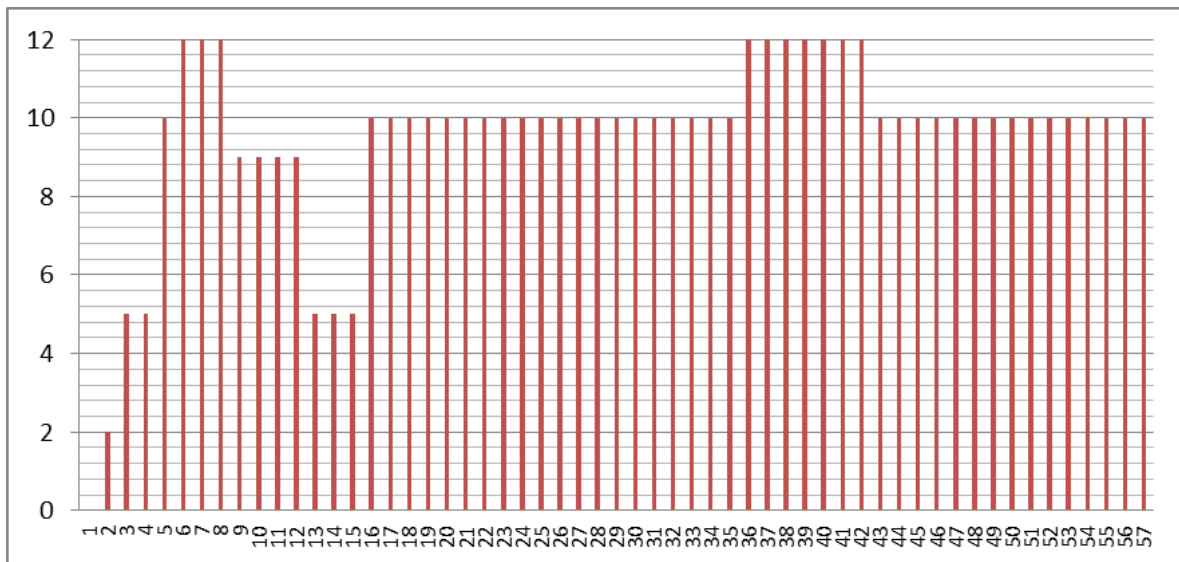


Figura 81: Recursos R2 CON Asignación

3.3.3.4. Método del Valor Ganado-EVM.

Para poder aplicar este método, se ha realizado el cálculo de las duraciones y Costes Reales del Proyecto. Se han aplicado una serie de porcentajes tanto a las duraciones y como a los costes (Normales y Acelerados, el cálculo se verá más adelante), lo cual provoca un aumento en los mismos.

A continuación se muestra la tabla, con los cálculos y porcentajes aplicados a las tareas del proyecto:

ACTIVIDADES	NORMAL		ACELERADO	
	Duracion	Coste	Duracion	Coste
Limpieza del terreno	1	140,17 €	1	221,73 €
Excavación	15	7.477,83 €	9	9.987,01 €
Hormigón de limpieza	1	929,29 €	1	1.115,15 €
Zapata	6	10.262,15 €	5	13.546,04 €
Muro	11	15.692,34 €	6	20.713,89 €
Solera	7	1.310,66 €	6	1.730,07 €
Red de Saneamiento horizontal	9	3.676,93 €	6	4.853,55 €
Forjado	42	58.073,83 €	28	76.657,45 €
Losa inclinada	7	3.515,24 €	4	4.640,11 €
Fachadas	18	21.233,89 €	13	28.028,74 €
Cubierta plana transitable	2	2.053,81 €	1	2.711,04 €
Cubierta inclinada	13	9.836,37 €	10	12.984,00 €
Partición 1 hj LHD e 7 cm. Zonas secas	5	2.137,74 €	4	2.821,82 €
Partición 1 hj LHD e 9 cm. Zonas húmedas	4	1.232,31 €	3	1.626,65 €
Partición LH7+MW-0.044/40+LH7 sin re. Garaje	3	641,92 €	2	847,33 €
Instalación de fontanería y saneamiento	44	11.310,80 €	37	14.930,25 €
Instalación de electricidad y telecomunicaciones	34	15.433,37 €	25	20.372,05 €
Revestimientos de paredes	20	14.816,70 €	15	19.558,04 €
Revestimientos de techos	6	2.887,55 €	3	3.798,37 €
Revestimientos de suelos	9	13.328,14 €	7	17.593,15 €
Carpintería exterior	15	8.333,93 €	11	11.000,79 €
Carpintería interior	10	6.644,67 €	7	8.770,96 €
Pinturas y acabados	16	2.935,46 €	12	3.874,81 €
		213.905,10 €		282.383,00 €

Tabla 26: Duraciones y Costes Normales y Acelerados

ACTIVIDADES	PORCENTAJE		FORMULAS		REAL	
	Porcentaje Duracion	Porcentaje Coste	Formulas Duracion	Formulas Coste	Duracion	Coste
Limpieza del terreno	120%	130%	120% * DA	130% * CN	2	182,22 €
Excavación	110%	80%	110% * DA	80% * CA	10	7.989,61 €
Hormigón de limpieza	100%	90%	100% * DN	90% * CA	1	1.003,64 €
Zapata	115%	103%	115% * DN	103% * CN	7	10.570,01 €
Muro	115%	105%	115% * DN	105% * CN	13	16.476,96 €
Solera	120%	110%	120% * DN	110% * CN	8	1.441,73 €
Red de Saneamiento horizontal	100%	90%	100% * DN	90% * CA	9	4.368,20 €
Forjado	110%	110%	110% * DN	110% * CN	46	63.881,21 €
Losa inclinada	100%	105%	100% * DN	105% * CA	7	4.872,12 €
Fachadas	120%	90%	120% * DA	90% * CA	16	25.225,87 €
Cubierta plana transitable	100%	110%	100% * DN	110% * CN	2	2.259,19 €
Cubierta inclinada	110%	120%	110% * DN	120% * CN	14	11.803,64 €
Partición 1 hj LHD e 7 cm. Zonas secas	110%	105%	110% * DN	105% * CN	6	2.244,63 €
Partición 1 hj LHD e 9 cm. Zonas húmedas	115%	110%	115% * DN	110% * CN	5	1.355,54 €
Partición LH7+MW-0.044/40+LH7 sin re. Garaje	110%	100%	110% * DA	100% * CA	3	847,33 €
Instalación de fontanería y saneamiento	110%	90%	110% * DN	90% * CA	48	13.437,23 €
Instalación de electricidad y telecomunicaciones	110%	100%	110% * DN	100% * CN	37	15.433,37 €
Revestimientos de paredes	115%	95%	115% * DN	95% * CA	23	18.580,14 €
Revestimientos de techos	110%	120%	110% * DN	120% * CN	7	3.465,06 €
Revestimientos de suelos	110%	105%	110% * DA	105% * CN	8	13.994,55 €
Carpintería exterior	120%	110%	120% * DN	110% * CN	18	9.167,32 €
Carpintería interior	110%	130%	110% * DN	130% * CN	11	8.638,07 €
Pinturas y acabados	130%	90%	130% * DA	90% * CA	16	3.487,33 €
						240.724,95 €

Tabla 27: Duraciones y Costes Reales

Una vez que se tienen los datos requeridos se pasa a la utilización de las herramientas. Se ha optado por utilizar el fichero de excel “Valor ganado días” por considerarse el más completo a la hora de realizar el control del proyecto y de las posibles desviaciones del mismo.

Para plasmar los resultados se utilizaran los índices de primer, segundo, y tercer orden en función de lo que se ha obtenido en la herramienta utilizada.

3.3.3.4.1. Índices de Primer Orden

El siguiente grafico representa el CPTP (coste programado del trabajo previsto) para los Tmp (tiempos más pronto de empezar y terminar) y para los Tmt (tiempo más tarde de empezar y terminar):



Figura 82: Coste Programado del Trabajo Previsto

Como se puede observar el grafico nos muestra el intervalo en que se puede mover el proyecto para completarse en su tiempo y coste previsto.

El siguiente grafico compara el CPTR (coste programado del trabajo realizado) vs CRTR (coste real del trabajo realizado):

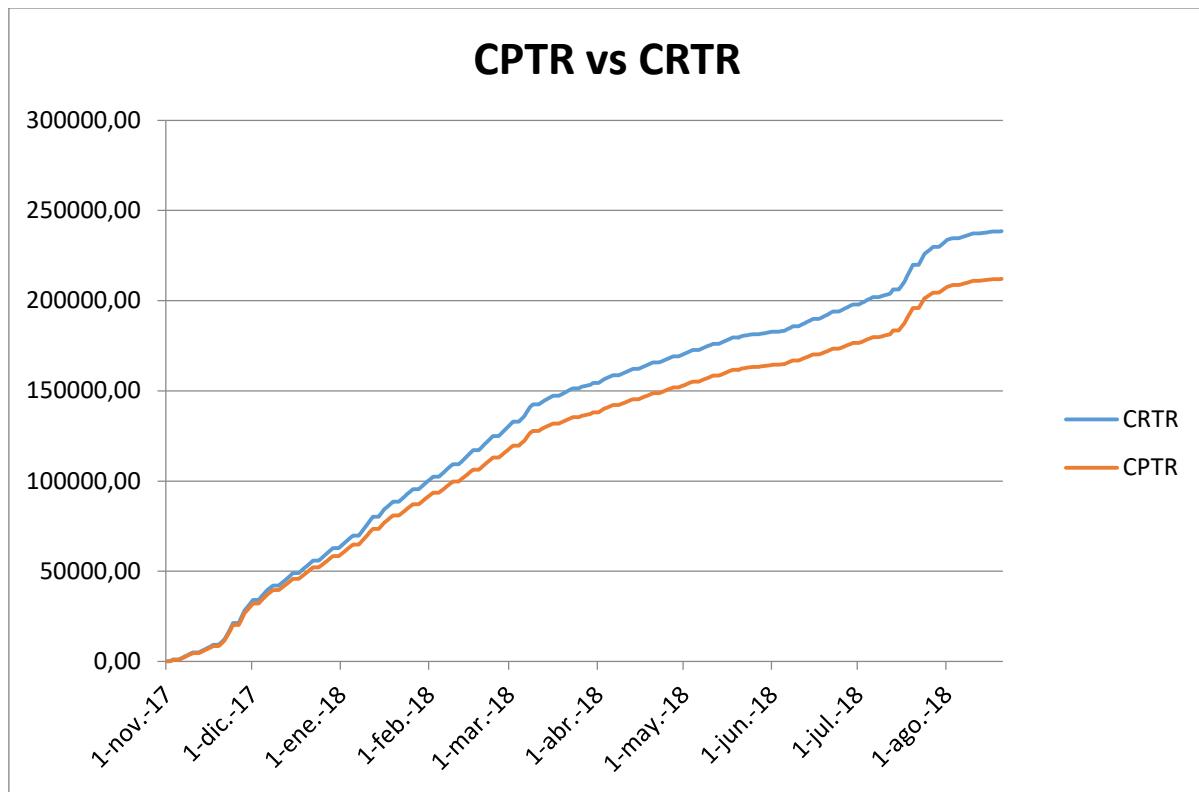


Figura 83: Coste Programado del Trabajo Realizado VS Coste Real del Trabajo Real

Como se puede observar en el grafico la curva de CRTR supera a partir del 1 de diciembre a la curva de CPTR lo que quiere indicar, que aunque se ha realizado el trabajo a tiempo, se ha tenido un incremento de coste en dichas actividades, por lo tanto, gastando más de lo presupuestado.

El siguiente grafico compara el CPTP (coste programado del trabajo programado, de los Tmp y Tmt, vs CPTR (coste programado del trabajo realizado):

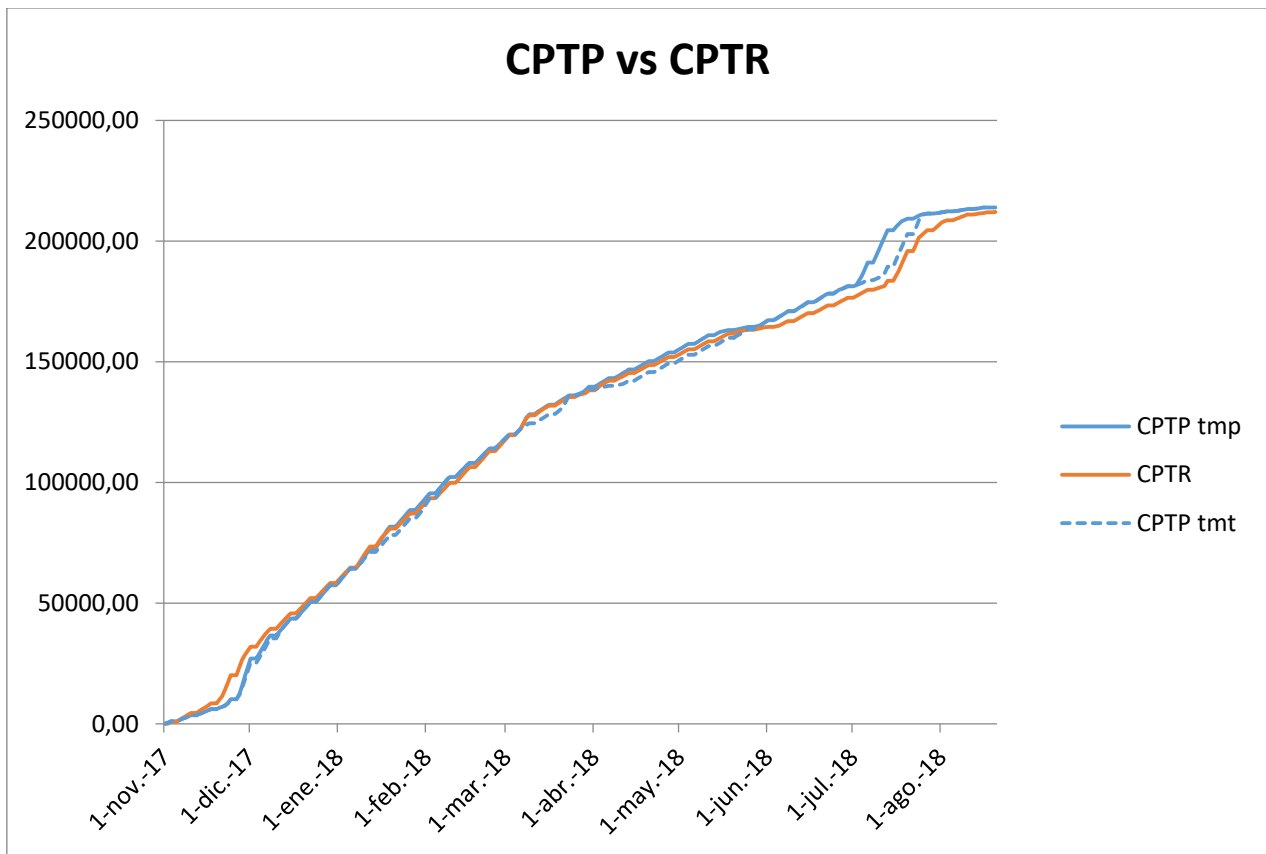


Figura 84: Coste Programado del Trabajo Programado, de los Tmp y Tmt, vs CPTR

Como se puede observar en la gráfica la curva de CPTR se encuentra en su mayor parte dentro del rango del CPTP, tmpe-tmte, por lo que el proyecto no sufre desviaciones importantes. En el mes de junio se puede apreciar que la curva de CPTR corta con la curva de CPTP tmt, lo que indica un leve retraso de la programación al final del proyecto.

3.3.3.4.2. Índices de Segundo Orden

DC: La siguiente grafica muestra la desviación en coste que ha sufrido la obra durante su ejecución:



Figura 85: Desviación en Coste

Desde el inicio de la obra la desviación se obtiene una desviación en costes negativa, esto quiere decir que el coste de realizar las actividades programadas sufrió un alza y por tanto se muestra como dicho desvió.

PG: La siguiente grafica muestra los atrasos y adelantos en tiempo que ha sufrido la obra durante su ejecución:

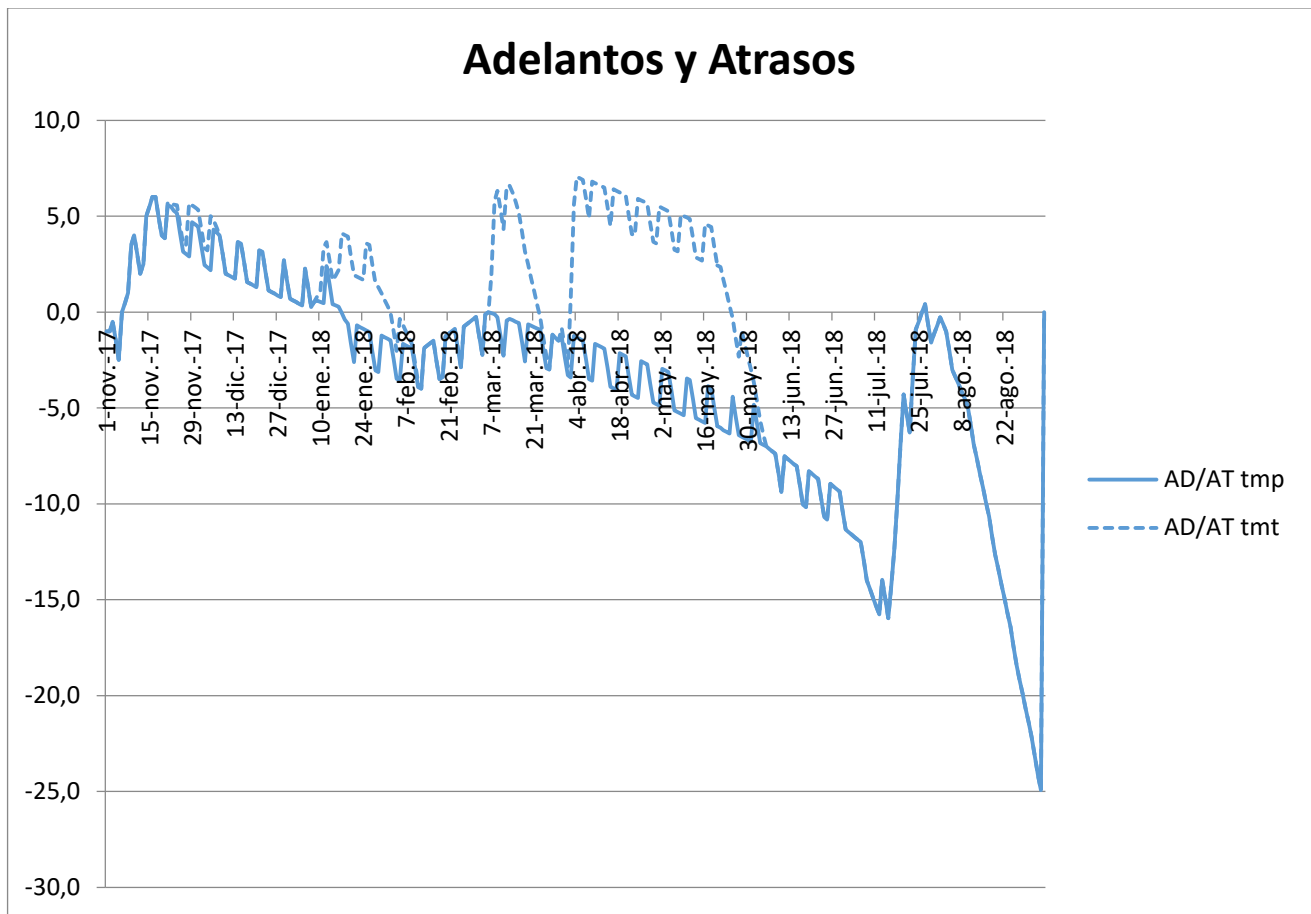


Figura 86: Adelantos y Atrasos de la Obra

Como se puede observar en la gráfica los atrasos más importantes se generan a mitad de la obra cuando la curva de AD/AT tmt corta con AD/AT tmp, y cuando la curva de AD/AT tmp, a partir del 12 de enero, se va por debajo del cero indicando otro atraso importante.

DP: La siguiente grafica muestra la desviación del programa durante la ejecución de la obra:



Figura 87: Desviación de Programa

De acuerdo con los gráficos anteriores, nos encontramos en la situación en la cual indica que se está produciendo menos y gastando más.

3.3.3.4.3. Índices de Tercer Orden

Índices de eficiencia: Los índices de eficiencia, que se muestran a continuación, son aquellos que indican si los valores de coste y programación se localizan por encima o por debajo de lo que se ha previsto.

- IRC: Índice de rendimiento de coste)
- IRP: Índice de rendimiento de programa)
- IRCP: Índice de rendimiento coste/programa)

El IRP es el índice que muestra si la producción realizada en obra está en función de lo previsto. Mientras que el IRC muestra si los pagos en obra están en función de lo previsto

En el grafico a continuación podemos ver la evolución de los mencionados índices.

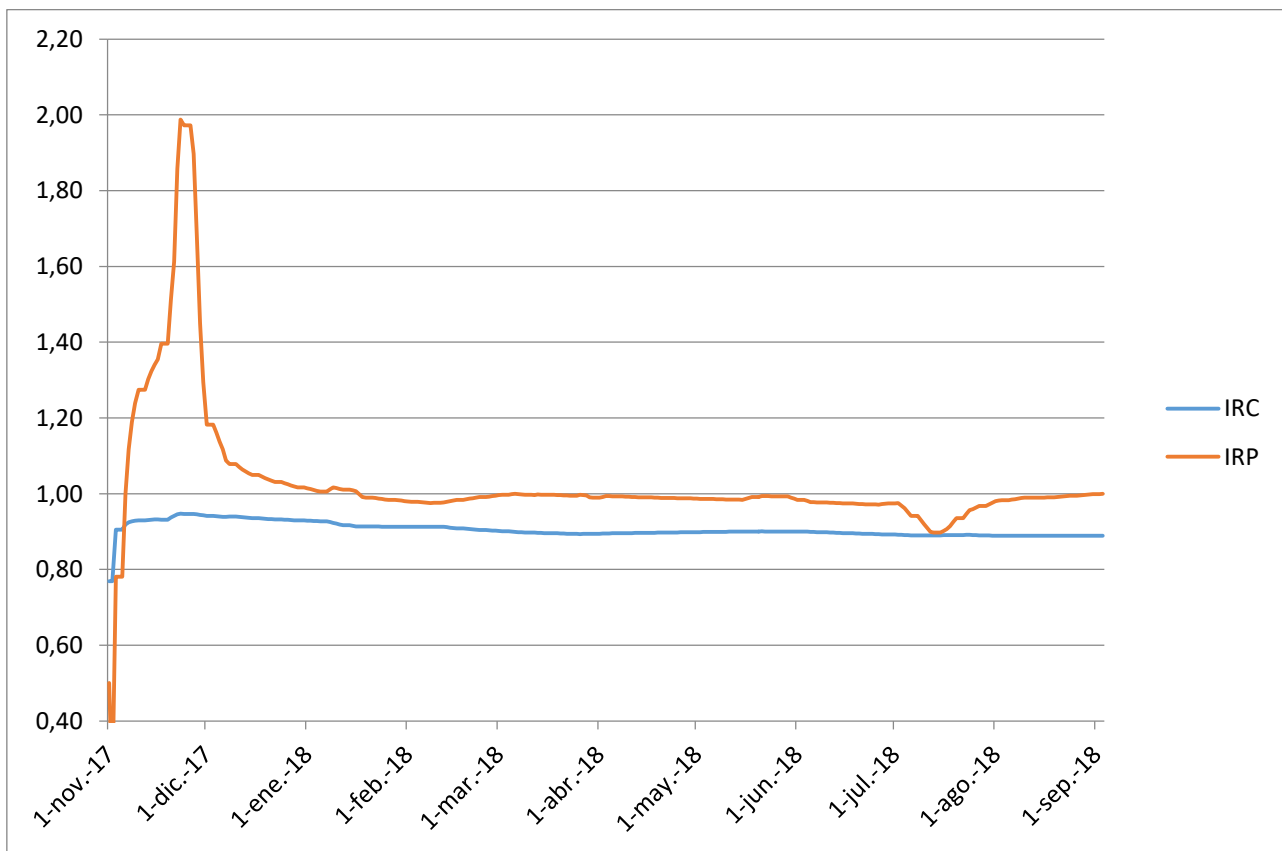


Figura 88: Índice de Rendimiento de Coste e Índice de Rendimiento de Programa

Como se puede observar el IRC siempre se encuentra sobre el 1, esto quiere decir que los pagos han sido menores a lo previsto y pueden sugerir que la producción ha disminuido como se observa entre los meses de diciembre a julio. Luego se observa como la producción repunta en el mes de noviembre hasta finales de diciembre. Además en esos meses se genera un aumento de costo de la producción ya que la línea del IRC se mantienen por debajo del 1, lo que indica que por cada euro se paga un incremento de 0.1.

En el siguiente grafico se muestra el IRCP que muestra cómo se han ido comportando los índices de coste y programa:

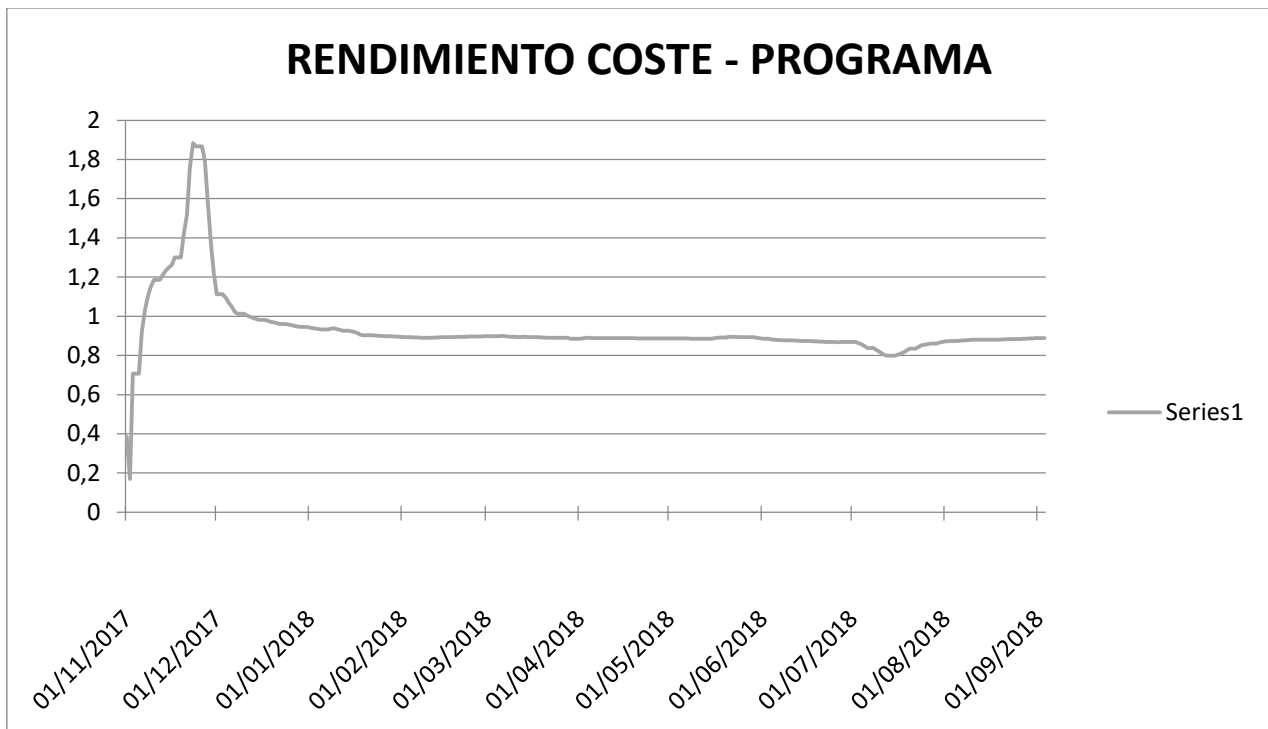


Figura 89: Rendimiento Coste-Programa

El grafico muestra que la línea de IRCP se mantiene por lo general debajo del 1 a mediados de diciembre, en promedio en un 0.9, lo que indica que nuestros costes y rendimientos se encuentran por debajo de lo previsto.

3.3.3.4.3. Índices de Tercer Orden

- ETC: Coste estimado para terminar)
- EAC: Coste estimado al terminar)
- TCPI: Índice desempeño a la terminación)
- VAC: Variación a la terminación)

Para calcular las proyecciones se sitúa el día 4 de septiembre:

ETC	- 0,00000000043655746 €
EAC	240.724,95 €
TCPI	0,94
VAC	26.819,85 €

Tabla 28: Proyecciones

El ETC es un índice que nos muestra la estimación de coste para terminar con la fase o proyecto. En este caso para terminar la actividad hace falta - 0,00000000043655746 unidades monetarias.

EAC es el índice que nos muestra el coste estimado para terminar la fase. Al ser la última actividad del proyecto el coste para terminar es el valor total del proyecto.

TCPI es el índice que indica que nuestro desempeño en dicha actividad es de 0.94 por lo que va por debajo de lo esperado.

VAC es el índice que nos muestra la variación entre lo previsto y lo real. En este caso nos muestra que el valor del proyecto va a aumentar en 26.819,85 €.

3.3.3.5. Líneas de Balance-LOB.

Para las líneas de balance (LOB) primeramente se dividirán las actividades en las zonas, tal y como aparece detallado en la tabla del anexo 12 (ANEXO 12: CÁLCULO DE LÍNEAS DE BALANCE (LOB)). Los ciclos de ejecución comienzan en la limpieza del terreno 1 (zona B), y finalizarán con pinturas y acabados (zonas PI-B1, PI-B2, y PI-B3). A partir de los datos del presupuesto, utilizando los valores de la medición, se ha elaborado la tabla dividiendo el valor en las distintas zonas.

Toda esta planificación se genera mediante herramientas de gestión óptimas que permiten un completo análisis del proyecto.

Utilizando los datos de rendimiento y equipo del presupuesto, teniendo en cuenta el día tiene 8 horas de trabajo, se han conseguido los tiempos para ejecutar cada zona y fijando la fecha de comienzo de obra el 1 de noviembre del 2017, se han obtenido las fechas de inicio y final de cada tarea.

Como se puede ver en el gráfico siguiente, las únicas actividades que tienen una evolución lineal son las de losa inclinada, instalación de fontanería y saneamiento, revestimientos de paredes y revestimientos de techos, mientras las otras tienen una tendencia segmentada para evitar interferencias. Esta distribución de la obra no es óptima porque hay áreas en las que es una superposición de las diferentes actividades. Por esta razón sería necesario cambiar los buffers para evitar interferencias y cambiar el rendimiento de alguna actividad reduciendo o aumentando el número de recursos a lo largo de la duración de la misma.

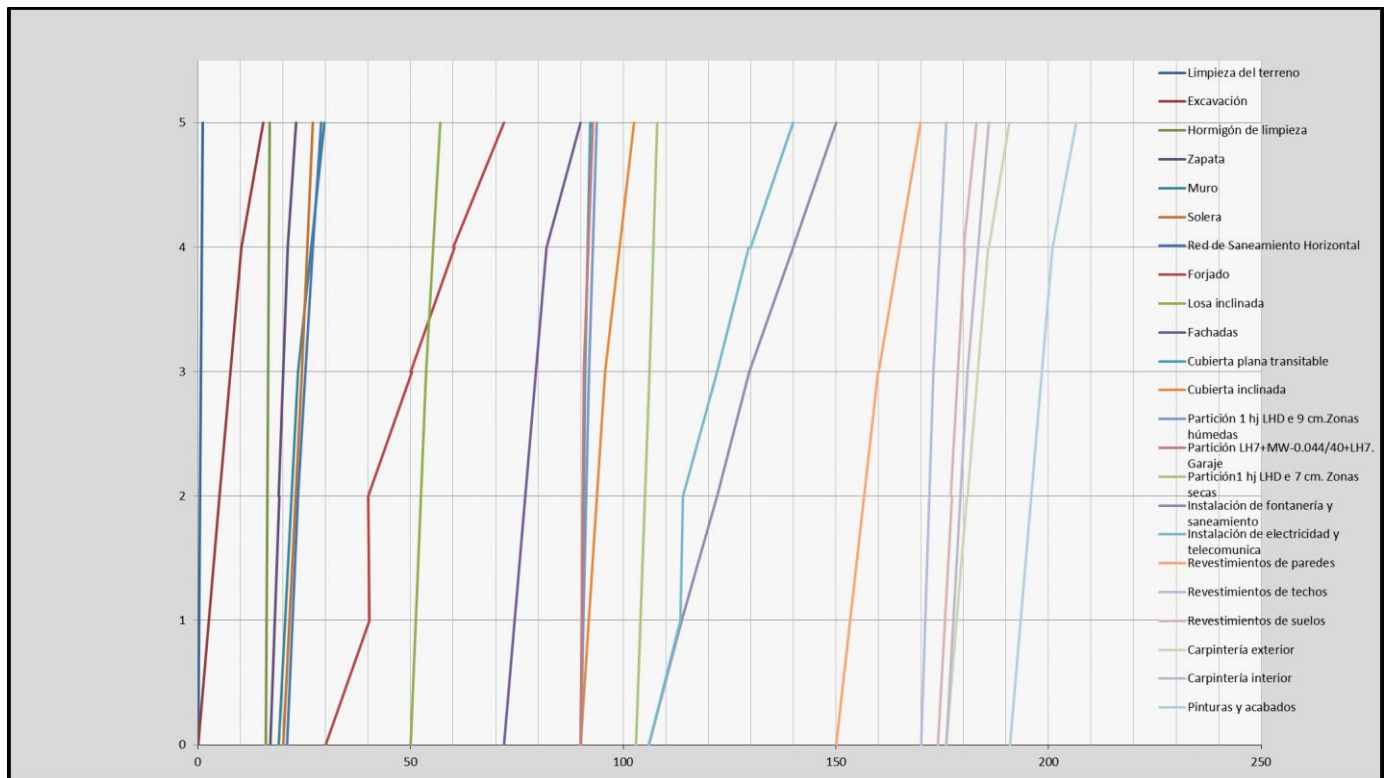


Figura 90: Diagrama de avance

3.3.4. ÁREA DE GESTIÓN DEL COSTE DEL PROYECTO.

3.3.4.1. Time-Cost Tradeoff Problem-TCTP.

Primeramente se ha desarrollado una planificación en la que se ha estimado unos valores de duraciones de la obra, habiéndolo obtenido por bases de datos del IVE y del CYPE.

Una vez hecho la planificación con duraciones estimadas, se procede al cálculo de duraciones y costes normales, asociando las actividades que se han programado inicialmente a las partidas de la obra, para así obtener el presupuesto asociado a duración normal. En la tabla siguiente se muestra más detalladamente el presupuesto asociado a la duración normal.

Para el cálculo de las duraciones normales, se ha empleado la siguiente fórmula:

$$\text{Duración} = \frac{\text{Trabajo (W)}}{\text{Rendimiento} \cdot \text{Dedicación} \cdot \text{Recursos}}$$

[12]

Dónde:

- Trabajo (W): Se ha establecido la medición de cada partida.
- Rendimiento: Para su estimación se ha optado por los rendimientos de las bases de datos, siendo estas del IVE y del CYPE, modificando alguno de ellos, considerados como erróneos.
- Dedicación: La jornada de trabajo se establece de 8 horas diarias.
- Recursos: Son el número de unidades de producción empleadas, siendo estas la maquinaria y el operario.

El importe de cada partida se ha establecido mediante el coste por unidad de medición por su cantidad de trabajo realizado.

Una vez finalizado el cálculo a modo Normal, se procede al de modo Acelerado, en la cual se ha optado por el incremento de la jornada de trabajo (Dedicación), con la pertinente repercusión del incremento de costes.

A continuación se muestra la tabla con el presupuesto asociado a la duración acelerada y a la normal:

	Unidades	Medición (W)	Partidas	Rendimiento	Dedicación	Recursos	Modo Normal			
							Duración	Coste	Importe	
MOVIMIENTO DE TIERRAS	m2	131,00	Limpieza terreno mecánico	5,0	8	3	1	1,07 €	140,17 €	
	m3	118,04	Excav medios pala c/carga	6,7	8	2	1	10,23 €	1.207,59 €	
	m3	43,70	Excav zanja medios retro	3,3	8	1	2	11,46 €	500,80 €	
	m2	141,30	Ref limp fondos medios. Zanjas y pozos.	5,9	8	3	1	5,31 €	750,30 €	
	m3	214,14	Terraplén con suelo seleccionado 105% procedente de excavación	2,6	8	2	5	7,50 €	1.606,05 €	
	m3	43,70	Relleno extendido zahorra mtrnv	10,0	8	1	1	21,39 €	934,74 €	
	m3	170,44	Terraplén con suelo seleccionado 105% procedente de cantera	10,0	8	1	2	12,09 €	2.060,62 €	
	m3	98,77	Transp tierra 10km s/carga.	3,3	8	2	2	4,23 €	417,80 €	
RED DE SANEAMIENTO HORIZONTAL	u	4,00	Arq cua PP sif 100x100cm tap rej. Arqueta sifónica.	0,5	8	1	1	215,66 €	862,64 €	
	u	4,00	Arq cua PP sif 63x63cm tap sumd. Arqueta sifónica y a pie de bajante	0,5	8	1	1	144,16 €	576,64 €	
	m	25,00	Colec ente PVC 200mm peg 50%acc	0,6	8	3	2	57,52 €	1.438,00 €	
	u	2,00	Conexión con la red general de saneamiento	0,1	8	1	2	171,99 €	343,98 €	
	m3	21,00	Excav zanjas instalaciones	5,0	8	1	1	11,46 €	240,66 €	
	m3	21,00	Relleno con tierras propias	5,0	8	1	1	5,25 €	110,25 €	
	u	2,00	Can PP c/rej 130x75 p/pluv gar	0,3	8	1	1	52,38 €	104,76 €	
	m2	65,49	HM 15 limpieza e=10 cm	10,0	8	1	1	14,19 €	929,29 €	
CIMENTACIÓN	m3	52,39	HA 25 zap B 500 S - 20 c/encf. Zanjas y Pozos	0,5	8	2	6	195,88 €	10.262,15 €	
	m2	22,60	Encachado 15 cm. de grava caliza	2,0	8	1	1	19,65 €	444,09 €	
	m3	64,70	Muro de hormigón	0,4	8	2	11	242,54 €	15.692,34 €	
	m2	22,60	Impz bit solera monopc LO-40-FP. Superficie garaje	2,0	8	1	1	10,41 €	235,27 €	
	m2	22,60	Solera HA-25/B/20/lla 15cm	0,7	8	1	4	25,07 €	566,58 €	
	m	20,10	Junta contorno sep PS alt 15	2,0	8	1	1	3,22 €	64,72 €	
	m2	300,40	Fijo unid e/e 70 cm. 25x5 bov H. Fornado PB, 1 y cubierta	0,5	8	2	41	175,34 €	52.671,43 €	
	kg	2035,00	Acero p/hormigón B 500 S ø6-16	33,3	8	2	4	1,25 €	2.543,75 €	
ESTRUCTURA	m3	1,09	HA 25 zu20x20 100kg acero B 500 S. Zunchos	0,4	8	1	1	548,58 €	597,95 €	
	m3	4,59	Pilar rectangular o cuadrado de hormigón armado	0,4	8	1	1	437,55 €	2.008,35 €	
	m3	0,68	Fábrica pilares LCP-5	1,0	8	1	1	371,08 €	252,33 €	
	m2	23,34	Losa incl HA-25 cent rev peld 20. Escalera	0,4	8	1	7	150,61 €	3.515,24 €	
	m2	223,22	1/2PieLP+LH7+ENL+XPS-0.034/40. Fachada	0,6	8	3	15	89,63 €	20.007,21 €	
	m	12,66	Vier gres extru rust 12.5x25	0,7	8	1	2	41,51 €	525,52 €	
	m	34,17	Dintel 1.40 40x20x15	1,5	8	1	3	20,52 €	701,17 €	
	m2	63,07	Partición 1 hj LHD e 7 cm. Zonas secas	0,8	8	2	5	32,22 €	2.032,12 €	
PARTICIONES	m2	37,23	Partición 1 hj LHD e 9 cm. Zonas húmedas	0,6	8	2	4	33,10 €	1.232,31 €	
	m	9,36	Formación peldaño LCH 24x11.5x7	1,4	8	1	1	11,29 €	105,63 €	
	m2	13,23	Partición LH7+MW-0.044/40+LH7 sin rev. Garaje	0,6	8	1	3	48,52 €	641,92 €	
	m	66,50	Can vis PVC circ des25 70%acc	2,5	8	2	2	12,70 €	844,55 €	
	m2	129,10	Tej tabl alig tab machh tej cur	0,5	8	3	11	69,65 €	8.991,82 €	
	m2	21,61	Cub HC PA-7 XPS50 c/pav fijo	0,6	8	2	2	95,04 €	2.053,81 €	
	m2	177,86	Rev tend pic mcto 1capa e>8mm	1,3	8	3	6	20,36 €	3.621,23 €	
	m2	42,62	Chapado pie Colmenar e/18 pu	1,1	8	2	2	69,62 €	2.967,20 €	
REVESTIMIENTOS DE PAREDES	m2	271,64	Guam-enl y YG/L/s/maes vert	1,3	8	3	9	21,84 €	5.932,62 €	
	m2	73,04	Alic 15x15 MC jnt min L	0,8	8	2	6	31,43 €	2.295,65 €	
	m2	27,61	Gres 20x20 MC jnt min L. Zonas húmedas	0,8	8	2	2	79,59 €	2.197,48 €	
	m2	139,85	Gres 20x20 MC jnt min L. Zonas secas	0,6	8	3	9	79,59 €	11.130,66 €	
	REVESTIMIENTOS DE TECHOS	m2	119,45	Falso techo escy lisa 100x60	1,3	8	2	6	24,09 €	2.877,55 €
		u	3,00	Vent ab 2hj 150x120	0,1	8	2	2	410,72 €	1.232,16 €
		u	1,00	Vent ab 2hj 200x120 fj lat 40	0,4	8	1	1	445,78 €	445,78 €
		u	1,00	Vent ab 2hj 100x120	0,4	8	1	1	389,39 €	389,39 €
u		1,00	Vent ab 2hj 300x210 2fj lat 60	0,4	8	1	1	648,37 €	648,37 €	
u		3,00	Vent ab 2hj 80x120	0,2	8	2	3	370,56 €	1.111,68 €	
u		1,00	Vent ab 2hj 200x210 fj lat 40	0,4	8	1	1	455,29 €	455,29 €	
u		1,00	Vent ab 2hj 250x210 fj lat 70	0,4	8	1	1	610,04 €	610,04 €	
CARPINTERÍA EXTERIOR	u	1,00	Vent ab 2hj 150x210	0,4	8	1	1	520,49 €	520,49 €	
	u	1,00	Vent ab 2hj 130x210	0,4	8	1	1	510,39 €	510,39 €	
	u	1,00	Block de puerta acorazada normalizada, de madera	0,4	8	1	1	809,26 €	809,26 €	
	u	1,00	Prta crra 2hj 260x225 fj lat 40	0,4	8	1	1	800,02 €	800,02 €	
	u	2,00	Prta ab 2hj 160x210 fj lat 40	0,4	8	1	1	400,53 €	801,06 €	
	u	7,00	Prta ab ch roble 1 hj-90	0,4	8	2	5	620,35 €	4.342,45 €	
	u	1,00	Prta ab ch roble 2 hj-125	0,4	8	1	1	535,27 €	535,27 €	
	u	1,00	Prta crra ch roble 1hj 120 enf	0,4	8	1	1	782,99 €	782,99 €	
CARPINTERÍA INTERIOR	u	3,00	Fren lis 2300x3060-1hj roble	0,2	8	1	2	246,22 €	738,66 €	
	u	1,00	Fren lis 2300x1890-1hj roble	0,2	8	1	1	245,30 €	245,30 €	
	m	15,00	Baj cir PVC Ø110mm JP 50%acc. Bajante Pluvial	0,6	8	1	3	30,43 €	456,45 €	
	m	15,00	Baj eva PVC sr-B DN160mm 60%acc. Bajante Residual	0,6	8	1	3	27,80 €	417,00 €	
	m	15,00	Aisl acus bajante ø 110 mm	3,3	8	1	1	11,26 €	168,90 €	
	m	15,00	Aisl acus bajante ø 160 mm	3,3	8	1	1	11,83 €	177,45 €	
	u	9,00	Sumidero sifónico VØ40 PP	0,8	8	1	1	15,44 €	138,96 €	
	u	1,00	Acometida <15m Ø50mm	-	8	2	5	913,41 €	913,41 €	
INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO	u	2,00	Descalcificador ECOWATER ESM 42HTE	0,3	8	1	1	2.334,27 €	4.668,54 €	
	u	1,00	Ins coc tb Cu desg ø40mm	-	9	1	6	1.117,87 €	1.117,87 €	
	u	2,00	Arm pol conve prev cont ag fr ø30mm	0,3	10	1	3	164,45 €	328,90 €	
	u	2,00	Ins bñ compl tb Cu desg ø40mm	-	8	3	8	934,01 €	1.868,02 €	
	u	3,00	Valv bola Br ø1 1/4" PE/PE	-	8	1	1	67,34 €	202,02 €	
	u	2,00	Valv bola Br ø1" PE/PE	-	8	1	1	52,66 €	105,32 €	
	u	3,00	Ll paso 1/2" estándar	-	8	1	1	8,90 €	26,70 €	
	u	2,00	Ll paso 3/4" estándar	-	8	1	1	11,58 €	23,16 €	
INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	u	2,00	Válvula de retención clapeta latón ø 1 1/4"	-	8	1	1	14,06 €	28,12 €	
	u	2,00	Filtro roscado PN 16, Ø 1 1/4"	-	8	1	1	55,43 €	110,86 €	
	m	36,33	Canlz vista cobre ø22mm 40%acc	0,4	8	1	6	15,39 €	559,12 €	

							Modo Normal		
	Unidades	Medición (W)	Partidas	Rendimiento	Dedicación	Recursos	Duración	Coste	Importe
INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD	u	2,00	CGPM esquema 10 250/40 A viv uf	0,8	8	1	1	506,53 €	1.013,06 €
	u	1,00	Ins el salón-comedor viv 9.2kW	-	8	2	3	682,94 €	682,94 €
	u	1,00	Ins el dorm ppal viv 9.2kW	-	8	2	3	592,36 €	592,36 €
	u	2,00	Ins el dorm viv 9.2kW	-	8	2	3	472,13 €	944,26 €
	u	2,00	Ins el vestíbulo viv 9.2kW	-	8	2	3	229,19 €	458,38 €
	u	2,00	Ins el baño viv 9.2kW	-	8	2	3	177,84 €	355,68 €
	u	2,00	Ins el pasillo viv 9.2kW	-	8	2	3	367,59 €	735,18 €
	u	1,00	Ins el cocina viv 9.2kW	-	8	2	3	689,29 €	689,29 €
	u	2,00	Ins el terraza viv 9.2kW	-	8	2	3	124,53 €	249,06 €
	u	1,00	Ins el garaje viv 9.2kW	-	8	2	3	262,38 €	262,38 €
	u	1,00	Cdro gnal distr EE AA+seca	-	8	2	1	1.318,70 €	1.318,70 €
	u	1,00	Cdro principal entrada a vivienda	-	8	2	1	178,76 €	178,76 €
	u	4,00	Piqueta PT ø14mm lg=1.5m	-	8	2	1	14,07 €	56,28 €
	u	4,00	Aprietacables p/cable tierra	-	8	2	1	5,40 €	21,60 €
	u	20,00	Conductor puesta tierra	-	8	2	1	10,22 €	204,40 €
	m	13,00	Lín ppal tierra aisl 16mm2 ø25mm	-	8	2	2	6,18 €	80,34 €
	u	10,00	Lum. Downlight Vulcano 2.1 BL 35W	-	8	2	1	45,56 €	455,60 €
	u	8,00	Lum. Downlight Vulcano 3.1 BL 60W	-	8	2	1	64,60 €	516,80 €
	u	2,00	Lum. Tira leds RGB IPE 67 con mando a distancia	-	8	2	1	300,01 €	600,02 €
	u	2,00	Lum. Lineal empotrado FIBERLIGHT mod. ASOS 3 m ; 30 w/m	-	8	2	1	521,58 €	1.043,16 €
u	2,00	Arq registro alum ext tapa fund	-	8	2	1	120,27 €	240,54 €	
u	2,00	Arqueta conexión tierra 3øx50x25	-	8	2	1	135,84 €	271,68 €	
INSTALACIÓN DE COMUNICACIONES	u	1,00	Grupo ant p/ins indiv UHF+VHF+FM	-	8	2	2	454,23 €	454,23 €
	u	1,00	Toma de RTV 6m	-	8	2	1	19,19 €	19,19 €
	u	2,00	Armario de telecomunicaciones ext	-	8	2	1	456,93 €	913,86 €
	u	2,00	Armario de telecomunicaciones int	-	8	2	1	1.424,28 €	2.848,56 €
	u	2,00	Armario de telecomunicaciones int auxiliar	-	8	2	1	72,79 €	145,58 €
PINTURAS	u	3,00	Ins tf indiv 2 tomas a 10m	-	8	2	4	27,16 €	81,48 €
	m2	119,45	Pint plast acrl lis int hrz bl	0,5	8	2	16	4,99 €	596,06 €
VIDRIOS Y VARIOS	m2	271,64	Pint plast vin lis int vert bl	0,5	8	5	14	4,99 €	1.355,48 €
	m2	25,10	Db acris inc 4-6-4	0,5	8	2	3	39,20 €	983,92 €
								TOTAL	213.905,18 €

Tabla 29: Cálculo de Duraciones y Costes. Modo Normal

	Unidades	Medición (W)	Partidas	Dedicación	Recursos	Modo Acelerado		
						Duración	Coste	Importe
MOVIMIENTO DE TIERRAS	m2	131,00	Limpieza terreno mecánico	10	4	1	1,71 €	223,71 €
	m3	118,04	Excav medios pala c/carga	10	3	1	14,20 €	1.676,14 €
	m3	43,70	Excav zanjas medios retro	10	1	1	15,91 €	695,11 €
	m2	141,30	Ref limp fondos medios. Zanjas y pozos.	10	3	1	7,01 €	990,40 €
	m3	214,14	Terraplén con suelo seleccionado 105% procedente de excavación	10	3	3	9,90 €	2.119,99 €
	m3	43,70	Relleno extendido zahorra mtnv	10	1	1	28,23 €	1.233,86 €
	m3	170,44	Terraplén con suelo seleccionado 105% procedente de cantera	10	1	2	15,96 €	2.720,02 €
	m3	98,77	Transp tierra 10km s/carga.	10	3	1	5,58 €	551,49 €
RED DE SANEAMIENTO HORIZONTAL	u	4,00	Arq cua PP sif 100x100cm tap rej. Arqueta sifónica.	10	2	1	284,67 €	1.138,68 €
	u	4,00	Arq cua PP sif 63x63cm tap sumd. Arqueta sifónica y a pie de bajante	10	1	1	190,29 €	761,16 €
	m	25,00	Colec ente PVC 200mm peg 50%acc	10	4	1	75,93 €	1.898,16 €
	u	2,00	Conexión con la red general de saneamiento	10	1	1	227,03 €	454,05 €
	m3	21,00	Excav zanjas instalaciones	10	1	1	15,13 €	317,67 €
	m3	21,00	Relleno con tierras propias	10	1	1	6,93 €	145,53 €
	u	2,00	Can PP c/rej 130x75 p/pluv gar	10	1	1	69,14 €	138,28 €
	m2	65,49	HM 15 limpieza e=10 cm	10	2	1	17,03 €	1.115,15 €
CIMENTACIÓN	m3	52,39	HA 25 zap B 500 S - 20 c/encf. Zanjas y Pozos	10	2	5	258,56 €	13.546,04 €
	m2	22,60	Encachado 15 cm. de grava caliza	10	1	1	25,94 €	586,20 €
	m3	64,70	Muro de hormigón	10	3	6	320,15 €	20.713,89 €
	m2	22,60	Impz bit solera monopc LO-40-FP. Superficie garaje	10	1	1	13,74 €	310,55 €
	m2	22,60	Solera HA-25/B/20/Ila 15cm	10	1	3	33,09 €	747,89 €
	m	20,10	Junta contorno sep PS alt 15	10	1	1	4,25 €	85,43 €
	m2	300,40	Fjdo unid e/e 70 cm. 25+5 bov H. Formado PB, 1 y cubierta	10	3	22	231,45 €	69.526,29 €
	kg	2035,00	Acero p/hormigón B 500 S ø6-16	10	2	3	1,65 €	3.357,75 €
ESTRUCTURA	m3	1,09	HA 25 zu20x20 100Kg acero B 500 S. Zunchos	10	1	1	724,13 €	789,30 €
	m3	4,59	Pilar rectangular o cuadrado de hormigón armado	10	1	1	577,57 €	2.651,03 €
	m3	0,68	Fábrica pilares LCP-5	10	1	1	489,83 €	333,08 €
	m2	23,34	Losa incl HA-25 cent rev peld 20. Escalera	10	2	4	198,81 €	4.640,11 €
	m2	223,22	1/2pieLP+LH7+ENL+XPS-0.034/40. Fachada	10	4	9	118,31 €	26.409,52 €
	m	12,66	Vier gres extru rust 12.5x25	10	1	2	54,79 €	693,68 €
	m	34,17	Dintel 1.40 40x20x15	10	1	2	27,09 €	925,54 €
	m2	63,07	Partición 1 hj LHD e 7 cm. Zonas secas	10	3	3	42,53 €	2.682,39 €
PARTICIONES	m2	37,23	Partición 1 hj LHD e 9 cm. Zonas húmedas	10	3	3	43,69 €	1.626,65 €
	m	9,36	Formación peldaño LCH 24x11.5x7	10	1	1	14,90 €	139,43 €
	m2	13,23	Partición LH7+MW-0.044/40+LH7 sin rev. Garaje	10	1	2	64,05 €	847,33 €
	m	66,50	Can vis PVC circ des25 70%acc	10	3	1	16,76 €	1.114,81 €
	m2	129,10	Tej tabl alig tab machh tej cur	10	3	9	91,94 €	11.869,20 €
	m2	21,61	Cub HC PA-7 XPS50 c/pav fijo	10	2	1	125,45 €	2.711,04 €
	m2	177,86	Rev tend pic mcto 1capa e>8mm	10	3	5	26,88 €	4.780,02 €
	m2	42,62	Chapado pie Colmenar e/18 pu	10	3	1	91,90 €	3.916,71 €
REVESTIMIENTOS DE PAREDES	m2	271,64	Guarn-enl y YG/L s/maes vert	10	3	7	28,83 €	7.831,06 €
	m2	73,04	Alic 15x15 MC jnt min L	10	3	3	41,49 €	3.030,25 €
	m2	27,61	Gres 20x20 MC jnt min L. Zonas húmedas	10	3	1	105,06 €	2.900,67 €
	m2	139,85	Gres 20x20 MC jnt min L. Zonas secas	10	3	7	105,06 €	14.692,47 €
REVESTIMIENTOS DE TECHOS	m2	119,45	Falso techo escy lisa 100x60	10	3	3	31,80 €	3.798,37 €
CARPINTERÍA EXTERIOR	u	3,00	Vent ab 2hj 150x120	10	2	3	542,15 €	1.626,45 €
	u	1,00	Vent ab 2hj 200x120 fj lat 40	10	1	1	588,43 €	588,43 €
	u	1,00	Vent ab 2hj 100x120	10	1	1	513,99 €	513,99 €
	u	1,00	Vent ab 2hj 300x210 2fj lat 60	10	1	1	855,85 €	855,85 €
	u	3,00	Vent ab 2hj 80x120	10	2	1	489,14 €	1.467,42 €
	u	1,00	Vent ab 2hj 200x210 fj lat 40	10	1	1	600,98 €	600,98 €
	u	1,00	Vent ab 2hj 250x210 fj lat 70	10	1	1	805,25 €	805,25 €
	u	1,00	Vent ab 2hj 150x210	10	1	1	687,05 €	687,05 €
	u	1,00	Vent ab 2hj 130x210	10	1	1	673,71 €	673,71 €
	u	1,00	Block de puerta acorazada normalizada, de madera	10	1	1	1.068,22 €	1.068,22 €
	u	1,00	Prta crra 2hj 260x225 fj lat 40	10	1	1	1.056,03 €	1.056,03 €
	u	2,00	Prta ab 2hj 160x210 fj lat 40	10	1	1	528,70 €	1.057,40 €
	u	7,00	Prta ab ch roble 1 hj-90	10	2	2	818,86 €	5.732,03 €
CARPINTERÍA INTERIOR	u	1,00	Prta ab ch roble 2 hj-125	10	1	1	706,56 €	706,56 €
	u	1,00	Prta crra ch roble 1hj 120 enf	10	1	1	1.033,55 €	1.033,55 €
	u	3,00	Fren lis 2300x3060-1hj roble	10	1	2	325,01 €	975,03 €
	u	1,00	Fren lis 2300x1890-1hj roble	10	1	1	323,80 €	323,80 €
	m	15,00	Baj cir PVC ø110mm JP 50%acc. Bajante Pluvial	10	1	2	40,17 €	602,51 €
	m	15,00	Baj eva PVC sr-B DN160mm 60%acc. Bajante Residual	10	1	2	36,70 €	550,44 €
	m	15,00	Aisl acus bajante ø 110 mm	10	1	1	14,86 €	222,95 €
	m	15,00	Aisl acus bajante ø 160 mm	10	1	1	15,62 €	234,23 €
INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO	u	9,00	Sumidero sifónico Vø40 PP	10	1	1	20,38 €	183,43 €
	u	1,00	Acometida <15m ø50mm	10	3	5	1.205,70 €	1.205,70 €
	u	2,00	Descalcificador ECOWATER ESM 42HTE	10	1	1	3.081,24 €	6.162,47 €
	u	1,00	Ins coc tb Cu desg ø40mm	10	2	5	1.475,59 €	1.475,59 €
	u	2,00	Arm pol conve prev cont ag fr ø30mm	10	1	1	217,07 €	434,15 €
	u	2,00	Ins bñ compl tb Cu desg ø40mm	10	4	7	1.232,89 €	2.465,79 €
	u	3,00	Valv bola Br ø1 1/4" PE/PE	10	1	2	88,89 €	266,67 €
	u	2,00	Valv bola Br ø1" PE/PE	10	1	1	69,51 €	139,02 €
	u	3,00	L paso 1/2" estándar	10	1	1	11,75 €	35,24 €
	u	2,00	L paso 3/4" estándar	10	1	1	15,29 €	30,57 €
	u	2,00	Válvula de retención clapeta latón ø 1 1/4"	10	1	1	18,56 €	37,12 €
	u	2,00	Filtro roscado PN 16, ø 1 1/4"	10	1	1	73,17 €	146,34 €
	m	36,33	Canlz vista cobre ø22mm 40%acc	10	2	5	20,31 €	738,04 €

	Unidades	Medición (W)	Partidas	Dedicación	Recursos	Modo Acelerado		
						Duración	Coste	Importe
INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD	u	2,00	CGPM esquema 10 Z50/40 A viv uf	10	2	1	668,62 €	1.337,24 €
	u	1,00	Ins el salón-comedor viv 9.2kW	10	2	2	901,48 €	901,48 €
	u	1,00	Ins el dorm ppal viv 9.2kW	10	2	2	781,92 €	781,92 €
	u	2,00	Ins el dorm viv 9.2kW	10	2	2	623,21 €	1.246,42 €
	u	2,00	Ins el vestíbulo viv 9.2kW	10	2	2	302,53 €	605,06 €
	u	2,00	Ins el baño viv 9.2kW	10	2	2	234,75 €	469,50 €
	u	2,00	Ins el pasillo viv 9.2kW	10	2	2	485,22 €	970,44 €
	u	1,00	Ins el cocina viv 9.2kW	10	2	2	909,86 €	909,86 €
	u	2,00	Ins el terraza viv 9.2kW	10	2	2	164,38 €	328,76 €
	u	1,00	Ins el garaje viv 9.2kW	10	2	2	346,34 €	346,34 €
	u	1,00	Cdro gnal distr EE AA+seca	10	2	1	1.740,68 €	1.740,68 €
	u	1,00	Cdro principal entrada a vivienda	10	2	1	235,96 €	235,96 €
	u	4,00	Piqueta PT ø14mm lg=1.5m	10	2	1	18,57 €	74,29 €
	u	4,00	Aprietacables p/cable tierra	10	2	1	7,13 €	28,51 €
	m	20,00	Conductor puesta tierra	10	2	1	13,49 €	269,81 €
	m	13,00	Lín ppal tierra aisl 16mm2 ø25mm	10	2	1	8,16 €	106,05 €
	u	10,00	Lum. Downlight Vulcano 2.1 BL 35W	10	2	1	60,14 €	601,39 €
	u	8,00	Lum. Downlight Vulcano 3.1 BL 60W	10	2	1	85,27 €	682,18 €
	u	2,00	Lum. Tira leds RGB IPE 67 con mando a distancia	10	2	1	396,01 €	792,03 €
	u	2,00	Lum. Lineal empotrado FIBERLIGHT mod. ASOS 3 m ; 30 w/m	10	2	1	688,49 €	1.376,97 €
u	2,00	Arq registro alum ext tapa fund	10	2	1	158,76 €	317,51 €	
u	2,00	Arqueta conexión tierra 38x50x25	10	2	1	179,31 €	358,62 €	
u	1,00	Grupo ant p/ins indv UHF+VHF+FM	10	2	1	599,58 €	599,58 €	
u	1,00	Toma de RTV 6m	10	2	1	25,33 €	25,33 €	
INSTALACIÓN DE COMUNICACIONES	u	2,00	Armario de telecomunicaciones ext	10	2	1	603,15 €	1.206,30 €
	u	2,00	Armario de telecomunicaciones int	10	2	1	1.880,05 €	3.760,10 €
	u	2,00	Armario de telecomunicaciones int auxiliar	10	1	1	96,08 €	192,17 €
	u	3,00	Ins tf indv 2 tomas a 10m	10	2	3	35,85 €	107,55 €
	m2	119,45	Pint plast acrl lis int hrz bl	10	3	8	6,59 €	786,79 €
PINTURAS	m2	271,64	Pint plast vin lis int vert bl	10	3	10	6,59 €	1.789,24 €
	m2	25,10	Db acris inc 4-6-4	10	2	2	51,74 €	1.298,77 €
VIDRIOS Y VARIOS								
							TOTAL	282.383,00 €

Tabla 30: Cálculo de Duraciones y Costes. Modo Acelerado

Por último se procede a utilizar la herramienta SOLVER de Excel para determinar los tiempos de duración óptima para minimizar el coste de producción, obteniendo un coste de producción de 213.905,10 Euros y un Makespan de 207 días.

	Da	Dn	Ca	Cn	Dp	Cp		
Limpieza del terreno	1	2	221,73 €	140,17 €	2	140,17		
Excavación	9	15	9.987,01 €	7.477,83 €	15	7.477,83		
Hormigón de limpieza	1	2	1.115,15 €	929,29 €	2	929,29	makespan	207
Zapata	5	6	13.546,04 €	10.262,15 €	6	10.262,15	t	207
Solera	6	7	1.730,07 €	1.310,66 €	7	1.310,66		
Muro	6	11	20.713,89 €	15.692,34 €	11	15.692,34		
Red de Saneamiento horizontal	6	9	4.853,55 €	3.676,93 €	9	3.676,93		
Forjado	28	42	76.657,45 €	58.073,83 €	42	58.073,83		
Losa inclinada	4	7	4.640,11 €	3.515,24 €	7	3.515,24		
Fachadas	13	18	28.028,74 €	21.233,89 €	18	21.233,89		
Cubierta inclinada	10	13	12.984,00 €	9.836,37 €	13	9.836,37		
Cubierta plana transitable	1	2	2.711,04 €	2.053,81 €	2	2.053,81		
Partición 1 hj LHD e 9 cm.Zonas húmedas	3	4	1.626,65 €	1.232,31 €	4	1.232,31		
Partición LH7+MW-0.044/40+LH7 sin re. Garaje	2	3	847,33 €	641,92 €	3	641,92		
Partición1 hj LHD e 7 cm. Zonas secas	4	5	2.821,82 €	2.137,74 €	5	2.137,74		
Instalación de fontanería y saneamiento	37	44	14.930,25 €	11.310,80 €	44	11.310,80		
Instalación de electricidad y telecomunicaciones	25	34	20.372,05 €	15.433,37 €	34	15.433,37		
Revestimientos de paredes	15	20	19.558,04 €	14.816,70 €	20	14.816,70		
Revestimientos de techos	3	6	3.798,37 €	2.887,55 €	6	2.887,55		
Revestimientos de suelos	7	9	17.593,15 €	13.328,14 €	9	13.328,14		
Carpintería exterior	11	15	11.000,79 €	8.333,93 €	15	8.333,93		
Carpintería interior	7	10	8.770,96 €	6.644,67 €	10	6.644,67		
Pinturas y acabados	12	16	3.874,81 €	2.935,46 €	16	2.935,46		
							213.905,10	Coste Prod

Tabla 31: Tiempos de duración óptima para minimizar el coste de producción

3.3.5. ÁREA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL PROYECTO.

3.3.5.1. Herramientas Básicas de la Calidad.

Dentro de esta Área de Gestión de la Calidad, se procede al análisis de un proceso, siendo éste la ejecución del forjado de la planta primera de la vivienda.

Para el análisis del proceso se emplea una de las Herramientas Básicas de Calidad, el Diagrama de Espina de Pez o Diagrama de Ishikawa, el cual se usa para reunir en una gráfica todas las causas posibles de un problema. Los pasos más a seguir para el desarrollo del diagrama son: Definir y determinar con claridad el problema o efecto, identificar los factores o causas que originan el efecto, la representación del diagrama y el análisis de las relaciones causa-efecto.

A continuación se muestra el diagrama detallado:

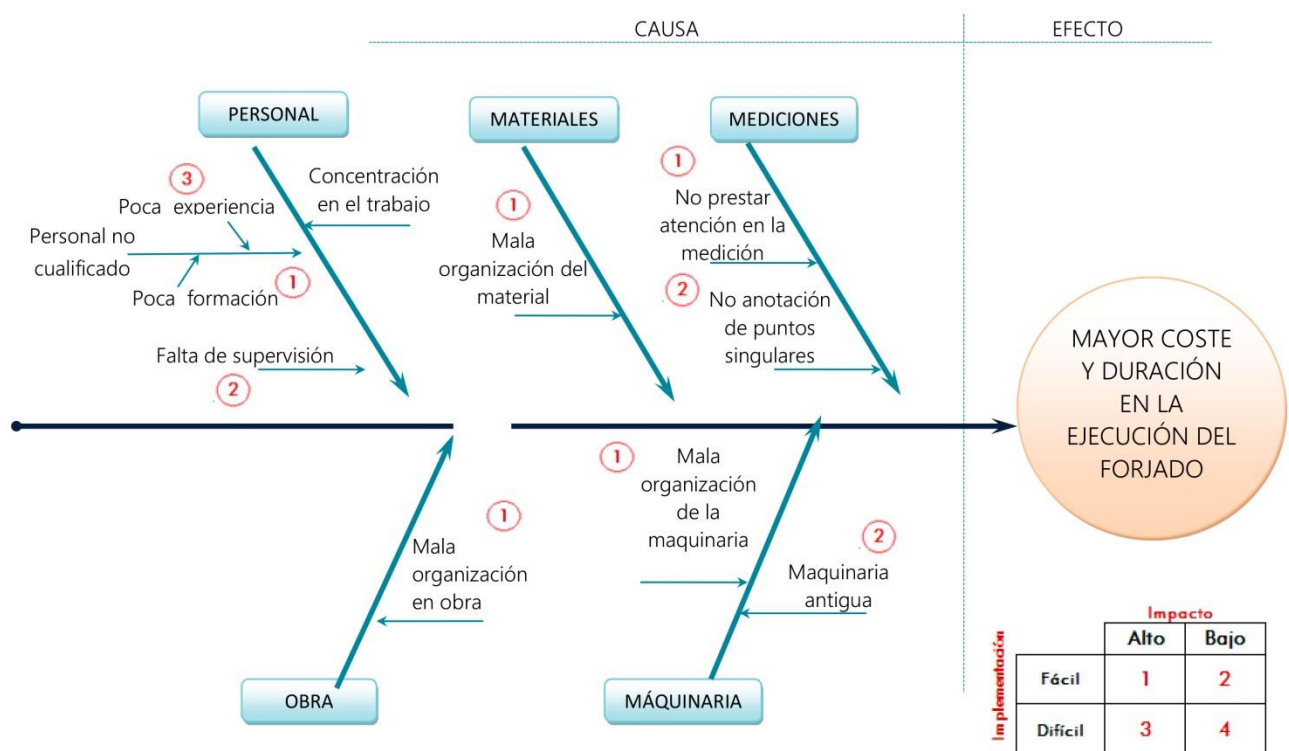


Figura 91: Diagrama de Ishikawa

Como se puede observar, uno de los mayores problemas surgidos ha sido mala organización en obra. Para poder solucionarlo, en los apartados siguientes se emplearán dos herramientas LEAN, las 5S y el Value Stream Mapping.

3.3.5.2. Herramientas Lean. Aplicación del VALUE STREAM MAPPING y 5S.

En este apartado se va a analizar la situación actual del proceso anteriormente mencionado (la ejecución del forjado de la 1ª planta). Las actividades a realizar para este proceso son:

- Replanteo.
- Encofrado
- Colocación de viguetas y bovedillas.
- Colocación de armado.
- Colocación de mallazo.
- Hormigonado.
- Desencofrado.

Una vez expuestas las actividades del proceso, se procede a medir el tiempo de cada una de ellas. Después de haber medido todos los tiempos se procede al cálculo de los Costes, tanto para el Tiempo de Ciclo (TC) como para el Tiempo Efectivo. Para su cálculo se ha considerado lo que costaría realizar dicha actividad, siendo su coste por hora de 172,83 €.

Todos los cálculos se muestran a continuación.

ACTIVIDAD	TOMA DE DATOS DEL PROCESO					
	TIEMPO	TC	Tiempo efectivo	COSTE	COSTE TC	Coste Tiempo efectivo
Replanteo	3,00	3,00	3,00	518,49 €	518,49 €	518,49 €
Tiempo espera	0,50	0,50	0,50	86,42 €	86,42 €	86,42 €
Encofrado	18,00	18,00	18,00	3.110,94 €	3.110,94 €	3.110,94 €
Tiempo espera	0,50	0,50	0,50	86,42 €	86,42 €	86,42 €
Colocación de viguetas y bovedillas	8,00	8,00	8,00	1.382,64 €	1.382,64 €	1.382,64 €
Tiempo espera	1,00	1,00	1,00	172,83 €	172,83 €	172,83 €
Colocación de armado	19,00	19,00	19,00	3.283,77 €	3.283,77 €	3.283,77 €
Tiempo espera	0,50	0,50	0,50	86,42 €	86,42 €	86,42 €
Colocación de mallazo	11,00	11,00	11,00	1.901,13 €	1.901,13 €	1.901,13 €
Tiempo espera	0,50	0,50	0,50	86,42 €	86,42 €	86,42 €
Hormigonado	3,00	3,00	3,00	518,49 €	518,49 €	518,49 €
Tiempo espera	8,00	8,00	8,00	1.382,64 €	1.382,64 €	1.382,64 €
Desencofrado	10,00	10,00	10,00	1.728,30 €	1.728,30 €	1.728,30 €
TOTAL	83,00	83,00	83,00	14.344,89 €	14.344,89 €	14.344,89 €

COSTE (€/h)	172,83 €
--------------------	-----------------

Tabla 32: Toma de datos del Proceso Ejecución de un Forjado. VSM-Situación Actual

En el anexo 13 (ANEXO 13: VALUE STREAM MAPPING-SITUACIÓN ACTUAL) se muestra el Mapeado del Proceso de la situación actual.

Una vez analizado el proceso mediante el Value Stream Mapping, se plantea la utilización de la herramienta de las 5S, para poder reducir tanto en coste como en el proceso de la ejecución del forjado. A continuación se muestra la explicación de cada una de las etapas con los procedimientos a seguir:

CLASIFICAR:

En primer lugar se clasificarán los materiales que se van a utilizar mediante colores:

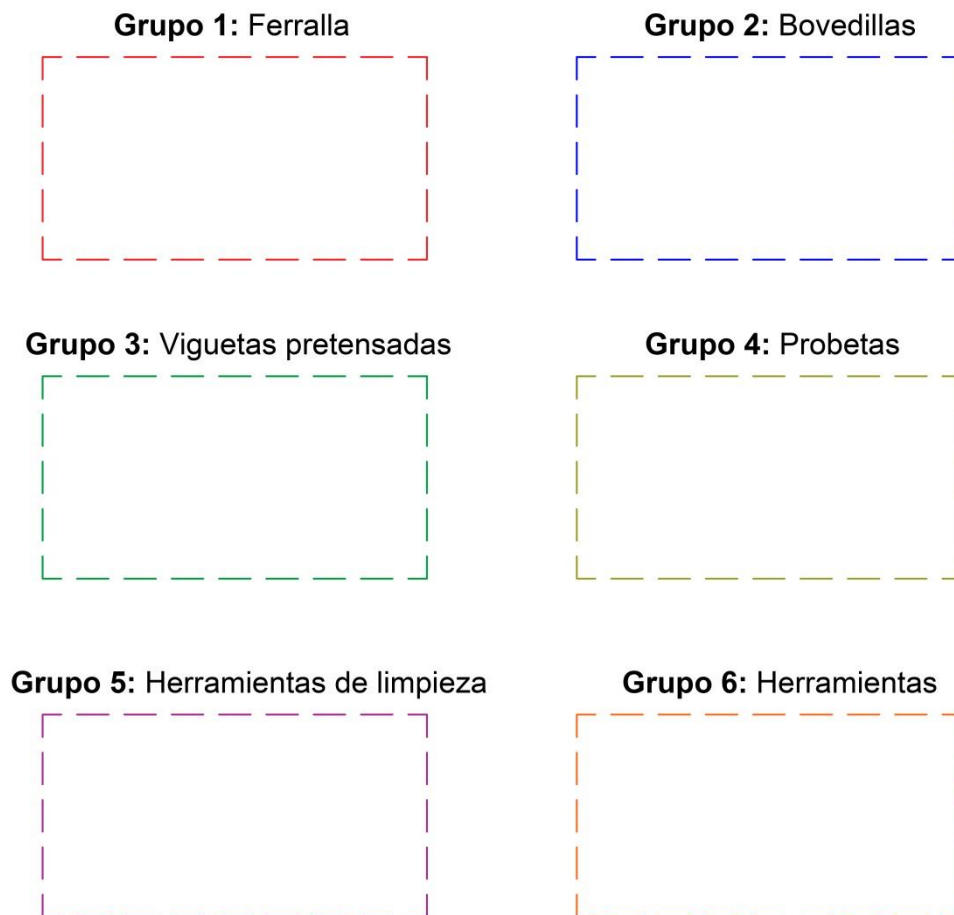


Figura 92: Clasificación de los materiales. 5S-Clasificar

La dimensión de la zona será establecida entre todos los intervinientes de las actividades expuestas anteriormente. Estarán delimitadas con cinta en el suelo del color acorde al grupo de material correspondiente.

ORGANIZAR.

Se organizarán cada uno de los grupos de acopios de la siguiente forma:



Figura 93: Organización de los grupos de acopios

En primer lugar, habrá una zona destinada a los acopios de todos los medios auxiliares que se vayan a utilizar (Medios auxiliares + acopios, ver **ANEXO 13.1: APLICACIÓN DE LAS 5S**). Esta zona es por tanto una zona de acopio general y sólo para medios auxiliares como las herramientas, las cuales estarán colocadas en un panel dibujadas sus siluetas en el mismo para de una forma visual ver qué herramienta falta.

En relación a los grupos de acopios (1, 2, 3, 4,5 y 6), estarán situados al lado de la zona de trabajo, teniendo a su vez una zona de taller para ejecutar los trabajos.

LIMPIEZA

Para conseguir una buena organización, es necesario garantizar que esa zona tenga los menores residuos posibles. Por ello, una vez terminada cada tarea, con el respectivo responsable, se realizarán los trabajos de limpieza en la zona de actuación. Estos residuos dispondrán de un carro móvil por zona y planta, y serán trasladados a la zona de clasificación de escombros.

ESTANDARIZAR

La última media hora de cada jornada laboral, se dedicarán a reordenar las zonas de acopios y recoger los escombros para dejar la zona de los tajos limpias para comenzar al día siguiente. Se asignarán responsables de la siguiente forma:

Responsable	Actividad relacionada
Responsable 1	Replanteo del forjado
Responsable 2	Encofrado
Responsable 3	Colocación de viguetas y bovedillas
Responsable 4	Colocación de armado
Responsable 5	Colocación de mallazo
Responsable 6	Hormigonado
Responsable 7	Desencofrado

Tabla 33: Asignación de responsables a actividad

En la entrada del edificio se colocará un panel donde constará; la obra en la que se está trabajando, el lema de la empresa, un plano de las zonas establecidas, una sección y una tabla con las tareas a realizar, sus responsables y una columna de observaciones donde se colocarán unas pegatinas de tres colores que serán el azul (bien), verde (regular) y rojo (grave).

DISCIPLINA

A la vez que se vaya desarrollando la obra, las fichas mencionadas se irán rellenando de manera lógica al desarrollo del trabajo, además se enseñará a mantener el orden preestablecido y la limpieza de las zonas tal y como se ha explicado.

Una vez se ha aplicado las 5S, se procede de nuevo a medir el proceso, y por lo consiguiente se consigue reducir en plazo, y por tanto en coste. A continuación se muestra la tabla de la toma de datos de la situación futura:

ACTIVIDAD	TOMA DE DATOS DEL PROCESO					
	TIEMPO	TC	Tiempo efectivo	COSTE	COSTE TC	Coste Tiempo efectivo
Replanteo	2,00	2,00	2,00	345,66 €	345,66 €	345,66 €
Tiempo espera	0,05	0,05	0,05	8,64 €	8,64 €	8,64 €
Encofrado	15,00	15,00	15,00	2.592,45 €	2.592,45 €	2.592,45 €
Tiempo espera	0,10	0,10	0,10	17,28 €	17,28 €	17,28 €
Colocación de viguetas y bovedillas	7,00	7,00	7,00	1.209,81 €	1.209,81 €	1.209,81 €
Tiempo espera	0,50	0,50	0,50	86,42 €	86,42 €	86,42 €
Colocación de armado	18,00	18,00	18,00	3.110,94 €	3.110,94 €	3.110,94 €
Tiempo espera	0,10	0,10	0,10	17,28 €	17,28 €	17,28 €
Colocación de mallazo	11,00	11,00	11,00	1.901,13 €	1.901,13 €	1.901,13 €
Tiempo espera	0,10	0,10	0,10	17,28 €	17,28 €	17,28 €
Hormigonado	2,00	2,00	2,00	345,66 €	345,66 €	345,66 €
Tiempo espera	8,00	8,00	8,00	1.382,64 €	1.382,64 €	1.382,64 €
Desencofrado	10,00	10,00	10,00	1.728,30 €	1.728,30 €	1.728,30 €
TOTAL	73,85	73,85	73,85	12.763,50 €	12.763,50 €	12.763,50 €

COSTE (€/h)	172,83 €
--------------------	-----------------

Tabla 34: Toma de datos del Proceso Ejecución de un Forjado. VSM-Situación Futura

Por último se procede a Mapear de nuevo el proceso (ver **ANEXO 14: VALUE STREAM MAPPING-SITUACIÓN FUTURA**) obteniendo la reducción en tiempo y coste del proceso de ejecución del forjado.

3.3.6. ÁREA DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS DEL PROYECTO.

3.3.6.1. Estructura IPD.

En un proyecto IPD, el contrato se firma entre todos los integrantes del proyecto. Esto quiere decir, que en un proyecto IPD, es el equipo quien toma las decisiones en el proyecto. A continuación se muestran los actores que componen el IPD:

- **MANUEL RUIZ GONZÁLEZ Y ROSA MARTÍNEZ LÓPEZ:** Son los clientes y usuarios finales, los que disfrutará y harán uso de la vivienda unifamiliar, y los que financiarán la obra.
- **CR PROYECTOS:** Empresa compuesta por “BIM Manager” (BM) y su equipo “BIM Management Office” (BMO), la cual coordinará, realizará y gestionará todo el proyecto.
- **DARTIC ARQUITECTURA:** Dirección facultativa, quienes llevarán la ejecución material de la obra y dirigirán el desarrollo de la misma.
- **LIBECK:** Empresa constructora, que se encargará de la ejecución de la obra.
- **PROVEEDORES/SUBCONTRATAS:** Empresas contratadas por la empresa constructora para acometer la obra:
 - **EXCAVACIONES LUJÁN:** Empresa especialista en el movimiento de tierras. Se encargará de aportar la maquinaria y operadores necesarios para los trabajos de excavación y transporte de tierras, resultantes a vertedero autorizado. También deberá realizar las gestiones en el vertedero pertinente
 - **RIBECO:** Empresa encargada de la cimentación y estructura del edificio. Aportará la mano de obra necesaria para su ejecución, así como todos los medios auxiliares, pequeña maquinaria y herramientas necesarias para acometer dichas unidades de obra. Las medidas de protección colectivas propias de esta fase de obra también serán suministradas e instaladas por esta subcontrata, al igual que las medidas de protección personal de sus trabajadores.
 - **FACHADAS FADE:** Especialista en la realización de fachadas. Esta empresa aportará la mano de obra necesaria para su ejecución, así como todos los medios auxiliares, pequeña maquinaria y herramientas necesarias para acometer dichas unidades de obra. Las medidas de protección colectivas propias de esta fase de obra también serán suministradas e instaladas por esta subcontrata, al igual que las medidas de protección personal de sus trabajadores.
 - **CUBIERTAS MUÑOZ:** Empresa especializada en cubiertas que suministrará la mano de obra, maquinaria, herramientas, materiales específicos de impermeabilización y formación de pendientes. Los materiales correspondientes a albañilería y pavimento serán por cuenta de la empresa constructora.
 - **JUANJO GARCÍA:** Empresa encargada de las tabiquerías del edificio. Aportarán la mano de obra, herramientas, maquinaria, medios auxiliares. Las medidas de protección colectiva y protección personal para ellos serán suministradas e instaladas por la empresa constructora. Del mismo modo, todo el material será puesto a pie de planta por la contrata principal, siendo trabajo de la cuadrilla acercárselo al tajo correspondiente.
 - **JUCAR:** Empresa instaladora de fontanería, que realizará la instalación de fontanería, saneamiento e instalación contra incendios, incluyendo el suministro de sanitarios y grifería y demás materiales necesarios para la completa terminación de la instalación.

- **CENTELLES:** Empresa instaladora eléctrica, que realizará toda la instalación de electricidad y telecomunicaciones del edificio, encargándose también de los suministros de materiales para la ejecución de las instalaciones.
- **ACABADOS GARCÍA:** Empresa especializada en el suministro y la colocación de pavimentos cerámicos y alicatados. Esta empresa aportará la mano de obra necesaria para su ejecución, así como todos los medios auxiliares, pequeña maquinaria y herramientas necesarias para acometer dichas unidades de obra. Las medidas de protección colectivas propias de esta fase de obra también serán suministradas e instaladas por esta subcontrata, al igual que las medidas de protección personal de sus trabajadores.
- **HABITISSIMO:** Empresa encargada de suministrar y colocar el falso techo de escayola, la cual aportará su mano de obra, materiales, maquinaria, medios auxiliares y herramientas necesarias para dichos trabajos, así como las medidas de protección individual propias de cada actividad.
- **ALUMONT:** Suministrará y colocará la carpintería de aluminio exterior, aportando la mano de obra, materiales, maquinaria, medios auxiliares y herramientas necesarias para dichos trabajos, así como las medidas de protección individual propias de cada actividad.
- **TAMASA:** Empresa especializada en la carpintería de madera. Se encargará de aportar la mano de obra, materiales, maquinaria, medios auxiliares y herramientas necesarias para dichos trabajos, así como las medidas de protección individual propias de cada actividad.
- **PINTURAS CARBONELL:** Llevará a cabo toda la pintura y acabados del edificio. Aportará su mano de obra, materiales, maquinaria, medios auxiliares y herramientas necesarias para dichos trabajos, así como las medidas de protección individual propias de cada actividad.

3.3.6.2. Matriz de responsabilidades.

En esta Matriz se asignará a cada uno de los integrantes de la estructura IPD su responsabilidad en el proyecto, designando en la columna la tarea que debe efectuarse y en la fila los integrantes del proyecto.

En el anexo 15 (**ANEXO 15: MATRIZ DE RESPONSABILIDADES**) se muestra al detalle toda la matriz.

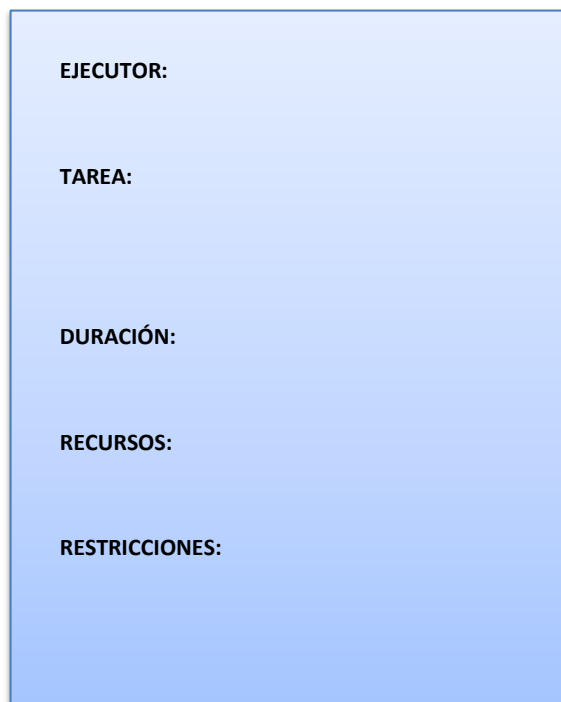
3.3.7. ÁREA DE GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES DEL PROYECTO.

3.3.7.1. Pull Session.

En primer lugar el BIM Manager (CR Proyectos) manda una invitación a la contrata principal y a la dirección facultativa, para citarles a la Pull Sesión, con tres semanas de antelación a la reunión, que sería para el 16 de octubre del 2017. A su vez, la constructora avisará al resto de subcontratas para que intervengan en la Pull Session. En la invitación se señalan los siguientes puntos:

- Presentación de los participantes.
- Objetivos y Normas de la Pull Session.
- Lugar, fecha y hora. Valencia, 16 de octubre del 2017.
- Duración. 2 horas.
- Conocimiento de la parte de su trabajo a realizar.
- Partición activa en la Pull Session.

Antes de la reunión, los organizadores de la Pull Session, en este caso la empresa CR Proyectos, organizan el espacio donde se va a realizar la reunión, que será una zona de la obra. Se prepara una mesa y las sillas correspondientes, y un tablero para colgar las tareas/actividades. En lo que respecta al material a usar, se necesitan rotuladores, chinchetas para colgar las actividades, hoja de asistencia y las tarjetas para rellenar las actividades. Estas tarjetas habrá de muchos colores, color por subcontrata, que tendrán la siguiente forma:



Una tarjeta rectangular con un fondo azul claro y un borde azul. El texto está organizado en cinco secciones verticales, cada una con un encabezado en mayúsculas y negrita:

- EJECUTOR:**
- TAREA:**
- DURACIÓN:**
- RECURSOS:**
- RESTRICCIONES:**

Figura 94: Ficha de tareas y actividades

Llega el día de la primera reunión Pull Session, en la que primeramente se hace una presentación de cada uno los participantes: Constructora, Subcontratas y Dirección Facultativa. Después se explica que es el Lean y para que se va a implementar en nuestro proyecto, y los objetivos y las normas en una Pull Session. Una vez ya explicados todos los conceptos, se procede a realizar la Planificación Last Planner System (Cronograma Pull Schedule). Se empieza por el final, no desde el inicio de la obra como hasta ahora se estaba haciendo,

colocando un Post-it de “FIN DE OBRA”, para a partir de ahí poder ir planificando hacia atrás todas las actividades del proyecto.

Todas las subcontratas irán colocando sus tareas y rellenando las tarjetas, además de ir comentando cuándo entrarán en la obra, cada una de ellas, para realizar los trabajos. Una vez ya creado la planificación, se realiza un Plus Delta para la mejora continua.

Se vuelve a quedar para otra sesión Pull Session para el viernes 27 de octubre, semana antes de iniciarse la obra, en la que se planificará solamente la semana que se va a ejecutar (Planificación Weekly Work Plan). Para esa Pull solamente tendría que venir las empresas que vayan a intervenir esa semana. Y así se haría semanalmente reuniones Pull Session, planificando y revisando lo que se ejecuta cada semana.

A continuación se muestra un calendario con las reuniones que se tendría que llevar a cabo:

Mes	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
Oct 2017	1	2	3	4	5	6	7
	8	9	10	11	12	13	14
	15	16 1ª Reunión Pull Session. Planning Schedule. Participan todos.	17	18	19	20	21
	22	23	24	25	26	27 2ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Excavaciones Luján, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	28
	29	30	31	1	2	3	4

Mes	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
Nov 2017	5	6	7	8	9	10 3ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Excavaciones Luján, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	11
	12	13	14	15	16	17 4ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Excavaciones Luján, Ribeco, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	18
	19	20	21	22	23	24 5ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Ribeco, Jucar, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	25
	26	27	28	29	30	1 6ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Ribeco, Jucar, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	2

Mes	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
Dic 2017	3	4	5	6	7	8 7ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Ribeco, Jucar, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	9
	10	11	12	13	14	15 8ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Ribeco, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	16
	17	18	19	20	21	22 9ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Ribeco, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	23
	24	25	26	27	28	29 10ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Ribeco, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	30
	31	1	2	3	4	5	6

Mes	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
Dic 2017	31	1	2	3	4	5 11ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Ribeco, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	6
	7	8	9	10	11	12 12ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Ribeco, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	13
	14	15	16	17	18	19 13ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Ribeco, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	20
	21	22	23	24	25	26 14ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Ribeco, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	27
Ene 2018							

Mes	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
	28	29	30	31	1	2 15ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Ribeco, Fachadas Fade, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	3
Feb 2018	4	5	6	7	8	9 16ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Fachadas Fade, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	10
	11	12	13	14	15	16 17ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Fachadas Fade, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	17

Mes	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
	18	19	20	21	22	23 18ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Fachadas Fade, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	24
	25	26	27	28	1	2 19ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Fachadas Fade, Cubiertas Muñoz, Juanjo García, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	3
Mar 2018	4	5	6	7	8	9 20ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Cubiertas Muñoz, Juanjo García, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	10

Mes	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
	11	12	13	14	15	16 21ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Cubiertas Muñoz, Juanjo García, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	17
	18	19	20	21	22	23 22ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Cubiertas Muñoz, Juanjo García, Jucar, Centelles, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	24
	25	26	27	28	29	30 23ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Juanjo García, Jucar, Centelles, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	31

Mes	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
Abr 2018	1	2	3	4	5	6 24ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Jucar, Centelles, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	7
	8	9	10	11	12	13 25ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Jucar, Centelles, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	14
	15	16	17	18	19	20 26ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Jucar, Centelles, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	21

Mes	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
	22	23	24	25	26	27 27ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Jucar, Centelles, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	28
	29	30	1	2	3	4 28ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Jucar, Centelles, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	5
May 2018	6	7	8	9	10	11 29ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Jucar, Centelles, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	12

Mes	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
	13	14	15	16	17	18 30ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Jucar, Centelles, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	19
	20	21	22	23	24	25 31ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Jucar, Centelles, Acabados Luis García, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	26
	27	28	29	30	31	1 32ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Acabados Luis García, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	2

Mes	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
Jun 2018	3	4	5	6	7	8 33ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Acabados Luis García, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	9
	10	11	12	13	14	15 34ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Acabados Luis García, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	16
	17	18	19	20	21	22 35ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Acabados Luis García, Habitissimo, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	23

Mes	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
	24	25	26	27	28	29 36ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Habitissimo, Acabados Luis García, Alumont, Tamasa, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	30
Jul 2018	1	2	3	4	5	6 37ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Acabados Luis García, Alumont, Tamasa, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	7
	8	9	10	11	12	13 38ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Acabados Luis García, Alumont, Tamasa, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	14

Mes	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
	15	16	17	18	19	20 39ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Pinturas Carbonell, Alumont, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	21
	22	23	24	25	26	27 40ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Pinturas Carbonell, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	28
	29	30	31	1	2	3 41ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Pinturas Carbonell, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager.	4

Mes	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
Ago 2018	5	6	7	8	9	10 43ª Reunión Pull Session. Planning Weekly Work Plan. Participan Pinturas Carbonell, Dirección Facultativa ,Constructora y BIM Manager	11
	12	13	14	15	16 Última Reunión Pull Session. Revisión de todos los Planning Weekly Work Plan. Participan todos.	17	18
	19	20	21	22	23	24	25
	26	27	28	29	30	31	1

Tabla 35: Calendario Pull Session

3.3.7.2. Matriz de Comunicación.

Es una matriz que se emplea para saber con qué frecuencia se comunican los integrantes del proyecto. En esta matriz se ha establecido tres parámetros de comunicación: diariamente, semanalmente y una vez al mes.

Esta matriz se puede ver detallada en el anexo 16 (**ANEXO 16: MATRIZ DE COMUNICACIÓN**).

3.3.8. ÁREA DE GESTIÓN DE LOS RIESGOS DEL PROYECTO.

3.3.8.1. Análisis de Riesgos.

Se procede a realizar una tabla donde se analizan los riesgos que se pueden producir en el proyecto, divididos por la gravedad de los mismos:

Nº RIESGO	DESCRIPCIÓN	ACCIONES PREVENTIVAS	ACCIONES CORRECTORAS	ANÁLISIS CUALITATIVO	ANÁLISIS CUANTITATIVO	IMPACTO / PROBABILIDAD	CATEGORÍA RIESGO
1	No entregar en plazo	Buena planificación previa al inicio de las obras, haciendo una revisión de 1 vez por semana.	BIM Manager llama a su equipo y al Arquitecto para una reunión y revisar la documentación que se presentó para solicitar la licencia y permisos	8	4	32	GRAVE
2	Modificaciones inesperadas en el diseño de la cimentación, debido a causas externas.	Estudiar previamente el proyecto y todos los posibles problemas que pueden surgir, antes de realizarlo.	BIM Manager llama a su equipo y al Arquitecto para una reunión y revisar la documentación para su modificación	5	5	32	GRAVE
3	Errores en la valoración de las partidas	Revisión del presupuesto, comprobado cada partida, con sus mediciones y precio correspondiente	Convocar una reunión urgente con la empresa subcontrata que haya cometido el error a la hora de realizar la oferta, para que lo subsane. En el caso de que no se obtenga una respuesta clara, eliminar dicha propuesta, y buscar a otro proveedor.	8	4	32	GRAVE
4	Inestabilidad en el diseño estructural proyectado, debido a problemas en el estudio geotécnico.	Realizar primeramente estudio geotécnico antes de hacer el proyecto, para poder analizar y solucionar posibles problemas	BIM Manager llama a su equipo y al Arquitecto para una reunión y revisar la documentación para su modificación.	7	7	31	GRAVE
5	Problemas de comunicación entre los diferentes interesados del proyecto	Realizar sesiones de Pull Session con frecuencia entre todos los interesados del proyecto	BIM Manager llama a su equipo para una reunión urgente, donde se plantearán los problemas surgidos entre todos los interesados del proyecto, para más tarde realizar una Pull Session entre todos.	5	6	30	GRAVE
6	Solapamiento de trabajos	Correcta planificación y organización de actividades	Reorganizar el personal	5	5	25	MEDIO
7	Proyecto incorrecto: Incompleto, diseño deficiente, errores por omisión de requisitos normativos, errores técnicos, etc.	Revisión del programa de necesidades. Hacer un checklist, realizando una lista de todas las tareas del proyecto que vamos a controlar y ver si se han realizado o no.	BIM Manager llama al Arquitecto para que modifique los errores en proyecto y hacer un checklist del Proyecto, creando una lista de todas las tareas del proyecto que vamos a controlar y ver si se han realizado o no.	8	3	24	MEDIO

8	Definición incompleta del Alcance	Hacer un checklist del Acta de Constitución, comprobando todos sus puntos, incluido la definición del Alcance del Proyecto.	BIM Manager llama al Arquitecto para modificar Acta de constitución, y hacer un checklist de ese Acta para comprobar si todos los puntos son correctos.	7	3	21	MEDIO
9	Material deteriorado o defectuoso	Realización de un checklist de los materiales que entran a obra, comprobando el estado y el tipo de material.	BIM Manager convoca reunión urgente con su equipo para analizar los riesgos detectados y poder reducirlos o eliminarlos. En ella se devolverán los materiales defectuosos y se procederá al pedido de nuevos materiales a la correspondiente subcontrata. Una vez realizado el pedido se procederá a hacer un checklist de los materiales que entran a obra, comprobando el estado y el tipo de material.	7	3	21	MEDIO
10	Equipamiento deteriorado	Realización de una hoja de control, mediante una lista de los equipamientos de la tienda, comprobando su llegada y su estado.	Reunión del equipo BIM Management con el proveedor para revisar los equipamientos y pedir nuevo. En el caso de no recibir respuesta, se procedería a elegir otro proveedor.	10	2	20	MEDIO
11	Falta de solvencia económica	Solicitar previo a la contratación documentación que justifique la solvencia	Tener prevista otra empresa constructora para su sustitución	9	2	18	MEDIO
12	Cambios o pérdida indebida de archivos o documentación por parte del equipo de trabajo	Se realizarán controles semanales de revisión de documentación.	BIM Manager llama a su equipo y al Arquitecto para una reunión urgente, y revisar la documentación y tomar la soluciones pertinentes.	9	3	18	MEDIO
13	Incumplimiento de normativas	Hacer un checklist, realizando una lista de todas las tareas del anteproyecto que vamos a controlar y ver si se han realizado o no. Dentro de esas tareas estaría el cumplimiento de la Normativa Vigente.	BIM Manager llama al Arquitecto para que modifique los errores del ante proyecto y hacer un checklist del mismo, elaborando una lista con las distintas tareas que vamos a controlar y ver si se realizan o no. Dentro de esas tareas estaría el cumplimiento de la Normativa Vigente.	8	2	16	LEVE
14	Fallos en los equipos, maquinaria	Control de toda la maquinaria a usar mediante un checklist en el que se comprueba el estado de los equipos	BIM Manager llama a su equipo para una reunión urgente, para analizar los riesgos detectados y poder reducirlos o eliminarlos. En ella se devolverán los equipos defectuosos y se procederá al pedido de nueva maquinaria a la correspondiente subcontrata. Una vez realizado el pedido se procederá a hacer un checklist de la maquinaria que entra a obra, comprobando el estado del equipo.	7	2	14	LEVE
15	Personal incompetente	Cursos de formación a todo el personal de trabajo.	Reunión urgente con toda la dirección para analizar los riesgos detectados y poder reducirlos o eliminarlos. Se realizarán cursos de formación a todo el personal.	7	2	14	LEVE

16	Ausentismo laboral	Penalizaciones por ausentismo laboral.	Tener prevista otra empresa o trabajador para su sustitución, en caso de no poder solucionarse.	6	2	12	LEVE
17	Accidentes del personal en obra, por la incorrecta	Control de obra, seguro médico y de riesgos, y capacitación de los obreros para en la manipulación de equipos.	Llamar al servicio de emergencias más cercano y ejecutar seguros médicos laborales.	5	2	10	LEVE
18	Que la empresa a quien se adjudique se retire	Tener prevista la segunda alternativa a escoger	Seleccionar a la segunda empresa con mejores resultados	7	1	7	LEVE
18	Modificaciones en planos y/o procesos de análisis y modelación realizados incorrectamente.	Estudio del proyecto antes de proyectar y revisió de los planos una vez elaborados.	BIM Manager llama a su equipo y al Arquitecto para una reunión y revisar la documentación para su modificación.	6	1	6	LEVE

Tabla 36: Análisis de Riesgos en Proyecto

3.3.8.2. Pert.

Previo análisis del riesgo, es preceptivo realizar un análisis de los posibles panoramas pesimista y optimistas, obteniendo así las distintas duraciones.

En primer lugar y para determinar cuál será la duración del proyecto con un cierto grado de confianza o incertidumbre emplearemos el sistema PERT.

Para ello y conociendo cuales son los tiempos previstos, optimistas y pesimistas, se podrá obtener una duración aproximada con diferentes porcentajes de seguridad. En primer lugar se parte de la red ejecutado con Senda Matrix.

Una vez obtenido esta se pasa a colocar las duraciones en la hoja para el cálculo del PERT. Estas duraciones previstas sería las que se han calculado anteriormente para hacer la red, y a partir de estas calcularemos cuales podrían ser las duraciones optimas y pesimistas de acuerdo a diferentes criterios.

A continuación se muestra la tabla obtenida tras el análisis de las duraciones.

	Duraciones			Duración			σ² Crit
	Optimista	Moda	Pesimista	Media	σ²		
Limpieza del terreno	1	1	4	1,50	0,25	1	0,25
Excavación	12	15	18	15,00	1,00	1	1,00
Hormigón de limpieza	1	1	4	1,50	0,25	1	0,25
Zapata	3	6	9	6,00	1,00	1	1,00
Solera	4	7	10	7,00	1,00	0	0,00
Muro	8	11	14	11,00	1,00	1	1,00
Red de Saneamiento horizontal	6	9	12	9,00	1,00	0	0,00
Forjado	39	42	45	42,00	1,00	1	1,00
Losa inclinada	4	7	10	7,00	1,00	0	0,00
Fachadas	15	18	21	18,00	1,00	1	1,00
Cubierta inclinada	10	13	16	13,00	1,00	1	1,00
Cubierta plana transitable	-1	2	5	2,00	1,00	0	0,00
Partición 1 hj LHD e 9 cm.Zonas húmedas	1	4	7	4,00	1,00	0	0,00
Partición LH7+MW-0.044/40+LH7 sin re. Garaje	0	3	6	3,00	1,00	0	0,00
Partición1 hj LHD e 7 cm. Zonas secas	2	5	8	5,00	1,00	1	1,00
Instalación de fontanería y saneamiento	41	44	47	44,00	1,00	1	1,00
Instalación de electricidad y telecomunicaciones	31	34	37	34,00	1,00	0	0,00
Revestimientos de paredes	17	20	23	20,00	1,00	1	1,00
Revestimientos de techos	3	6	9	6,00	1,00	1	1,00
Revestimientos de suelos	6	9	12	9,00	1,00	0	0,00
Carpintería exterior	12	15	18	15,00	1,00	1	1,00
Carpintería interior	7	10	13	10,00	1,00	0	0,00
Pinturas y acabados	13	16	19	16,00	1,00	1	1,00
						Σ σ²	12,50

makespan	207,00
σ	3,54
84%	210,54
97%	214,07

Tabla 37: Cálculo PERT

Las celdas coloreadas en azul claro son las que se han introducido manualmente mientras que el resto se completan de forma automática. Únicamente se tiene que indicar cuál es el Makespan, y con qué porcentaje de seguridad se quiere trabajar, teniendo en cuenta para ello el número de desviaciones que hay que añadir a cada uno.

3.3.8.3. Lógica Fuzzy. Tiempo.

La lógica Fuzzy nos permite alcanzar soluciones que fusionan la rigidez de la simulación tradicional con la imprecisión de la lógica difusa.

En la teoría de conjuntos difusos se definen operaciones sobre estos, existiendo asociada una función de pertenencia para sus elementos, indicando en qué medida los elementos forman parte de dicho conjunto.

Para ello y conociendo cuales son las duraciones del soporte inferior, núcleo, y soporte superior, se podrá obtener un intervalo con un riesgo.

En primer lugar se parte de las redes ejecutadas con Senda Matrix (inf, hoja1, sup). Las celdas de color azul, que se han introducido manualmente, se enlazan con las matrices anteriormente mencionadas, para de forma automática se generen los datos que se analizaran en la tabla del anexo 17 (ANEXO 17: LÓGICA FUZZY. TIEMPO.)

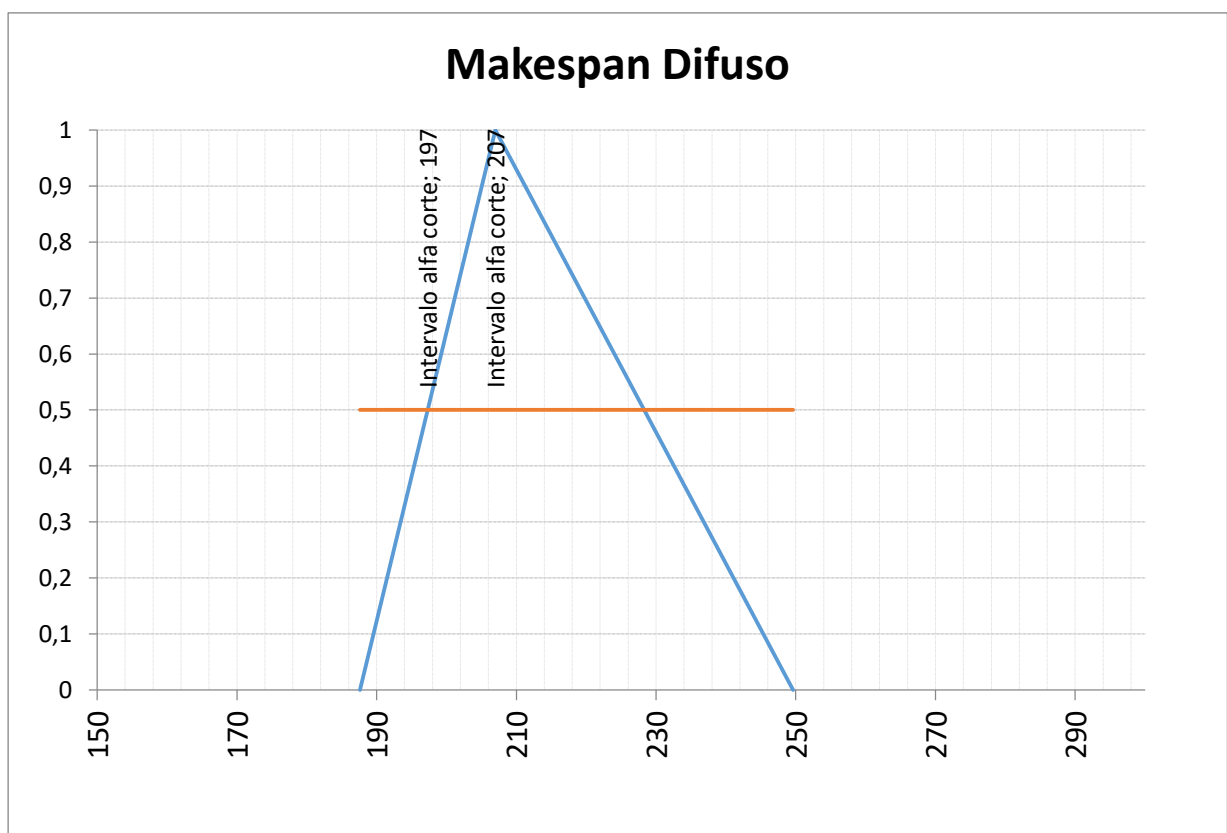


Figura 95: Makespan Difuso. Tiempo. Lógica Fuzzy

Al estudiar el riesgo del proyecto mediante la teoría de probabilidades (PERT), se obtiene un makespan de 214 días con una probabilidad de cumplirse en un 97%, valor que podemos encontrar en el subconjunto de duraciones difusas que nos muestra Fuzzy, hasta el α Corte 0,9. En todo caso debido al riesgo que se obtiene a través de la lógica fuzzy, y el cual se quiere asumir, se decide ubicarse en un α Corte de 0,5 con un intervalo de 188– 250 días, siendo el núcleo de 207 días.

3.3.8.4. Lógica Fuzzy. Coste.

Al igual se ha calculado anteriormente el tiempo mediante la Lógica Fuzzy, ahora se procede a hacerlo con los costes.

Por ello y conociendo los costes del soporte inferior, núcleo, y soporte superior, se podrá obtener un intervalo con un riesgo.

Como se mencionó anteriormente se toman las actividades de la planificación general y se genera un cuadro a partir de los importes y mediciones de cada actividad (ver ANEXO 18: LÓGICA FUZZY. COSTE.)

Con todos estos valores se procede a construir una tabla de valores que nos permite determinar los valores del límite superior-coste pesimista, límite inferior-coste optimista. De análisis de dichos datos se obtienen los valores moda-núcleo de cada actividad.

A partir de estos datos y atendiendo a una imprecisión definida a través de un alfa corte de 0.5 de pertenencia se obtienen los nuevos valores para los soportes de cada actividad del proyecto.

Para la gráfica fuzzy se ha decidido utilizar el valor total del proyecto con diferentes grados de pertenencia para estudiarlos ya que si se estudiaran las actividades de manera independiente y se realizara la suma de todas, se generaría el mismo grafo, el cual conviene estudiar ya que representa la generalidad del proyecto.

Para estudiar la imprecisión en el que se mueve el proyecto se decide realizar una tabla con todos los grados de pertenencia desde el 0 al 1, resaltando el 0.5. Como se muestra a continuación se puede ver todos los valores de imprecisión para los distintos alfa cortes. Cuando más se acerca el alfa corte al 1 los importes se van acercando al núcleo lo que deja un menor grado de movimiento mientras que al acercarse al cero los importes se alejan más del núcleo permitiendo un mayor grado de movimiento.

		IMPORTE		
Alfa corte		Si(α)	N	Ss(α)
GRADO DE PERTENENCIA	1	213.905,10 €	213.905,10 €	213.905,10 €
	0,9	211.960,51 €	213.905,10 €	218.183,20 €
	0,8	210.015,92 €	213.905,10 €	222.461,30 €
	0,7	208.071,32 €	213.905,10 €	226.739,41 €
	0,6	206.126,73 €	213.905,10 €	231.017,51 €
	0,5	204.182,14 €	213.905,10 €	235.295,61 €
	0,4	202.237,55 €	213.905,10 €	239.573,71 €
	0,3	200.292,96 €	213.905,10 €	243.851,81 €
	0,2	198.348,37 €	213.905,10 €	248.129,92 €
	0,1	196.403,77 €	213.905,10 €	252.408,02 €
	0	194.459,18 €	213.905,10 €	256.686,12 €

Tabla 38: Grados de pertenencia. Lógica Fuzzy

La grafica de a continuación nos muestra los importes entre los que se movería el proyecto en un alfa corte de 0.5, dichos valores se encuentran entre 204.182,14 y 235.295,61 Euros.

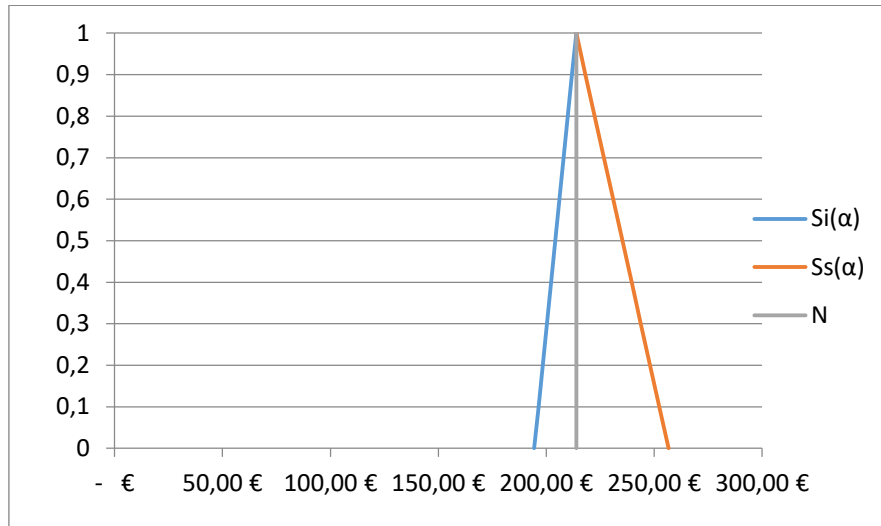


Figura 96: Makespan Difuso. Coste. Lógica Fuzzy

3.3.8.5. Método Montecarlo. Tiempo.

El método de Montecarlo es una aproximación estadística que evalúa la probabilidad de distribución por pruebas de hipótesis y de las correlaciones entre variables aleatorias simuladas.

El objetivo consiste en establecer la duración Buffer del proyecto con un cierto nivel de confianza, estableciendo un Buffer al 95%.

Como resultado se obtiene un Plazo de compromiso de 217,39 Días, dada una probabilidad del 95%.

Así mismo, se obtiene el valor de criticidad que nos indica la posibilidad que tiene una tarea de estar en el camino crítico, así como su grado de variabilidad en las duraciones posibles.

Toda la tabla con los datos y cálculos del método Montecarlo se muestra en el anexo 19 (**ANEXO 19: MONTECARLO. TIEMPO.**)

3.3.8.5. Método Montecarlo. Coste.

Al igual que en el apartado anterior se ha aplicado el Método Montecarlo para el tiempo, ahora se procede a aplicarlo para el Coste.

Primeramente se obtienen los costes optimista, pesimista y moda. A partir de estos valores, se define un factor $K=2$, un total de 100 simulaciones, una variable beta, y a partir de ahí simulamos con Montecarlo. Todos los cálculos aparecen en el anexo 20 (**ANEXO 20: MONTECARLO. COSTE.**)

Analizando los datos se observa que el coste inicial del proyecto es de 213.905,10 €, el coste simulado de 220.707,78 €, lo que da una desviación simulada de 4.607,19€. Considerando una contingencia al 95% de 14.380,83 € se obtiene que el coste del proyecto más la contingencia será de 228.285,93 €.

Además la simulación indica que hay una probabilidad de cumplir ese importe económico en un 95% y para cumplir con el coste inicial del proyecto hay una probabilidad del 100%.

Así mismo la simulación muestra la posibilidad que tiene una tarea de estar en el camino de coste crítico y su grado de variabilidad.

En conclusión según la simulación de Montecarlo para que el proyecto sea viable en un 95% se deberá considerar un buffer económico de 14.380,83 €.

3.3.9. ÁREA DE GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES DEL PROYECTO.

3.3.9.1. Matriz de Distribución de Información.

Dentro de esta Área de Conocimiento se incluye los procesos necesarios para comprar o adquirir productos, servicios o resultados que es preciso obtener fuera del equipo del proyecto. La organización puede ser la compradora o vendedora de los productos, servicios o resultados de un proyecto.

En el anexo 21 (**ANEXO 21: MATRIZ DE DISTRIBUCIÓN DE INFORMACIÓN**) se muestra la matriz de distribución de información de entre todos los integrantes del proyecto, en la cual la columna mostrará las tareas a realizar de cada uno, y en la fila los responsables de las mismas.

3.3.10. ÁREA DE GESTIÓN DE LOS INTERESADOS DEL PROYECTO.

3.3.9.1. Funciones y Responsabilidades de la Organización.

Dentro de esta Área se va a definir a todos los integrantes de la Organización, con las funciones a realizar, y datos de contacto. Esta tabla aparece desarrollada dentro del anexo 22 (**ANEXO 22: FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES DE LA ORGANIZACIÓN**).

3.3.11. BUILDING INFORMATION MODELIN (BIM).

3.3.11.1. Descripción del Proyecto en BIM.

Se procede a trabajar el nivel básico, el LOD 100, el cual se dibuja mediante Autodesk® Revit™, el modelado en 3D de la vivienda unifamiliar.

El responsable de esta tarea es el BIM Manager ARC (Arquitectura), el cual se encargará de todo el modelado arquitectónico.

A continuación se muestra una secuencia de imágenes de edificio en 3D:

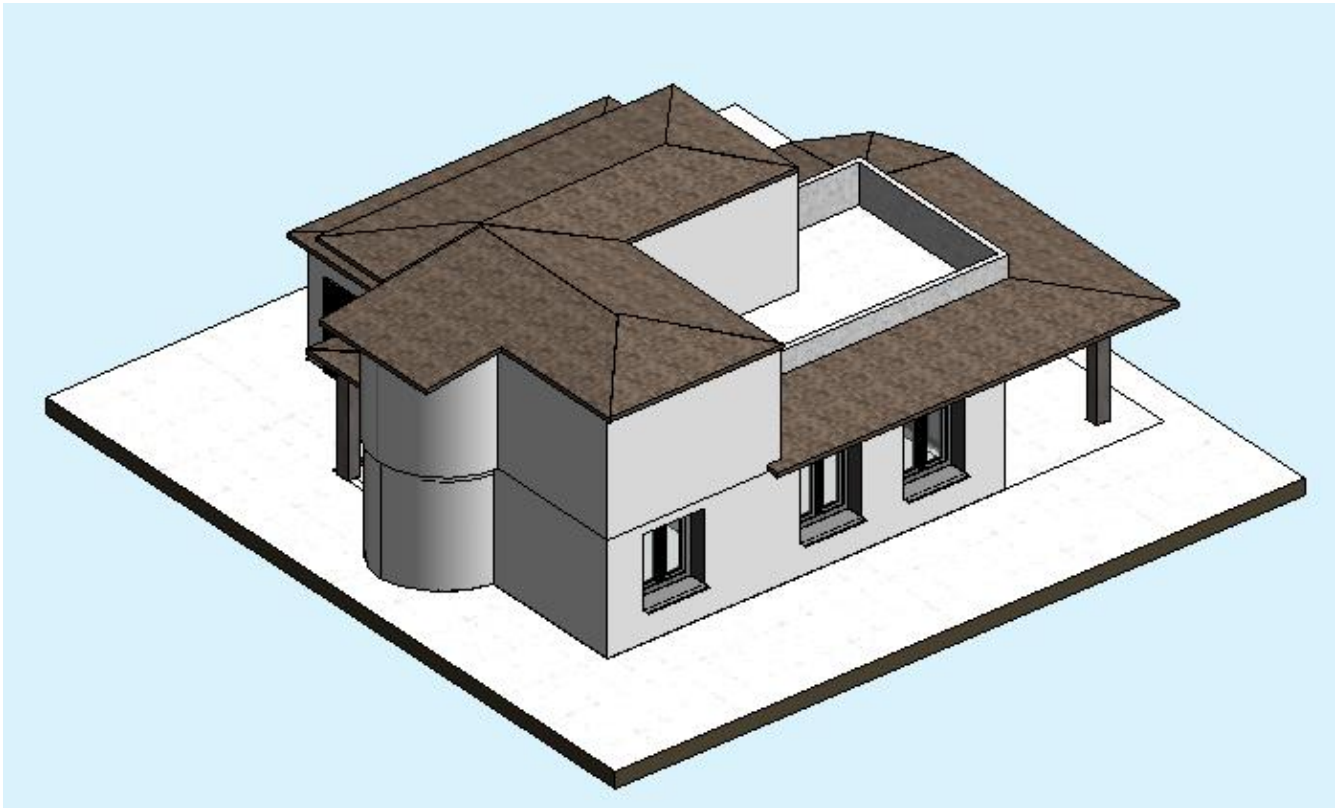


Figura 97: Modelado del proyecto “Chestre 68” con Autodesk® Revit™2016. Alzados Norte y Oeste

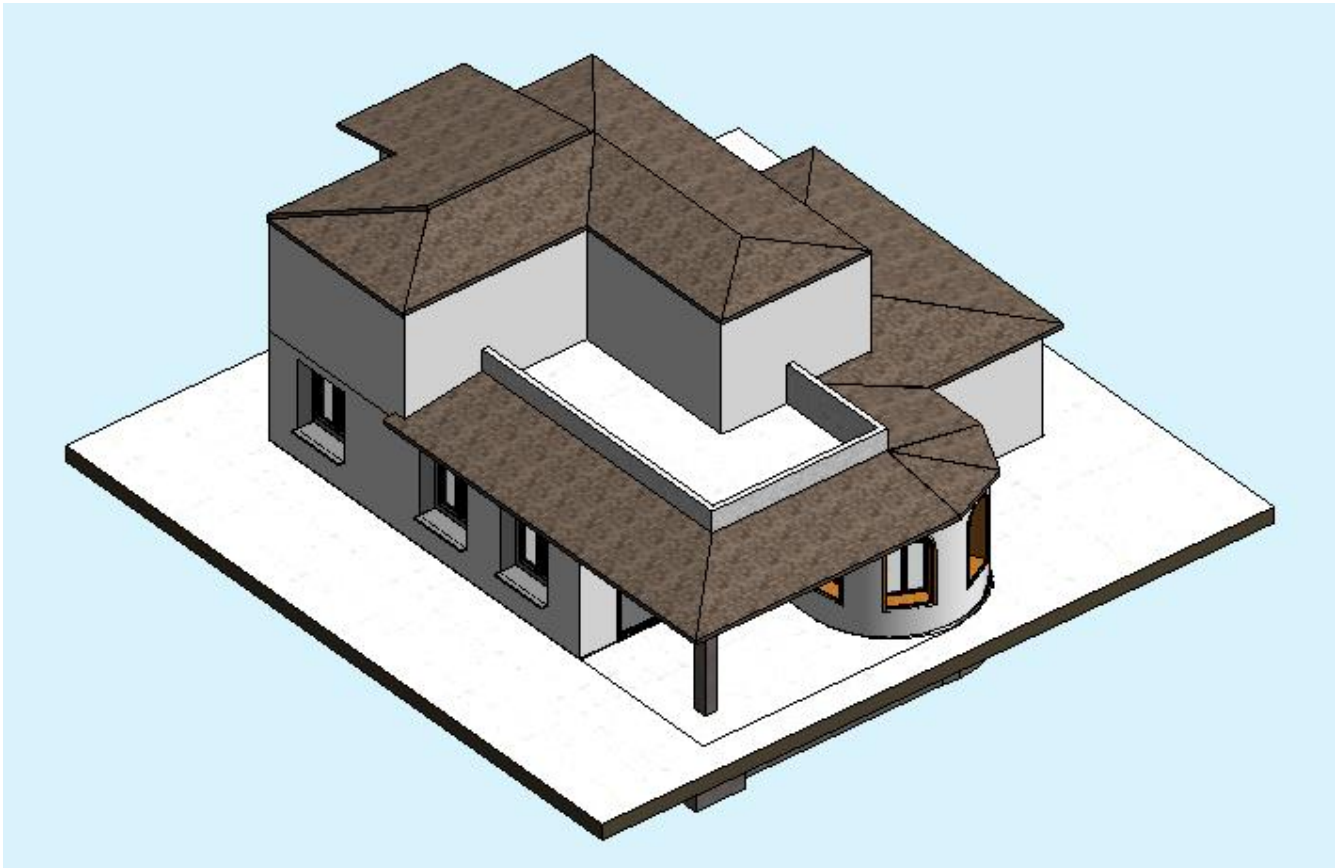


Figura 98: Modelado del proyecto “Ceste 68” con Autodesk® Revit™2016. Alzados Sur y Oeste

3.3.11.2. Navisworks.

Primeramente se importa el modelo en 3D procedente de Autodesk® Revit™. Después se realiza una planificación mediante el Autodesk® Navisworks™. Por último, a través de la herramienta TimerLiner se hace una simulación de la programación con Autodesk® Navisworks™.

Vinculando TimerLiner y la vinculación de objetos, se puede activar y programar el movimiento de los objetos según la hora de inicio y la duración de las tareas del proyecto, y también ayudar con la planificación del espacio de trabajo y del proceso. A continuación se muestra una secuencia de imágenes donde se puede apreciar la construcción del edificio desde su inicio a fin.

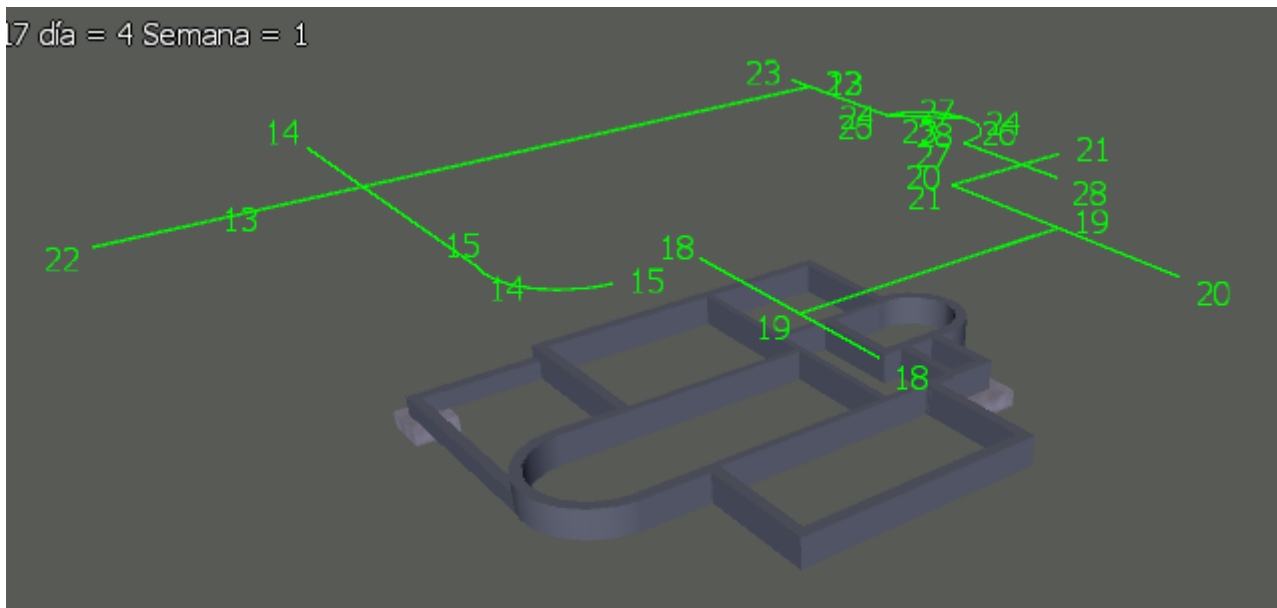


Figura 99: Planificación con Autodesk® Navisworks, simulación temporal. 2017. 1ª Secuencia

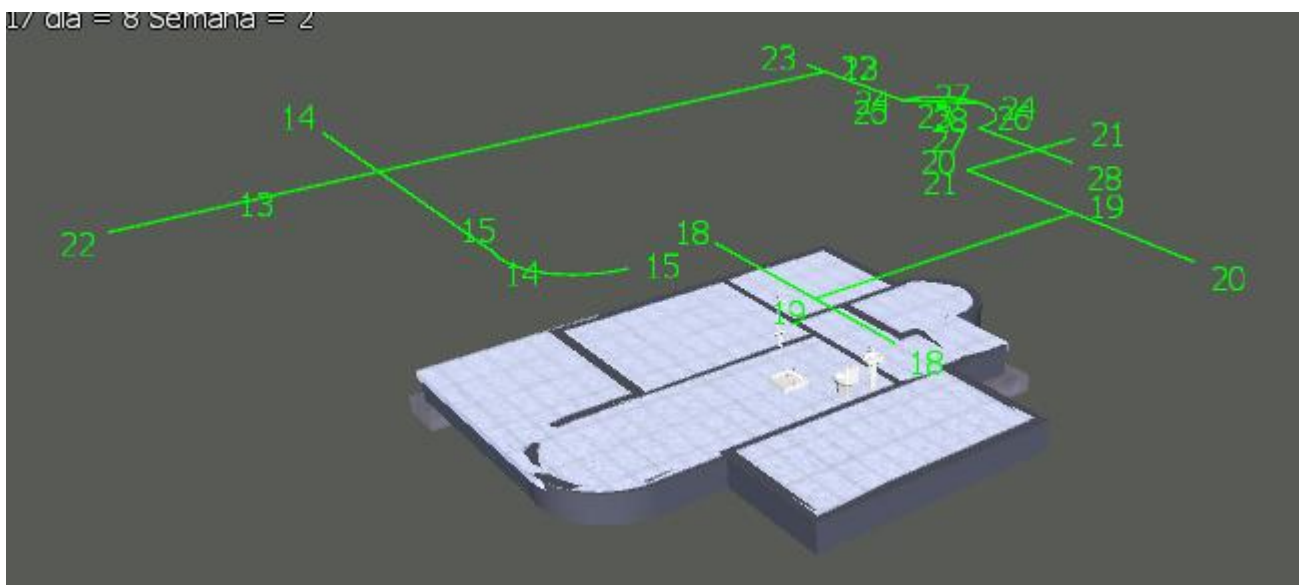


Figura 100: Planificación con Autodesk® Navisworks, simulación temporal. 2017. 2ª Secuencia

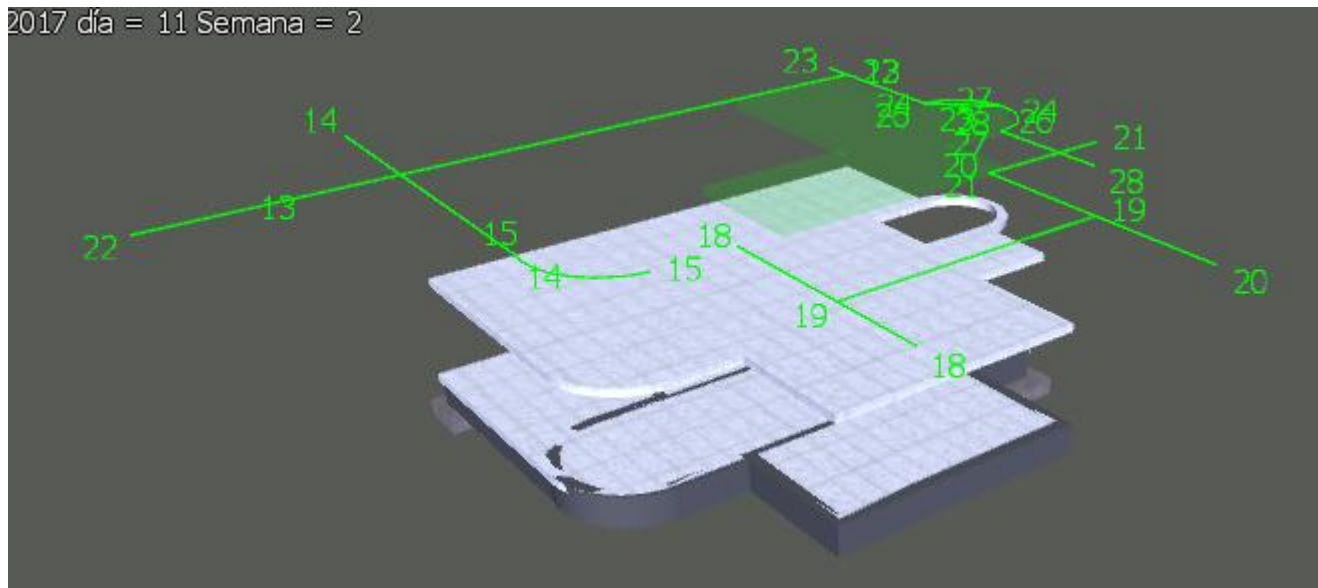


Figura 101: Planificación con Autodesk® Navisworks, simulación temporal. 2017. 3ª Secuencia

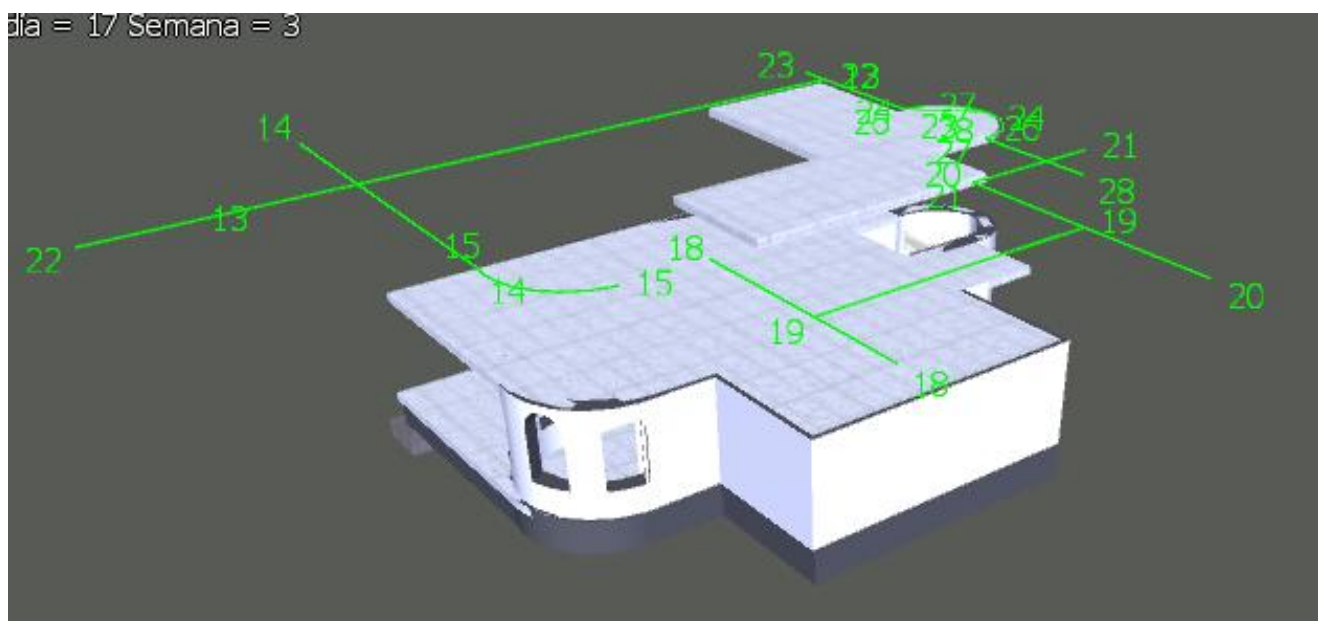


Figura 102: Planificación con Autodesk® Navisworks, simulación temporal. 2017. 4ª Secuencia

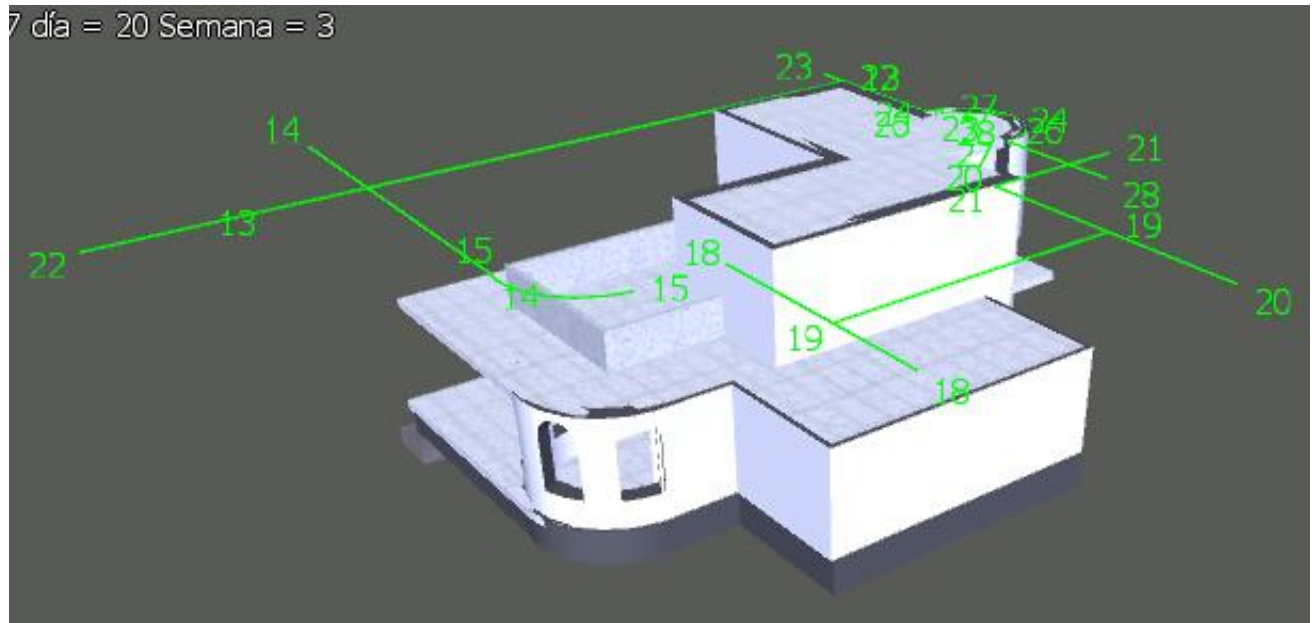


Figura 103: Planificación con Autodesk® Navisworks, simulación temporal. 2017. 5ª Secuencia

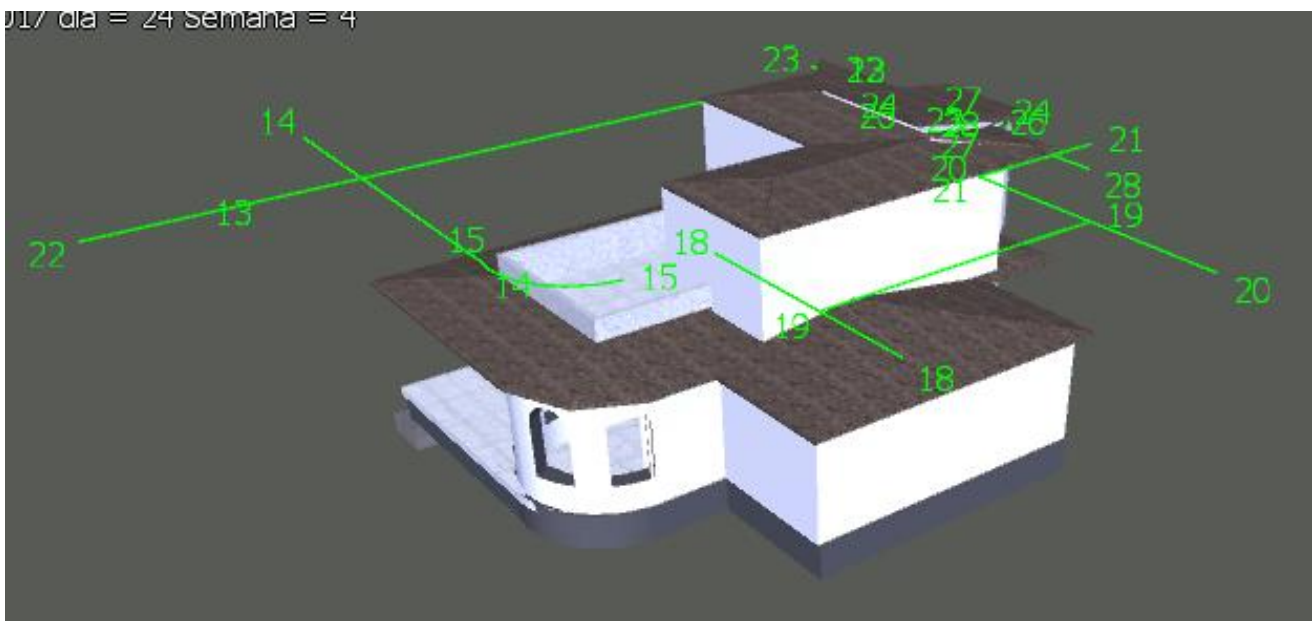


Figura 104: Planificación con Autodesk® Navisworks, simulación temporal. 2017. 6ª Secuencia

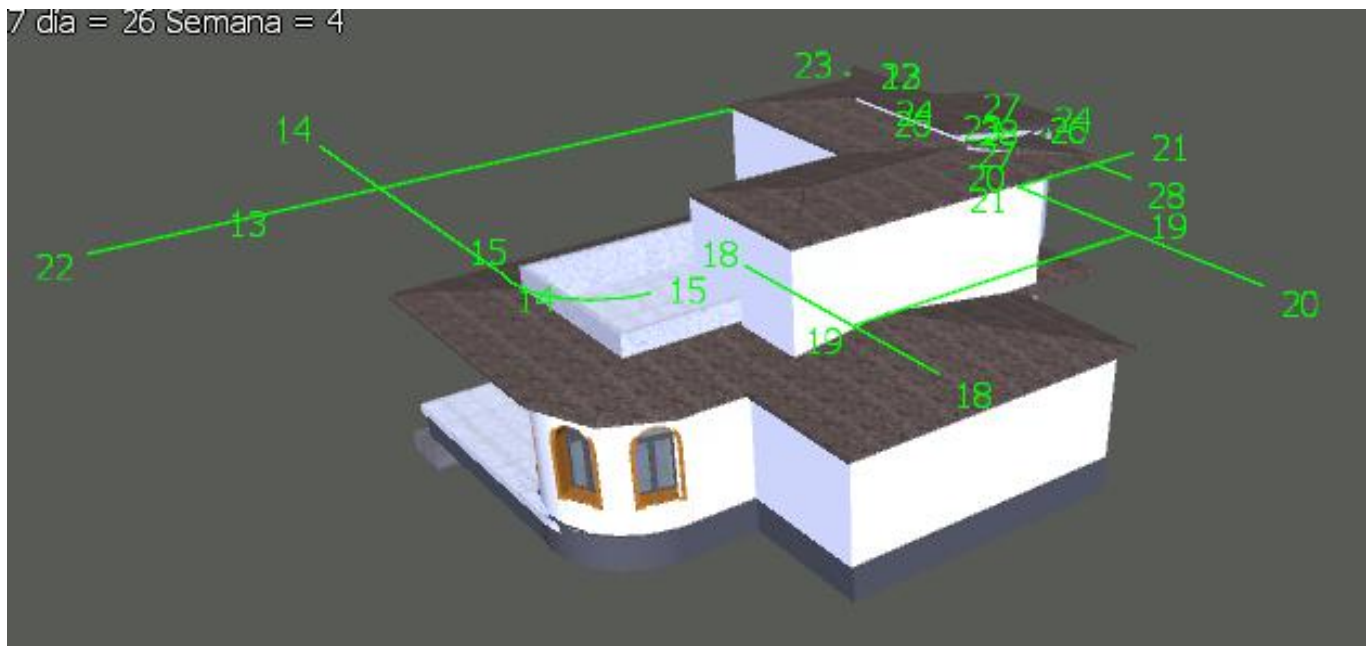


Figura 105: Planificación con Autodesk® Navisworks, simulación temporal. 2017. 7ª Secuencia

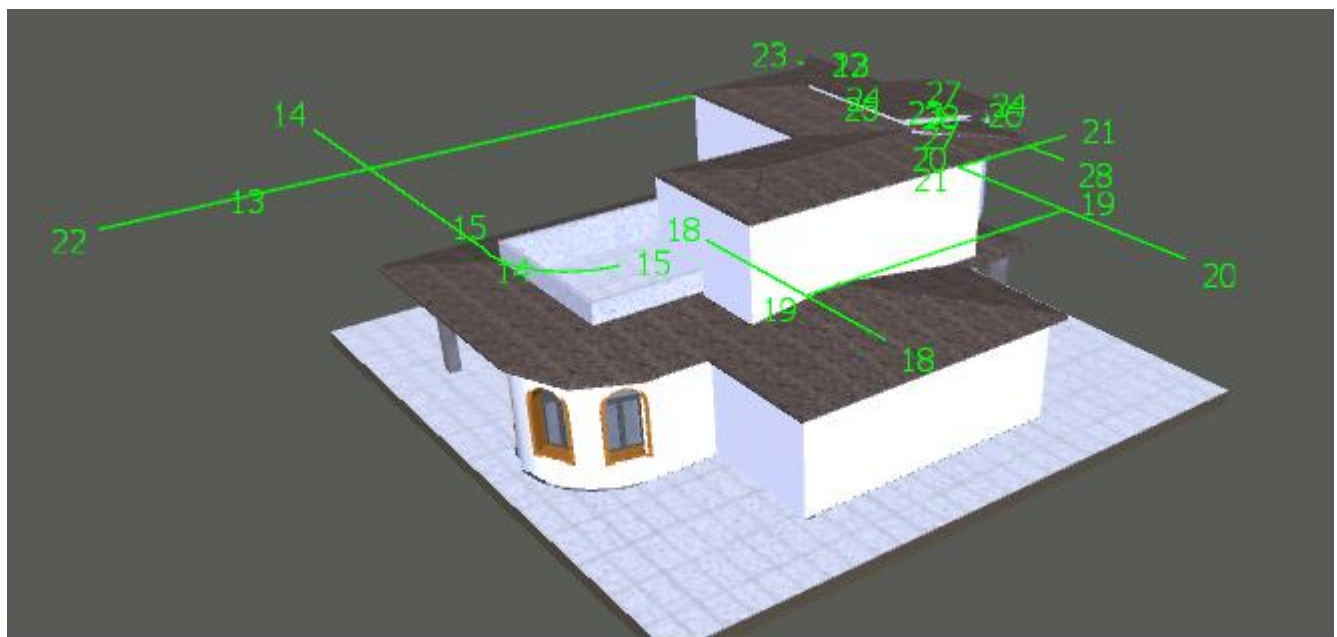


Figura 106: Planificación con Autodesk® Navisworks, simulación temporal. 2017. 8ª Secuencia

4. CONCLUSIONES

De los objetivos planteados al principio de esta Tesina Final de Máster, se estima:

Una vez aplicado la metodología de "*Lean Construction*" en la "*Guía Project Management Body of Knowledge*" (PMBOK GUIDE), incorporándolo en "*Building Information Modeling*"(BIM), se concluye que es posible la combinación de todas las metodologías.

Que partiendo de las 10 Áreas de Conocimiento del *PMBOK* (Gestión de la Integración, alcance, tiempo, coste, calidad, recursos humanos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones e interesados del proyecto) se pueden introducir las herramientas de *Lean Construction*, conservando las tradiciones, y combinando lo nuevo con lo tradicional, como es en el caso de la *Red de Precedencias* que pasa a ser una *Red LEAN*, en la cual se ha invertido los nodos de la misma, y se ha empezado contando desde el día que se tiene previsto terminar la obra.

La aplicación de herramientas Lean, no dejando atrás las herramientas tradicionales, no crea conflicto entre *PMBOK* y *Lean Construction*, al contrario, lo fortalece, ya que para crear algo nuevo, hay que partir de la base, utilizando las herramientas ya conocidas.

Que los conceptos de "*Éxito del Proyecto*" (proveniente de la "*Guía Project Management Body of Knowledge*") y "*Valor del Proyecto*" (el cual proviene de la filosofía "*Lean Construction*"), son dos conceptos que dependen el uno del otro, ya que el Éxito se aprecia y se percibe cuando se cumple sus objetivos y metas principales, habiendo un alto grado de satisfacción tanto por parte del equipo de trabajo como de los clientes o usuarios finales, mientras que algo tiene Valor cuando se satisface las necesidades del cliente, cuando se le entrega lo que quiere, como lo quiere y en la cantidad que lo quiere. Por este motivo, y entre otros ya mencionados, "*Project Management Institute*" y "*Lean Construction*" son compatibles.

Una vez analizado todas las Áreas de Conocimiento de la Guía PMBOK, se determina que la más importante es la "*Gestión Recursos Humanos del Proyecto*", ya que aunque tengamos herramientas con alta eficacia, y aunque se combinen todas las metodologías, si las personas no sabemos gestionar los proyectos, seguiremos cometiendo errores, y se seguirá fallando en las Áreas de Conocimiento de Gestión del Tiempo y de Costes del Proyecto.

Por último, la utilidad y el ámbito de este Trabajo Final de Máster ha sido la aplicación de tres metodologías en una, para así lograr en un futuro su aplicación en las empresas para conseguir la mayor eficiencia con el resultado del Proyecto, y por tanto, conseguir el mayor Éxito y la plena satisfacción de todos los integrantes del proyecto.

5. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

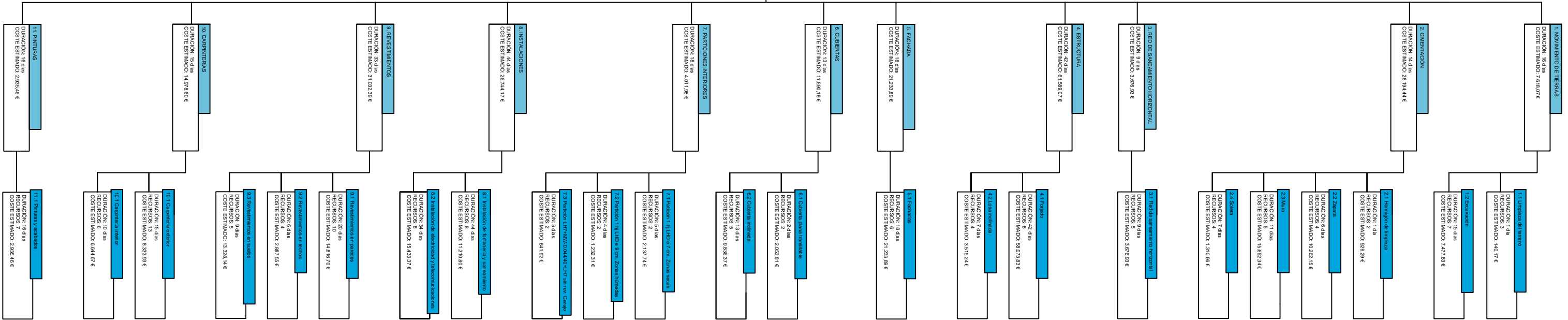
Este Trabajo Final de Máster deja la puerta abierta a futuras Tesis Doctorales, en las que se puede desarrollar lo siguiente:

- Una vez ya se han introducido las herramientas de “*Lean Construction*” dentro de la “*Guía Project Management Body of Knowledge*”, se procede a la combinación y fusión completa de las mismas.
- Aplicación en las empresas de las tres metodologías, “*Lean Construction*” en la “*Guía Project Management Body of Knowledge*” (PMBOK GUIDE), incorporado en “*Building Information Modeling*” (BIM).
- Realización de algoritmo matemático de la *Red de Precedencias Lean*.

6. ANEXOS

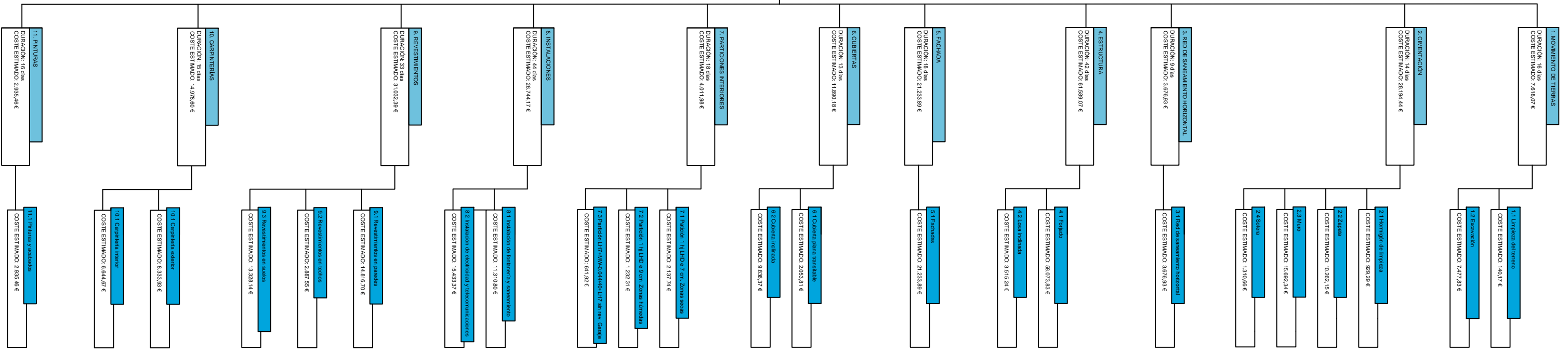
6.1. ANEXO 1: ESTRUCTURA DESAGREGADA DE TAREAS

EDT DE VIVIENDA UNIFAMILIAR

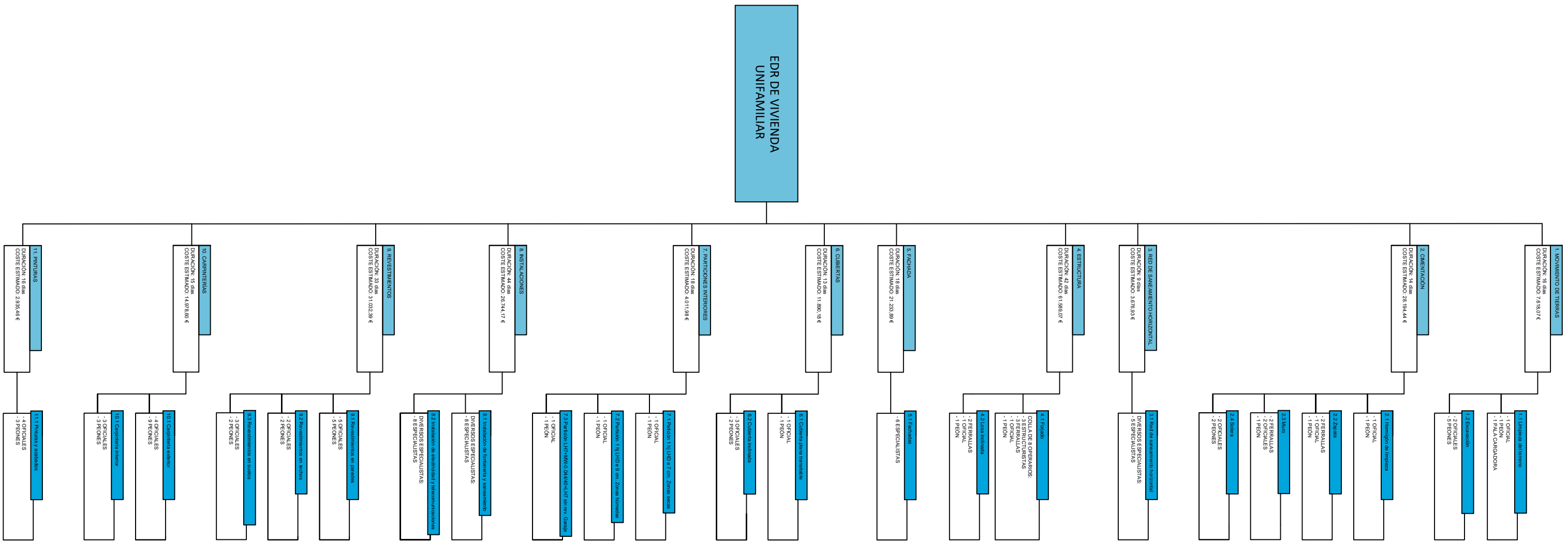


6.2. ANEXO 2: ESTRUCTURA DESAGREGADA DE COSTES

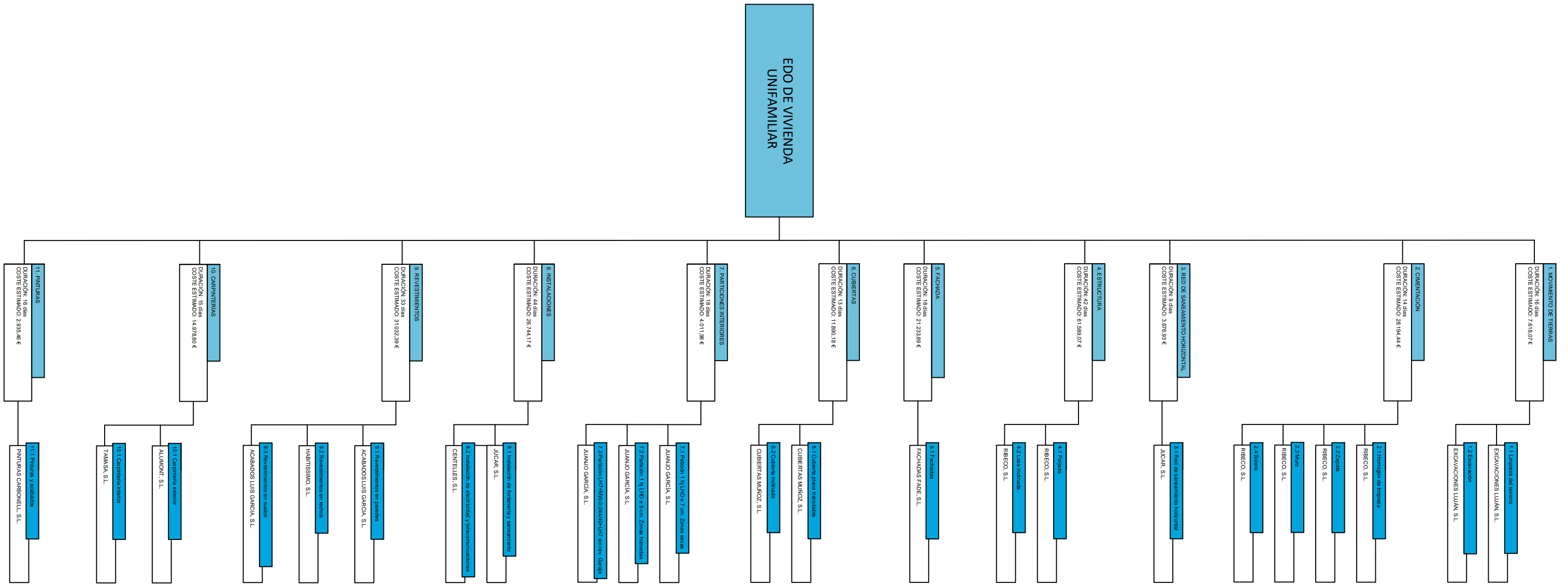
EDC DE VIVIENDA UNIFAMILIAR



6.3. ANEXO 3: ESTRUCTURA DESAGREGADA DE RECURSOS

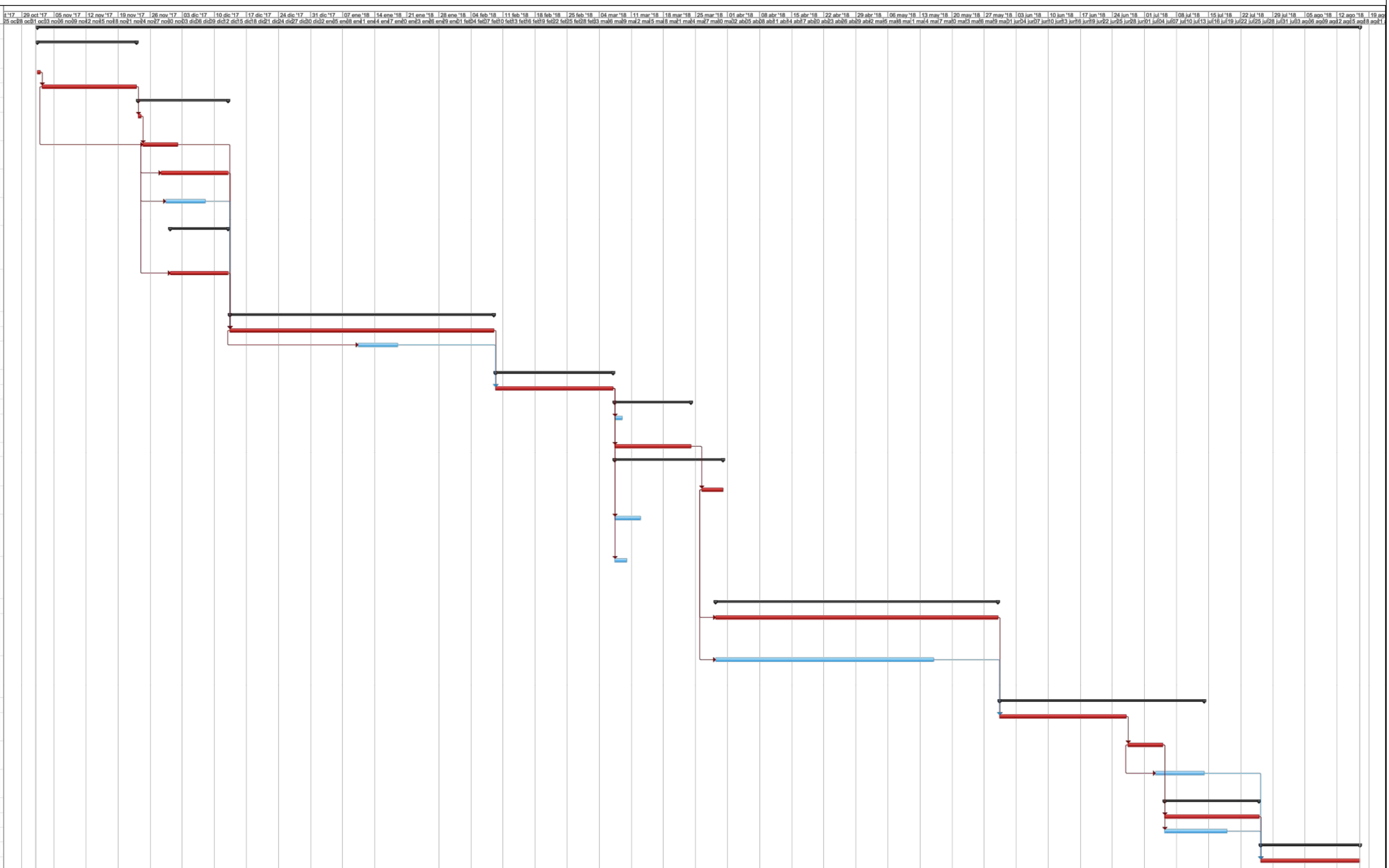


6.4. ANEXO 4: ESTRUCTURA DESAGREGADA DE LA ORGANIZACIÓN



6.5. ANEXO 5: MASTER SCHEDULE (PLAN MAESTRO)

ID	EDT	Modo de pago	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Precedos/Costo fijo	Nombres de los recursos
1	1		VIVIENDA UNIFAMILIAR	207 días	mié 01/11/17	jue 16/08/18	213.905,18 €	
2	1.1		MOVIMIENTO DE TIERRAS	16 días	mié 01/11/17	mié 22/11/17	7.618,07 €	
3	1.1.1		Limpieza del terreno	1 día	mié 01/11/17	mié 01/11/17	140,17 €	
4	1.1.2		Excavación	15 días	jue 02/11/17	mié 22/11/17	7.477,83 €	
5	1.2		CIMENTACIÓN	14 días	jue 23/11/17	mar 12/12/17	28.194,44 €	
6	1.2.1		Hormigón de limpieza	1 día	jue 23/11/17	jue 23/11/17	929,29 €	
7	1.2.2		Zapata	6 días	vie 24/11/17	vie 01/12/17	10.262,15 €	
8	1.2.3		Muro	11 días	mar 28/11/17	mar 12/12/17	15.692,34 €	
9	1.2.4		Solera	7 días	mié 29/11/17	jue 07/12/17	1.310,66 €	
10	1.3		RED DE SANEAMIENTO HORIZONTAL	9 días	jue 30/11/17	mar 12/12/17	3.676,93 €	
11	1.3.1		Red de Saneamiento horizontal	9 días	jue 30/11/17	mar 12/12/17	3.676,93 €	
12	1.4		ESTRUCTURA	42 días	mié 13/12/17	jue 08/02/18	61.589,07 €	
13	1.4.1		Forjado	42 días	mié 13/12/17	jue 08/02/18	7:8;9;11 58.073,83 €	
14	1.4.2		Losa inclinada	7 días	mié 10/01/18	jue 18/01/18	13CC+20 días 3.515,24 €	
15	1.5		FACHADA	18 días	vie 09/02/18	mar 06/03/18	21.233,89 €	
16	1.5.1		Fachadas	18 días	vie 09/02/18	mar 06/03/18	13:14 21.233,89 €	
17	1.6		CUBIERTAS	13 días	mié 07/03/18	vie 23/03/18	11.890,18 €	
18	1.6.1		Cubierta plana transitable	2 días	mié 07/03/18	jue 08/03/18	16 2.053,81 €	
19	1.6.2		Cubierta inclinada	13 días	mié 07/03/18	vie 23/03/18	16 9.836,37 €	
20	1.7		PARTICIONES INTERIORES	18 días	mié 07/03/18	vie 30/03/18	4.011,98 €	
21	1.7.1		Partición 1 hj LHD e 7 cm. Zonas secas	5 días	lun 26/03/18	vie 30/03/18	19 2.137,74 €	
22	1.7.2		Partición 1 hj LHD e 9 cm. Zonas húmedas	4 días	mié 07/03/18	lun 12/03/18	16 1.232,31 €	
23	1.7.3		Partición LHT-MW-0,044/40+LH7 sin re. Garaje	3 días	mié 07/03/18	vie 09/03/18	16 641,92 €	
24	1.8		INSTALACIONES	44 días	jue 29/03/18	mar 29/05/18	26.744,17 €	
25	1.8.1		Instalación de fontanería y saneamiento	44 días	jue 29/03/18	mar 29/05/18	21CC+3 días 11.310,80 €	
26	1.8.2		Instalación de electricidad y telecomunicaciones	34 días	jue 29/03/18	mar 15/05/18	21CC+3 días 15.433,37 €	
27	1.9		REVESTIMIENTOS	33 días	mié 30/05/18	vie 13/07/18	31.032,39 €	
28	1.9.1		Revestimientos de paredes	20 días	mié 30/05/18	mar 26/06/18	25,26 14.816,70 €	
29	1.9.2		Revestimientos de techos	6 días	mié 27/06/18	mié 04/07/18	28 2.887,55 €	
30	1.9.3		Revestimientos de suelos	9 días	mar 03/07/18	vie 13/07/18	29CC+4 días 13.328,14 €	
31	1.10		CARPINTERÍAS	15 días	jue 05/07/18	mié 25/07/18	14.978,60 €	
32	1.10.1		Carpintería exterior	15 días	jue 05/07/18	mié 25/07/18	29 8.333,93 €	
33	1.10.2		Carpintería interior	10 días	jue 05/07/18	mié 18/07/18	29 6.644,67 €	
34	1.11		PINTURAS	16 días	jue 26/07/18	jue 16/08/18	2.935,46 €	
35	1.11.1		Pinturas y acabados	16 días	jue 26/07/18	jue 16/08/18	30;32;33 2.935,46 €	



6.6. ANEXO 6: MATRIZ CON PRECEDENCIAS GENERALIZADAS

6.7. ANEXO 7: MATRIZ CON PRECEDENCIAS SIMPLES

	Dur	S.S.	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Limpieza del terreno	Excavación	Hormigón de limpieza	Zapata	Solera	Muro	Red de Saneamiento horizontal	Forjado	Losa inclinada	Fachadas	Cubierta inclinada	Cubierta plana transitable	Partición 1 hj LHD e 9 cm.Zonas húmedas	Partición LH7+MW-0.044/40+LH7 sin re. Garaje	Partición1 hj LHD e 7 cm. Zonas secas	Instalación de fontanería y saneamiento	Instalación de electricidad y telecomunicaciones	Revestimientos de paredes	Revestimientos de techos	Revestimientos de suelos	Carpintería exterior	Carpintería interior	Pinturas y acabados	Fin	Ficticia		
Limpieza del terreno	1	0	0	1	0	1	0	0																											
Excavación	15	1	1	16	1	16	0	0	0																										
Hormigón de limpieza	1	16	16	17	16	17	0	0		0																									
Zapata	6	17	17	23	17	23	0	0		-2	0																								
Solera	7	23	23	30	23	30	0	0				-3																							
Muro	11	19	19	30	19	30	0	0				-4																							
Red de Saneamiento horizontal	9	20	20	29	21	30	1	1				-5																							
Forjado	42	30	30	72	30	72	0	0				0	0	0	0																				
Losa inclinada	7	58	58	65	65	72	7	7								-22																			
Fachadas	18	72	72	90	72	90	0	0								0	0																		
Cubierta inclinada	13	90	90	103	90	103	0	0										0																	
Cubierta plana transitable	2	100	100	102	101	103	1	1										0																	
Partición 1 hj LHD e 9 cm.Zonas húmedas	4	99	99	103	99	103	0	0										0																	
Partición LH7+MW-0.044/40+LH7 sin re. Garaje	3	91	91	94	100	103	9	9										0																	
Partición1 hj LHD e 7 cm. Zonas secas	5	103	103	108	103	108	0	0											0	0	0	0													
Instalación de fontanería y saneamiento	44	106	106	150	106	150	0	0																-2											
Instalación de electricidad y telecomunicaciones	34	109	109	143	116	150	7	7																-2											
Revestimientos de paredes	20	150	150	170	150	170	0	0																	0	0									
Revestimientos de techos	6	170	170	176	170	176	0	0																			0								
Revestimientos de suelos	9	180	180	189	182	191	2	2																				-2							
Carpintería exterior	15	176	176	191	176	191	0	0																				0							
Carpintería interior	10	176	176	186	181	191	5	5																				0							
Pinturas y acabados	16	191	191	207	191	207	0	0																					0	0	0				
Fin	0	207	207	207	207	207	0	0																								0			
Ficticia	10	0	0	10	197	207	197	197																											
				207																															

6.8. ANEXO 8: LOOKAHEAD (PLANIFICACIÓN INTERMEDIA)

6.9. ANEXO 9: WEEKLY WORK PLAN (PLAN DE TRABAJO SEMANAL)

WWP		Week 1_2017										Week 1							Week 2								
		Dates										Production															
												01/11/2017	02/11/2017	03/11/2017	04/11/2017	05/11/2017	06/11/2017	07/11/2017	08/11/2017	09/11/2017	10/11/2017	11/11/2017	12/11/2017	13/11/2017	14/11/2017		
												mi	ju	vi	sab	dom	lu	ma	mi	ju	vi	sab	dom	lu	ma		
												1,0		1,0			1,0	1,0							1,0	1,0	
Act.#1	Limpieza del terreno	Compr	Res 1	A	A1	Rst.#1	Mat	01/11/2017	01/11/2017	7,00	7,00	100,00%	Yes														
Act.#2	Excavación	Compr	Res 1	B	B1	Rst.#2	Mat	02/11/2017	08/11/2017	5,00	4,00	80,00%	No		1,0	1,0											
Act.#2	Excavación	Compr	Res 1	B	B2	Rst.#2	Mat	09/11/2017	14/11/2017	4,00	4,00	100,00%	Yes														
Completed over Compromises												93,33%							66,67%								
Completed over Planed & BackLog												93,33%							66,67%								

WWP		Week 2_2017										Week 2							Week 3								
		Dates										Production															
												08/11/2017	09/11/2017	10/11/2017	11/11/2017	12/11/2017	13/11/2017	14/11/2017	15/11/2017	16/11/2017	17/11/2017	18/11/2017	19/11/2017	20/11/2017	21/11/2017		
												mi.2	ju.2	vi.2	sab5	dom.6	lu.2	ma.3	mi.3	ju.3	vi.3	sab6	dom.7	lu.3	ma.4		
													1,0	1,0			1,0	1,0	1,0						1,0	1,0	
Act.#2	Excavación	Compr	Res 1	B	B2	Rst.#2	Mat	09/11/2017	15/11/2017	5,00	5,00	100,00%	Yes														
Act.#2	Excavación	Compr	Res 1	B	B3	Rst.#3	Equ	16/11/2017	21/11/2017	4,00	4,00	100,00%	Yes														
Completed over Compromises												100,00%							100,00%								
Completed over Planed & BackLog												100,00%							100,00%								

WWP		Week 3_2017										Week 3							Week 4								
		Dates										Production															
												15/11/2017	16/11/2017	17/11/2017	18/11/2017	19/11/2017	20/11/2017	21/11/2017	22/11/2017	23/11/2017	24/11/2017	25/11/2017	26/11/2017	27/11/2017	28/11/2017		
												mi.4	ju5	vi.5	sab6	dom.7	lu.3	ma.4	mi.5	ju6	vi.6	sab7	dom.8	lu.7	ma.8		
												1,0						1,0	1,0	1,0							1,0
Act.#2	Excavación	Compr	Res 1	B	B2	Rst.#2	Mat	15/11/2017	15/11/2017	1,00	1,00	100,00%	Yes		1,0												
Act.#2	Excavación	Compr	Res 1	B	B3	Rst.#3	Equ	16/11/2017	22/11/2017	5,00	5,00	100,00%	Yes			1,0	1,0										
Act.#3	Hormigón de limpieza	Compr	Res 2	C	C1	Rst.#11	Sub	23/11/2017	23/11/2017	1,00	1,00	100,00%	Yes														
Act.#4	Zapata	Compr	Res 2	D	D1	Rst.#5	Equ	24/11/2017	28/11/2017	3,00	2,00	66,67%	No														
Act.#5	Muro	Compr	Res 2	E	E1	Rst.#6	Equ	28/11/2017	28/11/2017	1,00	1,00	100,00%	Yes														
Completed over Compromises												93,33%							80,00%								
Completed over Planed & BackLog												93,33%							80,00%								

WWP		Week 4_2017										Week 4							Week 5										
		Dates										Production																	
												22/11/2017	23/11/2017	24/11/2017	25/11/2017	26/11/2017	27/11/2017	28/11/2017	29/11/2017	30/11/2017	01/12/2017	02/12/2017	03/12/2017	04/12/2017	05/12/2017				
												mi.5	ju6	vi.6	sab7	dom.8	lu.7	ma.8	mi.9	ju10	vi.7	sab8	dom.9	lu.11	ma.12				
												1,0																	
Act.#2	Excavación	Compr	Res 1	B	B3	Rst.#3	Equ	22/11/2017	22/11/2017	1,00	1,00	100,00%	Yes		1,0														
Act.#3	Hormigón de limpieza	Compr	Res 2	C	C1	Rst.#11	Sub	23/11/2017	23/11/2017	1,00	1,00	100,00%	Yes			1,0													
Act.#4	Zapata	Compr	Res 2	D	D1	Rst.#5	Equ	24/11/2017	28/11/2017	3,00	2,00	66,67%	No																
Act.#4	Zapata	Compr	Res 2	D	D2	Rst.#12	Sub	29/11/2017	01/12/2017	3,00	4,00	133,33%	Yes																
Act.#5	Muro	Compr	Res 2	E	E1	Rst.#6	Equ	28/11/2017	04/12/2017	5,00	5,00	100,00%	Yes																
Act.#5	Muro	Compr	Res 2	E	E2	Rst.#13	Clim	05/12/2017	05/12/2017	1,00	1,00	100,00%	Yes																
Act.#6	Solera	BackLog	Res 2	F	F1	Rst.#7	Equ	29/11/2017	04/12/2017	4,00	3,00	75,00%	No																
Act.#6	Solera	BackLog	Res 2	F	F2	Rst.#14	Clim	05/12/2017	05/12/2017	1,00	1,00	100,00%	Yes																
Act.#7	Red de Saneamiento Horizontal	Compr	Res 3	G	G1	Rst.#8	Equ	30/11/2017	05/12/2017	4,00	4,00	100,00%	Yes																
Completed over Compromises												100,00%							85,71%										
Completed over Planed & BackLog												97,22%							77,78%										

WWP		Week 5_2017										Week 5							Week 6									
		Dates										Production																
												29/11/2017	30/11/2017	01/12/2017	02/12/2017	03/12/2017	04/12/2017	05/12/2017	06/12/2017	07/12/2017	08/12/2017	09/12/2017	10/12/2017	11/12/2017	12/12/2017			
												mi.9	ju10	vi.7	sab8	dom.9	lu.11	ma.12	mi.13	ju14	vi.8	sab9	dom.1	lu.15	ma.16			
												1,0	1,0	1,0			1,0											
Act.#4	Zapata	Compr	Res 2	D	D2	Rst.#12	Sub	29/11/2017	01/12/2017	3,00	4,00	133,33%	Yes		1,0	1,0	1,0											
Act.#5	Muro	Compr	Res 2	E	E1	Rst.#6	Equ	29/11/2017	04/12/2017	4,00	4,00	100,00%	Yes		1,0	1,0	1,0											
Act.#5	Muro	Compr	Res 2	E	E2	Rst.#13	Clim	05/12/2017	12/12/2017	4,00	4,00	100,00%	Yes															
Act.#6	Solera	BackLog	Res 2	F	F1	Rst.#7	Equ	29/11/2017	04/12/2017	4,00	3,00	75,00%	No		1,0	1,0	1,0											
Act.#6	Solera	BackLog	Res 2	F	F2	Rst.#14	Clim	05/12/2017	07/12/2017	3,00	4,00	133,33%	Yes															
Act.#7	Red de Saneamiento Horizontal	Compr	Res 3	G	G1	Rst.#8	Equ	30/11/2017	06/12/2017	5,00	5,00	100,00%	Yes			1,0	1,0	1,0										
Act.#7	Red de Saneamiento Horizontal	Compr	Res 3	G	G2	Rst.#8	Sub	07/12/2017	12/12/2017	4,00	3,00	75,00%	No															
Completed over Compromises												101,67%							80,00%									
Completed over Planed & BackLog												102,38%							71,43%									

WWP		Week_6_2017							Dates		Production		Week 6					Week 7										
Id Act	Activity	Class	Resp	Zone	Area	Restr	Cause	Start	Finish	Scheduled	Performed	Pct (%)	Target	mi.13	ju14	vi.8	sab9	dom.1	lu.15	ma.16	mi.17	ju18	vi.9	sab10	dom.1	lu.19	ma.20	
Act.#5	Muro	Compr	Res 2	E	E2	Rst.#13	Clim	06/12/2017	12/12/2017	5,00	5,00	100,00%	Yes	1,0	1,0	1,0			1,0	1,0								
Act.#6	Solera	BackLog	Res 2	F	F2	Rst.#14	Clim	06/12/2017	07/12/2017	2,00	3,00	150,00%	Yes	1,0	1,0	1,0												
Act.#7	Red de Saneamiento Horizontal	Compr	Res 3	G	G1	Rst.#8	Equ	06/12/2017	06/12/2017	1,00	1,00	100,00%	Yes	1,0														
Act.#7	Red de Saneamiento Horizontal	Compr	Res 3	G	G2	Rst.#8	Sub	07/12/2017	12/12/2017	4,00	3,00	75,00%	No		1,0	1,0			1,0									
Act.#8	Forjado	Compr	Res 2	H	H1	Rst.#9	Equ	13/12/2017	19/12/2017	5,00	5,00	100,00%	Yes								1,0	1,0	1,0				1,0	1,0
Completed over Compromises												93,75%														75,00%		
Completed over Planed & BackLog												105,00%														80,00%		

WWP		Week_7_2017							Dates		Production		Week 7					Week 8										
Id Act	Activity	Class	Resp	Zone	Area	Restr	Cause	Start	Finish	Scheduled	Performed	Pct (%)	Target	mi.17	ju18	vi.9	sab10	dom.1	lu.19	ma.20	mi.21	ju22	vi.10	sab11	dom.1	lu.23	ma.24	
Act.#8	Forjado	Compr	Res 2	H	H1	Rst.#9	Equ	13/12/2017	26/12/2017	10,00	10,00	100,00%	Yes	1,0	1,0	1,0			1,0	1,0	1,0	1,0	1,0				1,0	1,0
Completed over Compromises												100,00%														100,00%		

WWP		Week_8_2017							Dates		Production		Week 8					Week 9										
Id Act	Activity	Class	Resp	Zone	Area	Restr	Cause	Start	Finish	Scheduled	Performed	Pct (%)	Target	mi.21	ju22	vi.10	sab11	dom.1	lu.23	ma.24	mi.25	ju26	vi.11	sab12	dom.1	lu.27	ma.28	
Act.#8	Forjado	Compr	Res 2	H	H1	Rst.#9	Equ	20/12/2017	26/12/2017	5,00	5,00	100,00%	Yes	1,0	1,0	1,0			1,0	1,0								
Act.#8	Forjado	Compr	Res 2	H	H2	Rst.#15	Sub	27/12/2017	02/01/2018	5,00	5,00	100,00%	No								1,0	1,0					1,0	1,0
Completed over Compromises												100,00%														50,00%		
Completed over Planed & BackLog												100,00%														50,00%		

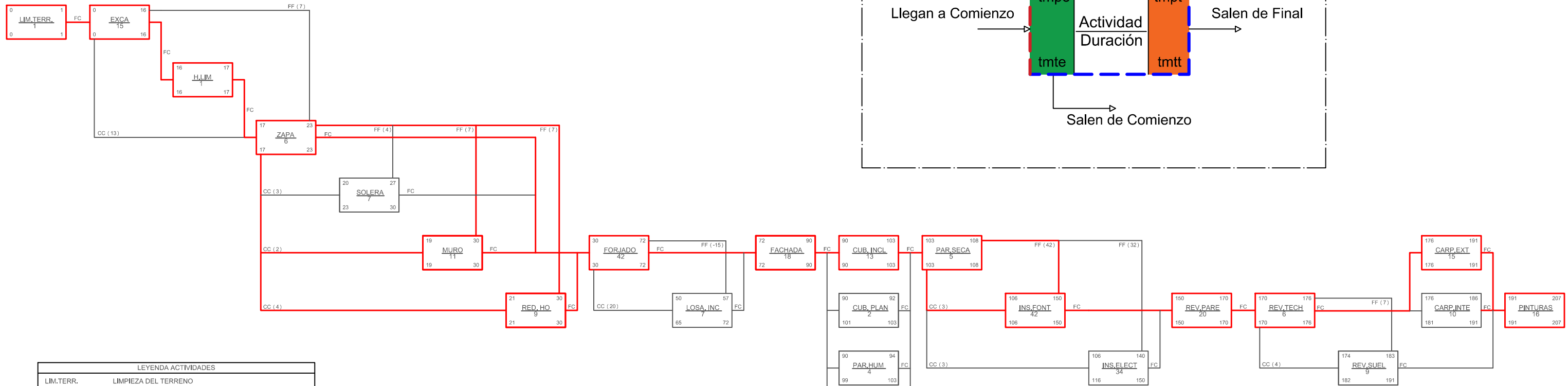
WWP		Week_9_2017							Dates		Production		Week 9					Week 10											
Id Act	Activity	Class	Resp	Zone	Area	Restr	Cause	Start	Finish	Scheduled	Performed	Pct (%)	Target	mi.25	ju26	vi.11	sab12	dom.1	lu.27	ma.28	mi.29	ju30	vi.12	sab13	dom.1	lu.31	ma.32		
Act.#8	Forjado	Compr	Res 2	H	H2	Rst.#15	Sub	27/12/2017	09/01/2018	10,00	9,00	90,00%	No	1,0	1,0	1,0			1,0	1,0	1,0	1,0	1,0				1,0	1,0	
Act.#8	Forjado	Compr	Res 2	H	H3	Rst.#9	Equ	10/01/2018	23/01/2018	1,00	1,00	100,00%	Yes															1,0	1,0
Completed over Compromises												95,00%														50,00%			
Completed over Planed & BackLog												95,00%														50,00%			

WWP		Week_10_2017							Dates		Production		Week 10					Week 11										
Id Act	Activity	Class	Resp	Zone	Area	Restr	Cause	Start	Finish	Scheduled	Performed	Pct (%)	Target	mi.29	ju30	vi.12	sab13	dom.1	lu.31	ma.32	mi.33	ju34	vi.13	sab14	dom.1	lu.35	ma.36	
Act.#8	Forjado	Compr	Res 2	H	H2	Rst.#15	Sub	03/01/2018	09/01/2018	5,00	4,00	80,00%	No	1,0	1,0	1,0			1,0									
Act.#8	Forjado	Compr	Res 2	H	H3	Rst.#9	Equ	10/01/2018	16/01/2018	5,00	6,00	120,00%	Yes							1,0	1,0	1,0	1,0				1,0	1,0
Act.#9	Losa inclinada	BackLog	Res 2	I	I1	Rst.#10	Equ	10/01/2018	15/01/2018	4,00	4,00	100,00%	Yes								1,0	1,0	1,0				1,0	1,0
Act.#9	Losa inclinada	BackLog	Res 2	I	I2	Rst.#16	Sub	16/01/2018	16/01/2018	1,00	1,00	100,00%	Yes															1,0
Completed over Compromises												100,00%														50,00%		
Completed over Planed & BackLog												100,00%														75,00%		

WWP		Week_11_2017							Dates		Production		Week 11					Week 12										
Id Act	Activity	Class	Resp	Zone	Area	Restr	Cause	Start	Finish	Scheduled	Performed	Pct (%)	Target	mi.33	ju34	vi.13	sab14	dom.1	lu.35	ma.36	mi.37	ju38	vi.14	sab15	dom.1	lu.39	ma.40	
Act.#8	Forjado	Compr	Res 2	H	H3	Rst.#9	Equ	10/01/2018	23/01/2018	10,00	10,00	100,00%	Yes	1,0	1,0	1,0			1,0	1,0	1,0	1,0	1,0				1,0	1,0
Act.#9	Losa inclinada	BackLog	Res 2	I	I1	Rst.#10	Equ	10/01/2018	15/01/2018	4,00	4,00	100,00%	Yes	1,0	1,0	1,0			1,0									
Act.#9	Losa inclinada	BackLog	Res 2	I	I2	Rst.#16	Sub	16/01/2018	18/01/2018	3,00	3,00	100,00%	Yes							1,0	1,0	1,0						
Completed over Compromises												100,00%														100,00%		
Completed over Planed & BackLog												100,00%														100,00%		

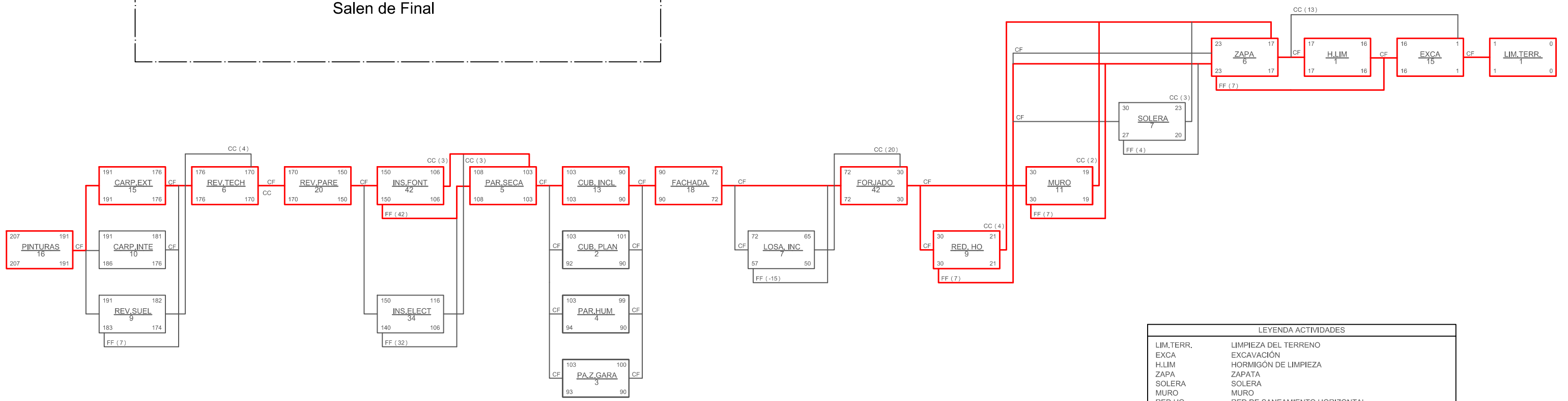
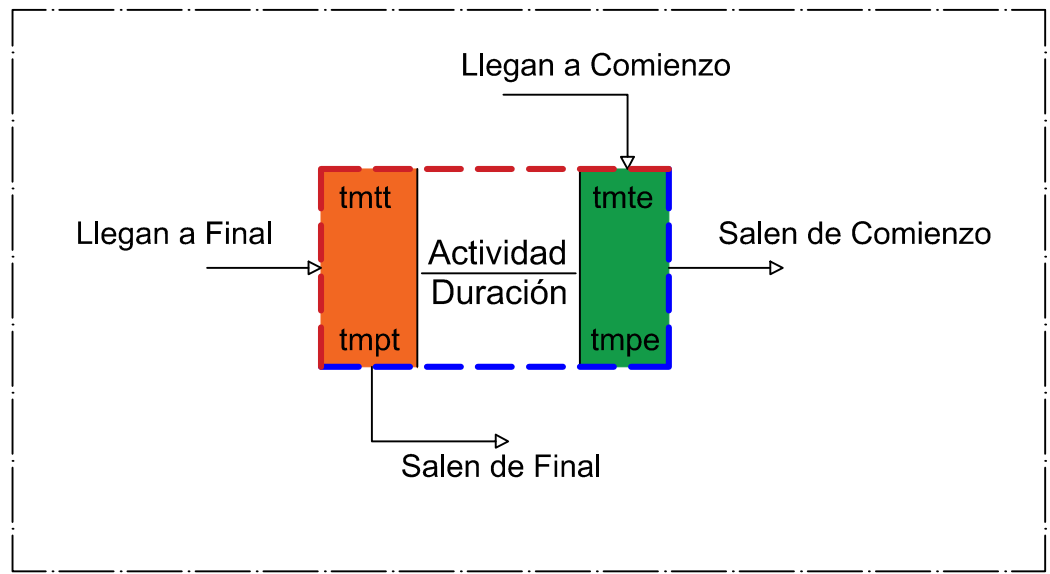
WWP		Week_12_2017							Dates		Production		Week 12					Week 13										
Id Act	Activity	Class	Resp	Zone	Area	Restr	Cause	Start	Finish	Scheduled	Performed	Pct (%)	Target	mi.37	ju38	vi.14	sab15	dom.1	lu.39	ma.40	mi.41	ju42	vi.15	sab16	dom.1	lu.43	ma.44	
Act.#8	Forjado	Compr	Res 2	H	H3	Rst.#9	Equ	17/01/2018	23/01/2018	5,00	5,00	100,00%	Yes	1,0	1,0	1,0			1,0	1,0								
Act.#8	Forjado	Compr	Res 2	H	H4	Rst.#15	Clim	24/01/2018	30/01/2018	5,00	5,00	100,00%	Yes							1,0	1,0	1,0	1,0				1,0	1,0
Act.#9	Losa inclinada	BackLog	Res 2	I	I2	Rst.#16	Sub	17/01/2018	18/01/2018	3,00	3,00	100,00%	Yes	1,0	1,0												1,0	1,0
Completed over Compromises												100,00%														100,00%		
Completed over Planed & BackLog												100,00%														100,00%		

6.10. ANEXO 10: RED DE PRECEDENCIAS



LEYENDA ACTIVIDADES	
LIM.TERR.	LIMPIEZA DEL TERRENO
EXCA	EXCAVACIÓN
H.LIM	HORMIGÓN DE LIMPIEZA
ZAPA	ZAPATA
SOLERA	SOLERA
MURO	MURO
RED.HO	RED DE SANEAMIENTO HORIZONTAL
FORJADO	FORJADO
LOSA.INC	LOSA INCLINADA
FACHADA	FACHADAS
CUB. INCL	CUBIERTA INCLINADA
CUB. PLAN	CUBIERTA PLANA TRANSITABLE
PAR.HUM	PARTICIÓN 1 HJ LHD e 9 CM. ZONAS HÚMEDAS
PA.Z.GARA	PARTICIÓN LH7+MW-0,044/40+LH7 SIN REV. GARAJE
PAR.SECA	PARTICIÓN 1 HJ LHD e 7 CM. ZONAS SECAS
INS.FONT	INSTALACIÓN DE FONTANERÍA Y SANEAMIENTO
INS.ELECT	INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES
REV.PARE	REVESTIMIENTO DE PAREDES
REV.TECH	REVESTIMIENTOS DE TECHOS
REV.SUEL	REVESTIMIENTOS DE SUELOS
CARP.EXT	CARPINTERÍA EXTERIOR
CARP.INTE	CARPINTERÍA INTERIOR
PINTURAS	PINTURAS Y ACABADOS

6.11. ANEXO 11: RED LEAN

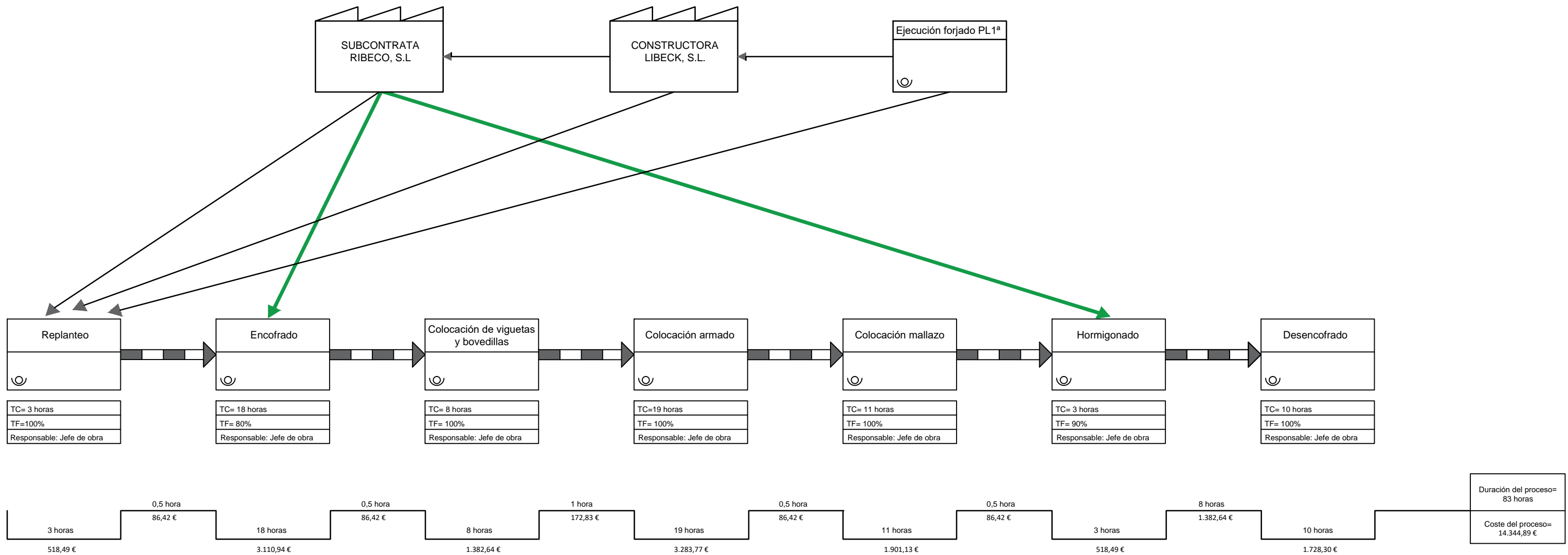


LEYENDA ACTIVIDADES	
LIM.TERR.	LIMPIEZA DEL TERRENO
EXCA	EXCAVACIÓN
H.LIM	HORMIGÓN DE LIMPIEZA
ZAPA	ZAPATA
SOLERA	SOLERA
MURO	MURO
RED.HO	RED DE SANEAMIENTO HORIZONTAL
FORJADO	FORJADO
LOSA.INC	LOSA INCLINADA
FACHADA	FACHADAS
CUB. INCL	CUBIERTA INCLINADA
CUB. PLAN	CUBIERTA PLANA TRANSITABLE
PAR.HUM	PARTICIÓN 1 HJ LHD e 9 CM. ZONAS HÚMEDAS
PA.Z.GARA	PARTICIÓN LH7+MW-0.044/40+LH7 SIN REV. GARAJE
PAR.SECA	PARTICIÓN 1 HJ LHD e 7 CM. ZONAS SECAS
INS.FONT	INSTALACIÓN DE FONTANERÍA Y SANEAMIENTO
INS.ELECT	INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES
REV.PARE	REVESTIMIENTO DE PAREDES
REV.TECH	REVESTIMIENTOS DE TECHOS
REV.SUEL	REVESTIMIENTOS DE SUELOS
CARP.EXT	CARPINTERÍA EXTERIOR
CARP.INTE	CARPINTERÍA INTERIOR
PINTURAS	PINTURAS Y ACABADOS

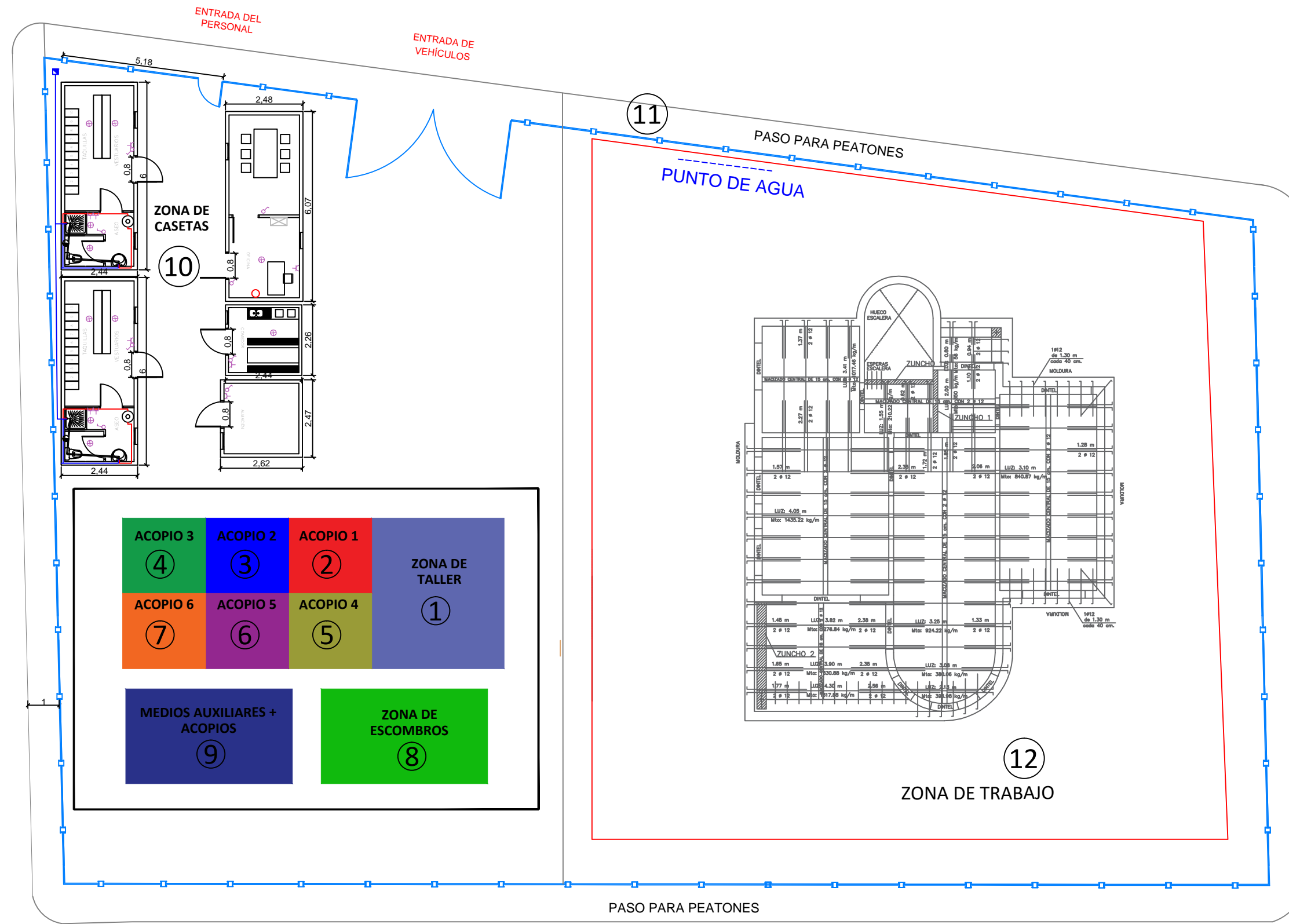
6.12. ANEXO 12: CÁLCULO DE LÍNEAS DE BALANCE (LOB)

Actividad	Zona	MC	N	Cantidad	Rendimiento	hT	Equipo	Jornada	Dificultad	Duracion		IdTarea	IdZona	IdMC	L1	L2	L3	L4	L5	ES	EF	Continuidad	Desfase	IP	FP	Idsinc	User1	TipoTarea	
Limpieza del terreno	B	Limpieza del terrenoB	N1	131,00	0,2000	26,20	3	8	1	1	0	5	1	11	1.11						0	1	-1,1	0	01/11/2017	02/11/2017	1	Limpieza del terreno-B	Excavar
Excavación	B1	ExcavaciónB1	N2	271,99	0,3500	95,20	7	8	3	5	0	2	2	12	2.12		11			0	5	0	0	01/11/2017	08/11/2017	1	Excavación-B1	Excavar	
Excavación	B2	ExcavaciónB2	N2	271,99	0,3500	95,20	7	8	3	5	2	4	2	21	2.21		12			5	10	0	0	08/11/2017	15/11/2017	1	Excavación-B2	Excavar	
Excavación	B3	ExcavaciónB3	N2	271,99	0,3500	95,20	7	8	3	5	4	5	2	22	2.22		21			10	15	0	0	15/11/2017	22/11/2017	1	Excavación-B3	Excavar	
Hormigón de limpieza	HL-B1	Hormigón de limpiezaHL-B1	N3	65,49	0,2000	13,10	2	8	1	1	0	5	3	111	3.111	1.11					16	17	0,2	0	23/11/2017	23/11/2017	1	Hormigón de limpieza-HL-B1	Hormigonado
Zapata	Z1-B1	ZapataZ1-B1	N4	17,46	1,930	33,70	4	8	2	2	0	2	4	112	4.112	1.11	111				17	19	0	0	24/11/2017	28/11/2017	1	Zapata-Z1-B1	Zapata
Zapata	Z2-B2	ZapataZ2-B2	N4	17,46	1,930	33,70	4	8	2	2	2	4	4	113	4.113	1.11	112				19	21	0	0	28/11/2017	30/11/2017	1	Zapata-Z2-B2	Zapata
Zapata	Z3-B3	ZapataZ3-B3	N4	17,46	1,930	33,70	4	8	2	2	4	5	4	121	4.121	1.12	113				21	23	-4	0	30/11/2017	04/12/2017	1	Zapata-Z3-B3	Zapata
Muro	M1-B1	MuroM1-B1	N5	32,35	1,900	61,47	5	8	3	5	0	3	5	122	5.122	1.12	121				19	24	0	0	28/11/2017	04/12/2017	1	Muro-M1-B1	Muro
Muro	M2-B2	MuroM2-B2	N5	32,35	2,5000	80,88	5	8	3	6	3	5	5	123	5.123	1.12	122				24	30	-9,7	0	04/12/2017	12/12/2017	1	Muro-M2-B2	Muro
Solera	S1-B1	SoleraS1-B1	N6	33,90	1,400	47,46	4	8	3	4	0	3	6	211	6.211	1.21	123				20	24	0	0	29/11/2017	05/12/2017	1	Solera-S1-B1	Solera
Solera	S2-B2	SoleraS2-B2	N6	33,90	1,4000	47,46	4	8	2	3	3	5	6	212	6.212	1.21	211				24	27	-6	0	05/12/2017	08/12/2017	1	Solera-S2-B2	Solera
Red de Saneamiento Horizontal	RH-B1	Red de Saneamiento HorizontalRH-B1	N7	14,00	2,500	35,00	5	8	3	3	0	2	7	213	7.213	1.21	212				21	24	0	0	30/11/2017	04/12/2017	1	Red de Saneamiento Horizontal-RH-B1	Red. San
Red de Saneamiento Horizontal	RH-B2	Red de Saneamiento HorizontalRH-B2	N7	14,00	2,500	35,00	5	8	3	3	2	4	7	221	7.221	1.22	213				24	27	0	0	04/12/2017	08/12/2017	1	Red de Saneamiento Horizontal-RH-B2	Red. San
Red de Saneamiento Horizontal	RH-B3	Red de Saneamiento HorizontalRH-B3	N7	14,00	2,5000	35,00	5	8	3	3	4	5	7	222	7.222	1.22	221				27	29	1	0	08/12/2017	12/12/2017	1	Red de Saneamiento Horizontal-RH-B3	Red. San
Forjado	F1-B1	ForjadoF1-B1	N8	75,10	2,200	165,22	8	8	4	10	0	1	8	223	8.223	1.21	222				30	40	0	0	13/12/2017	27/12/2017	1	Forjado-F1-B1	Forjado
Forjado	F1-B2	ForjadoF1-B2	N8	75,10	2,200	165,22	8	8	4	10	2	3	8	111	8.111	2.12	223				40	50	0	0	27/12/2017	10/01/2018	1	Forjado-F1-B2	Forjado
Forjado	F1-B3	ForjadoF1-B3	N8	75,10	2,200	165,22	8	8	4	10	3	4	8	112	8.112	2.12	224				50	60	0	0	10/01/2018	24/01/2018	1	Forjado-F1-B3	Forjado
Forjado	F1-B4	ForjadoF1-B4	N8	75,10	2,5000	187,75	8	8	4	12	4	5	8	12	8.12	2.12	112				60	72	0	-6	24/01/2018	09/02/2018	1	Forjado-F1-B4	Forjado
Losa inclinada	L1-B1	Losa inclinadaL1-B1	N9	11,67	2,500	29,18	4	8	4	4	0	3	9	121	9.121	2	113				50	54	0	0	10/01/2018	15/01/2018	1	Losa inclinada-L1-B1	Losa
Losa inclinada	L1-B2	Losa inclinadaL1-B2	N9	11,67	2,2000	25,67	4	8	4	3	3	5	9	122	9.122	2	121				54	57	15	0	15/01/2018	19/01/2018	1	Losa inclinada-L1-B2	Losa
Fachadas	F1-B1	FachadasF1-B1	N10	74,41	1,600	119,05	6	8	2	5	0	2	10	123	10.123	2	122				72	77	0	0	09/02/2018	16/02/2018	1	Fachadas-F1-B1	Fachadas
Fachadas	F1-B2	FachadasF1-B2	N10	74,41	1,600	119,05	6	8	2	5	2	4	10	211	10.211	2	123				77	82	0	0	16/02/2018	23/02/2018	1	Fachadas-F1-B2	Fachadas
Fachadas	F1-B3	FachadasF1-B3	N10	74,41	1,8000	133,93	6	8	3	8	4	5	10	212	10.212	2	211				82	90	0	0	23/02/2018	07/03/2018	1	Fachadas-F1-B3	Fachadas
Cubierta plana transitable	CP-B1	Cubierta plana transitableCP-B1	N11	10,81	1,700	18,37	2	8	1	1	0	3	11	213	11.213	2	212				90	91	0	0	07/03/2018	08/03/2018	1	Cubierta plana transitable-CP-B1	Cub.plana
Cubierta plana transitable	CP-B1	Cubierta plana transitableCP-B1	N11	10,81	1,7000	18,37	2	8	1	1	3	5	11	221	11.221	2	213				91	92	-2,2	0	08/03/2018	09/03/2018	1	Cubierta plana transitable-CP-B1	Cub.plana
Cubierta inclinada	CI-B1	Cubierta inclinadaCI-B1	N12	64,55	1,200	77,46	5	8	3	6	0	3	12	222	12.222	2	221				90	96	0	0	07/03/2018	14/03/2018	1	Cubierta inclinada-CI-B1	Cub. Incli
Cubierta inclinada	CI-B2	Cubierta inclinadaCI-B2	N12	64,55	1,400	90,37	5	8	3	7	3	5	12	223	12.223	2	222				96	103	0	0	14/03/2018	23/03/2018	1	Cubierta inclinada-CI-B2	Cub. Incli
Partición 1 h LHD e 9 cm.Zonas húmedas	P1-B1	Partición 1 h LHD e 9 cm.Zonas húmedasP1-B1	N13	18,62	1,600	29,78	2	8	1	2	0	3	13	111	13.111	3					90	92	0	0	07/03/2018	08/03/2018	1	Partición 1 h LHD e 9 cm.Zonas húmedas-P1-B1	Parti. Hum
Partición 1 h LHD e 9 cm.Zonas húmedas	P1-B2	Partición 1 h LHD e 9 cm.Zonas húmedasP1-B2	N13	18,62	1,600	29,78	2	8	1	2	3	5	13	112	13.112	3	111				92	94	-3,8	0	08/03/2018	12/03/2018	1	Partición 1 h LHD e 9 cm.Zonas húmedas-P1-B2	Parti. Hum
Partición LH7+MW-0.044/40+LH7. Garaje	P2-B1	Partición LH7+MW-0.044/40+LH7. GarajeP2-B1	N14	6,62	1,600	10,58	2	8	1	1	0	3	14	113	14.113	3	112				90	91	0	0	07/03/2018	07/03/2018	1	Partición LH7+MW-0.044/40+LH7. Garaje-P2-B1	Parti. Gara
Partición LH7+MW-0.044/40+LH7. Garaje	P2-B2	Partición LH7+MW-0.044/40+LH7. GarajeP2-B2	N14	6,62	1,700	11,25	2	8	3	2	3	5	14	121	14.121	3	113				91	93	10,2	0	07/03/2018	09/03/2018	1	Partición LH7+MW-0.044/40+LH7. Garaje-P2-B2	Parti. Gara
Partición1 h LHD e 7 cm. Zonas secas	P3-B1	Partición1 h LHD e 7 cm. Zonas secasP3-B1	N15	31,54	1,600	50,46	2	8	1	3	0	3	15	122	15.122	3	121				103	106	0	0	26/03/2018	29/03/2018	1	Partición1 h LHD e 7 cm. Zonas secas-P3-B1	Parti. Seca
Partición1 h LHD e 7 cm. Zonas secas	P3-B2	Partición1 h LHD e 7 cm. Zonas secasP3-B2	N15	31,54	1,200	37,84	2	8	1	2	3	5	15	123	15.123	3	122				106	108	-2	0	29/03/2018	02/04/2018	1	Partición1 h LHD e 7 cm. Zonas secas-P3-B2	Parti. Seca
Instalación de fontanería y saneamiento	FO-B1	Instalación de fontanería y saneamientoFO-B1	N16	6,80	9,000	61,20	8	8	8	8	0	1	16	211	16.211	3	123				106	114	0	0	29/03/2018	09/04/2018	1	Instalación de fontanería y saneamiento-FO-B1	Ins. Fonta
Instalación de fontanería y saneamiento	FO-B2	Instalación de fontanería y saneamientoFO-B2	N16	6,80	9,000	61,20	8	8	8	8	1	2	16	212	16.212	3	211				114	122	0	0	09/04/2018	20/04/2018	1	Instalación de fontanería y saneamiento-FO-B2	Ins. Fonta
Instalación de fontanería y saneamiento	FO-B3	Instalación de fontanería y saneamientoFO-B3	N16	6,80	9,000	61,20	8	8	8	8	2	3	16	213	16.213	3	212				122	130	0	0	20/04/2018	01/05/2018	1	Instalación de fontanería y saneamiento-FO-B3	Ins. Fonta
Instalación de fontanería y saneamiento	FO-B4	Instalación de fontanería y saneamientoFO-B4	N16	6,80	10,000	68,00	8	8	9	10	3	4	16	221	16.221	3	213				130	140	0	0	01/05/2018	16/05/2018	1	Instalación de fontanería y saneamiento-FO-B4	Ins. Fonta
Instalación de fontanería y saneamiento	FO-B5	Instalación de fontanería y saneamientoFO-B5	N16	6,80	10,000	68,00	8	8	9	10	4	5	16	222	16.222	3	221				140	150	-44	0	16/05/2018	30/05/2018	1	Instalación de fontanería y saneamiento-FO-B5	Ins. Fonta
Instalación de electricidad y telecomunicación	EL-B1	Instalación de electricidad y telecomunicaciónEL-B1	N17	13,25	9,000	119,25	8	8	4	8	0	1	17	223	17.223	3	222				106	114	0	0	29/03/2018	09/04/2018	1	Instalación de electricidad y telecomunicación-EL-B1	Ins. Ele
Instalación de electricidad y telecomunicación	EL-B2	Instalación de electricidad y telecomunicaciónEL-B2	N17	13,25	9,000	119,25	8	8	4	8	2	3	17	223	17.223	3	222				114	122	1	0	10/04/2018	20/04/2018	2	Instalación de electricidad y telecomunicación-EL-B2	Ins. Ele
Instalación de electricidad y telecomunicación	EL-B3	Instalación de electricidad y telecomunicaciónEL-B3	N17	13,25	9,000	119,25	8	8	4	8	3	4	17	223	17.223	3	222				122	130	2	0	20/04/2018	01/05/2018	3	Instalación de electricidad y telecomunicación-EL-B3	Ins. Ele
Instalación de electricidad y telecomunicación	EL-B4	Instalación de electricidad y telecomunicaciónEL-B4	N17	13,25	10,000	132,50	8	8	5	10	4	5	17	223	17.223	3	222				130	140	3	0	02/05/2018	16/05/2018	1	Instalación de electricidad y telecomunicación-EL-B4	Ins. Ele
Revestimientos de paredes	RP-B1	Revest																											

6.13. ANEXO 13: VALUE STREAM MAPPING-SITUACIÓN ACTUAL

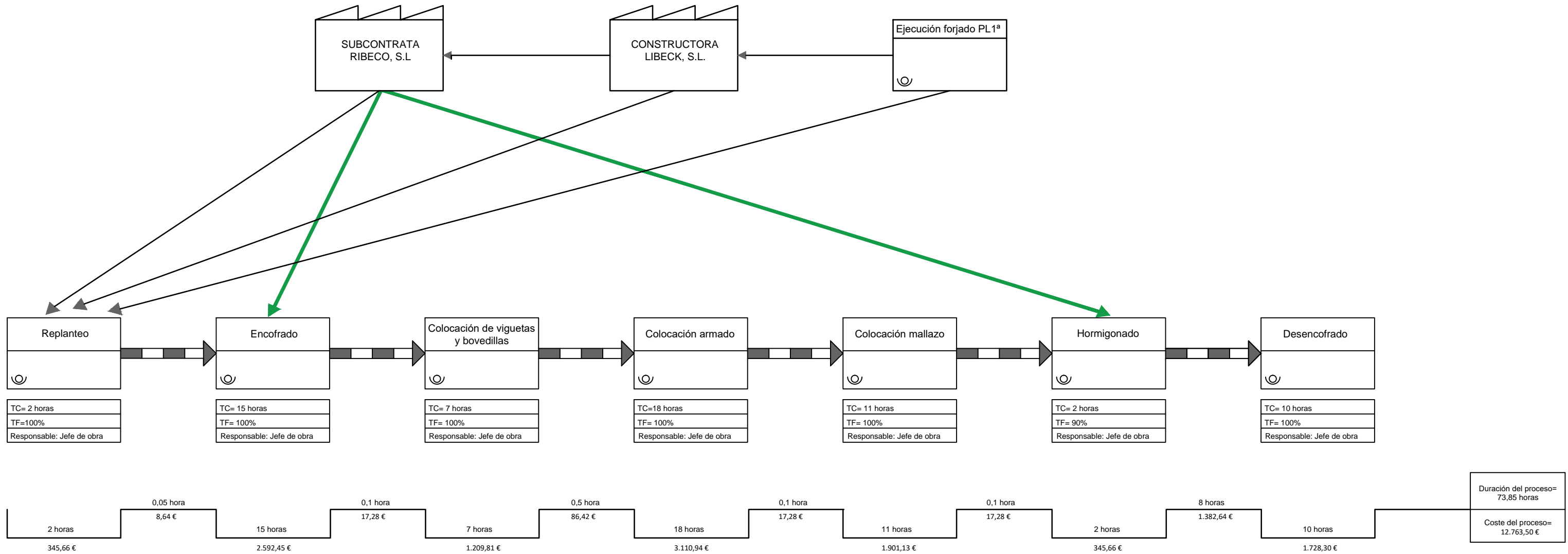


6.14. ANEXO 13.1: APLICACIÓN DE LAS 5S



LEYENDA			
1 ZONA DE TALLER	4 ACOPIO 3: VIGUETAS PRETENSADAS	7 ACOPIO 6: HERRAMIENTAS	10 ZONA DE CASSETAS
2 ACOPIO 1: FERRALLA	5 ACOPIO 4: PROBETAS	8 ZONA DE ESCOMBROS	11 VALLADO
3 ACOPIO 2: BOVEDILLAS	6 ACOPIO 5: HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA	9 MEDIOS AUXILIARES + ACOPIOS	12 ZONA DE TRABAJO

6.15. ANEXO 14: VALUE STREAM MAPPING-SITUACIÓN FUTURA



6.16. ANEXO 15: MATRIZ DE RESPONSABILIDADES

MATRIZ DE RESPONSABILIDADES

BIM MANAGER (CR PROYECTOS)	BIM MANAGER ARQ. ARQUITECTURA (CR Proyectos)				BIM MANAGER MEP. INSTALACIONES (CR PROYECTOS)		BIM MANAGER STR. ESTRUCTURA (CR PROYECTOS)			DEPARTAMENTO DE CALIDAD Y SEGURIDAD		DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN	DEPARTAMENTO DE RECURSOS HUMANOS	SUBCONTRATA A. EMPRESA GEOTÉCNICA	SUBCONTRATA B
	ARQUITECTO I	INGENIERO I	ARQUITECTO TEC.	DELINEANTE	ARQUITECTO II	INGENIERO II	ESTRUCTURISTA	ARQUITECTO III	INGENIERO III	DEPARTAMENTO DE CALIDAD	DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD				
1. VIVIENDA UNIFAMILIAR CHESTE 68															
1.1. ESTUDIOS PREVIOS															
1.1.1. MODELADO CONCEPTUAL BIM															
1.1.2. ESTUDIO DE VIABILIDAD															
1.1.2.1. DEFINIR EL ÁMBITO DE ESTUDIO Y SITUACIÓN ACTUAL															
1.1.2.2. PROGRAMA DE NECESIDADES															
1.1.2.3. ESTUDIO Y DEFINICIÓN DEL TAMAÑO DEL PROYECTO															
1.1.2.4. ESTIMACIÓN DE COSTES															
1.1.3. ESTUDIO GEOTÉCNICO															
1.1.4. ESTUDIO ECONÓMICO															
1.1.5. ANÁLISIS ENERGÉTICO															
1.1.6. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL															
1.2. REDACCIÓN DEL PROYECTO															
1.2.1. MEMORIA															
1.2.2. MODELADO ARQUITECTÓNICO															
1.2.2.1. VOLUMETRÍA DEFINIDA															
1.2.2.2. DEFINICIÓN ESPECÍFICA DE SISTEMAS Y MATERIALES															
1.2.2.3. DISTRIBUCIÓN DETALLADA DE CADA PLANTA, CUMPLIMIENTO CTE															
1.2.3. MODELADO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL															
1.2.3.1. PREDIMENSIONADO															
1.2.3.2. DEFINICIÓN DE MATERIALES															
1.2.3.3. DIMENSIONADO Y ARMADO															
1.2.4. MODELADO Y CÁLCULO DE INSTALACIONES															
1.2.4.1. PREDIMENSIONADO															
1.2.4.2. UBICACIÓN EQUIPOS Y CALIDADES															
1.2.4.3. DIMENSIONADO, MARCAS Y MODELOS															
1.2.5. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES															
1.2.6. MEDICIONES Y PRESUPUESTOS															
1.2.6.1. PREDIMENSIONADO															
1.2.6.2. UBICACIÓN EQUIPOS Y CALIDADES															
1.2.7. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD															
1.2.8. ESTUDIO DE GESTIÓN DE CALIDAD															
1.2.9. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS															
1.3. CONTRATACIÓN															
1.3.1. ELABORACIÓN DE BASES DEL CONCURSO															
1.3.2. CONVOCATORIA / LICITACIÓN															
1.3.3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PRESENTADAS															
1.3.4. ADJUDICACIÓN Y FIRMA DE CONTRATO															
1.4. EJECUCIÓN DE OBRA															
1.4.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS															
1.4.2. CIMENTACIÓN															
1.4.3. RED DE SANEAMIENTO HORIZONTAL															
1.4.4. ESTRUCTURA															
1.4.5. FACHADA															
1.4.6. CUBIERTAS															
1.4.7. PARTICIONES INTERIORES															
1.4.8. INSTALACIONES															
1.4.8.1. INSTALACIÓN DE FONTANERÍA Y SANEAMIENTO															
1.4.8.2. INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES															
1.4.9. REVESTIMIENTOS															
1.4.9.1. REVESTIMIENTOS EN PAREDES															
1.4.9.2. REVESTIMIENTOS EN SUELOS															
1.4.8.2. REESTIMIENTOS EN TECHOS															
1.4.10. CARPINTERÍAS															
1.4.10.1. ICARPINTERÍA EXTERIOR															
1.4.10.2. CARPINTERÍA INTERIOR															
1.4.11. PINTURAS															
1.4.12. SEÑALIZACIÓN Y EQUIPAMIENTOS															
1.5. CIERRE															
1.5.1. ENTREGA PROVISIONAL															
1.5.2. ENTREGA Y RECEPCIÓN															
1.5.3. GARANTÍA															

SIMBOLOGÍA	
TAREAS	SIMBOLO
INTERVIENE EN LA ACTIVIDAD	
RESPONSABLE DEL TAREA	
RESPONSABLE DE PROCESO	
LINEA DE PROCESO	
LINEA DE TAREA	

EMPRESA CONTRATADA	EMPRESA CONSTRUCTORA (LIBECK)	SUBCONTRATA EXCAVACIONES LUJÁN	SUBCONTRATA RIBECO	SUBCONTRATA FACHADAS FADE	SUBCONTRATA CUBIERTAS MUÑOZ	SUBCONTRATA JUANJO GARCÍA	SUBCONTRATA JUCAR	SUBCONTRATA CENTELLES	SUBCONTRATA ACABADOS GARCÍA	SUBCONTRATA HABITISSIMO	SUBCONTRATA ALUMNONT	SUBCONTRATA TAMASA	SUBCONTRATA PINTURAS CARBONELL
1. VIVIENDA UNIFAMILIAR CHESTE 68													
1.1. ESTUDIOS PREVIOS													
1.1.1. MODELADO CONCEPTUAL BIM													
1.1.2. ESTUDIO DE VIABILIDAD													
1.1.2.1. DEFINIR EL ÁMBITO DE ESTUDIO Y SITUACIÓN ACTUAL													
1.1.2.2. PROGRAMA DE NECESIDADES													
1.1.2.3. ESTUDIO Y DEFINICIÓN DEL TAMAÑO DEL PROYECTO													
1.1.2.4. ESTIMACIÓN DE COSTES													
1.1.3. ESTUDIO GEOTÉCNICO													
1.1.4. ESTUDIO ECONÓMICO													
1.1.5. ANÁLISIS ENERGÉTICO													
1.1.6. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL													
1.2. REDACCIÓN DEL PROYECTO													
1.2.1. MEMORIA													
1.2.2. MODELADO ARQUITECTÓNICO													
1.2.2.1. VOLUMETRÍA DEFINIDA													
1.2.2.2. DEFINICIÓN ESPECÍFICA DE SISTEMAS Y MATERIALES													
1.2.2.3. DISTRIBUCIÓN DETALLADA DE CADA PLANTA, CUMPLIMIENTO CTE													
1.2.3. MODELADO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL													
1.2.3.1. PREDIMENSIONADO													
1.2.3.2. DEFINICIÓN DE MATERIALES													
1.2.3.3. DIMENSIONADO Y ARMADO													
1.2.4. MODELADO Y CÁLCULO DE INSTALACIONES													
1.2.4.1. PREDIMENSIONADO													
1.2.4.2. UBICACIÓN EQUIPOS Y CALIDADES													
1.2.4.3. DIMENSIONADO, MARCAS Y MODELOS													
1.2.5. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES													
1.2.6. MEDICIONES Y PRESUPUESTOS													
1.2.6.1. PREDIMENSIONADO													
1.2.6.2. UBICACIÓN EQUIPOS Y CALIDADES													
1.2.7. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD													
1.2.8. ESTUDIO DE GESTIÓN DE CALIDAD													
1.2.9. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS													
1.3. CONTRATACIÓN													
1.3.1. ELABORACIÓN DE BASES DEL CONCURSO													
1.3.2. CONVOCATORIA / LICITACIÓN													
1.3.3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PRESENTADAS													
1.3.4. ADJUDICACIÓN Y FIRMA DE CONTRATO													
1.4. EJECUCIÓN DE OBRA													
1.4.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS													
1.4.2. CIMENTACIÓN													
1.4.3. RED DE SANEAMIENTO HORIZONTAL													
1.4.4. ESTRUCTURA													
1.4.5. FACHADA													
1.4.6. CUBIERTAS													
1.4.7. PARTICIONES INTERIORES													
1.4.8. INSTALACIONES													
1.4.8.1. INSTALACIÓN DE FONTANERÍA Y SANEAMIENTO													
1.4.8.2. INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES													
1.4.9. REVESTIMIENTOS													
1.4.9.1. REVESTIMIENTOS EN PAREDES													
1.4.9.2. REVESTIMIENTOS EN SUELOS													
1.4.8.2. REESTIMIENTOS EN TECHOS													
1.4.10. CARPINTERÍAS													
1.4.10.1. ICARPINTERÍA EXTERIOR													
1.4.10.2. CARPINTERÍA INTERIOR													
1.4.11. PINTURAS													
1.4.12. SEÑALIZACIÓN Y EQUIPAMIENTOS													
1.5. CIERRE													
1.5.1. ENTREGA PROVISIONAL													
1.5.2. ENTREGA Y RECEPCIÓN													
1.5.3. GARANTÍA													

SIMBOLOGÍA	
TAREAS	SIMBOLO
INTERVIENE EN LA ACTIVIDAD	[Barra amarilla]
RESPONSABLE DEL TAREA	[Barra roja]
RESPONSABLE DE PROCESO	[Barra roja]
LINEA DE PROCESO	[Barra gris]
LINEA DE TAREA	[Barra gris]

6.17. ANEXO 16: MATRIZ DE COMUNICACIÓN

	Cliente	BIM Manager (CR Proyectos)	BIM Manager ARQ. Arquitectura (CR Proyectos)	BIM Manager MEP. Instalaciones (CR Proyectos)	BIM Manager STR. Estructura (CR Proyectos)	Departamento de Calidad y Seguridad	Departamento de Administración	Departamento de Recursos Humanos	Dirección facultativa (DARTIC Arquitectura)	Empresa Constructora (Libeck)	Subcontrata Excavaciones Luján	Subcontrata Ribeco	Subcontrata Fachadas Fade	Subcontrata Cubiertas Muñoz	Subcontrata Juanjo García	Subcontrata Jucar	Subcontrata Centelles	Subcontrata Acabados García	Subcontrata Habitissimo	Subcontrata Alumont	Subcontrata Tamasa	Subcontrata Pinturas Carbonell
Cliente		Diariamente							Semanalmente	Semanalmente												
BIM Manager (CR Proyectos)	Semanalmente		Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente	Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente
BIM Manager ARQ. Arquitectura (CR Proyectos)		Diariamente		Diariamente	Diariamente				Semanalmente	Semanalmente												
BIM Manager MEP. Instalaciones (CR Proyectos)		Diariamente	Diariamente		Diariamente				Semanalmente	Semanalmente												
BIM Manager STR. Estructura (CR Proyectos)		Diariamente	Diariamente	Diariamente					Semanalmente	Semanalmente												
Departamento de Calidad y Seguridad		Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente														
Departamento de Administración		Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente														
Departamento de Recursos Humanos		Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente														
Dirección facultativa (DARTIC Arquitectura)		Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente				Semanalmente													
Empresa Constructora (Libeck)		Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente			Semanalmente	Semanalmente		Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente	Diariamente
Subcontrata Excavaciones Luján		Semanalmente							Semanalmente	Diariamente												
Subcontrata Ribeco		Semanalmente							Semanalmente	Diariamente												
Subcontrata Fachadas Fade		Semanalmente							Semanalmente	Diariamente												
Subcontrata Cubiertas Muñoz		Semanalmente							Semanalmente	Diariamente												
Subcontrata Juanjo García		Semanalmente							Semanalmente	Diariamente												
Subcontrata Jucar		Semanalmente							Semanalmente	Diariamente												
Subcontrata Centelles		Semanalmente							Semanalmente	Diariamente												
Subcontrata Acabados García		Semanalmente							Semanalmente	Diariamente												
Subcontrata Habitissimo		Semanalmente							Semanalmente	Diariamente												
Subcontrata Alumont		Semanalmente							Semanalmente	Diariamente												
Subcontrata Tamasa		Semanalmente							Semanalmente	Diariamente												
Subcontrata Pinturas Carbonell		Semanalmente							Semanalmente	Diariamente												

6.18. ANEXO 17: LÓGICA FUZZY. TIEMPO.

α Corte
0,50

(Diap.59)_fuzzy PERT

	Duraciones			Duraciones S(α), según el alfa corte que se utilice			Tmpe			Tmpt			Tmte			Tmtt			Ht			CDi Grado criticidad
	Sp_inf	Nucl	Sp_Sup	Si(α)	N	Ss(α)	S(α) i	Nuc	S(α) s	S(α) i	Nuc	S(α) s	S(α) i	Nuc	S(α) s	S(α) i	Nuc	S(α) s	S(α) i	Nuc	S(α) s	
Limpieza del terreno	0,91	1	1,2	0,95	1,00	1,10	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,1	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,1	-0,1	0,0	0,1	1
Excavación	13,64	15	18	14,32	15,00	16,50	1,0	1,0	1,1	15,3	16,0	17,6	1,0	1,0	1,1	15,3	16,0	17,6	-2,3	0,0	2,3	1
Hormigón de limpieza	0,91	1	1,2	0,95	1,00	1,10	15,3	16,0	17,6	16,2	17,0	18,7	15,3	16,0	17,6	16,2	17,0	18,7	-2,5	0,0	2,5	1
Zapata	5,45	6	7,2	5,73	6,00	6,60	16,2	17,0	18,7	22,0	23,0	25,3	16,2	17,0	18,7	22,0	23,0	25,3	-3,3	0,0	3,3	1
Solera	6,36	7	8,4	6,68	7,00	7,70	19,0	20,0	22,3	25,6	27,0	30,0	21,8	23,0	25,7	28,5	30,0	33,4	-1,5	3,0	7,8	0,34
Muro	10,00	11	13,2	10,50	11,00	12,10	18,0	19,0	21,3	28,5	30,0	33,4	18,0	19,0	21,3	28,5	30,0	33,4	-4,9	0,0	4,9	1
Red de Saneamiento horizontal	8,18	9	10,8	8,59	9,00	9,90	17,0	18,0	20,3	25,5	27,0	30,2	19,9	21,0	23,5	28,5	30,0	33,4	-1,7	3,0	7,9	0,367816092
Forjado	38,18	42	50,4	40,09	42,00	46,20	28,5	30,0	33,4	68,5	72,0	79,6	28,5	30,0	33,4	68,5	72,0	79,6	-11,1	0,0	11,1	1
Losa inclinada	6,36	7	8,4	6,68	7,00	7,70	46,5	50,0	57,6	53,2	57,0	65,3	61,9	65,0	71,9	65,0	71,9	79,6	3,2	15,0	26,4	0
Fachadas	16,36	18	21,6	17,18	18,00	19,80	68,5	72,0	79,6	85,7	90,0	99,4	68,5	72,0	79,6	85,7	90,0	99,4	-13,7	0,0	13,7	1
Cubierta inclinada	11,82	13	15,6	12,41	13,00	14,30	85,7	90,0	99,4	98,1	103,0	113,7	85,7	90,0	99,4	98,1	103,0	113,7	-15,6	0,0	15,6	1
Cubierta plana transitable	1,82	2	2,4	1,91	2,00	2,20	85,7	90,0	99,4	87,6	92,0	101,6	96,2	101,0	111,5	98,1	103,0	113,7	-3,5	11,0	26,1	0,23947203
Partición 1 hj LHD e 9 cm.Zonas húmedas	3,64	4	4,8	3,82	4,00	4,40	85,7	90,0	99,4	89,5	94,0	103,8	94,3	99,0	109,3	98,1	103,0	113,7	-5,7	9,0	24,2	0,386236826
Partición LH7+MW-0.044/40+LH7 sin re. Garaje	2,73	3	3,6	2,86	3,00	3,30	85,7	90,0	99,4	88,6	93,0	102,7	95,3	100,0	110,4	98,1	103,0	113,7	-4,6	10,0	25,1	0,313358302
Partición 1 hj LHD e 7 cm. Zonas secas	4,55	5	6	4,77	5,00	5,50	98,1	103,0	113,7	102,9	108,0	119,2	98,1	103,0	113,7	102,9	108,0	119,2	-16,3	0,0	16,3	1
Instalación de fontanería y saneamiento	40,00	44	52,8	42,00	44,00	48,40	100,9	106,0	117,2	142,9	150,0	165,6	100,9	106,0	117,2	142,9	150,0	165,6	-22,7	0,0	22,7	1
Instalación de electricidad y telecomunicaciones	30,91	34	40,8	32,45	34,00	37,40	100,9	106,0	117,2	133,4	140,0	154,6	110,5	116,0	128,2	142,9	150,0	165,6	-11,7	10,0	32,2	0,538977368
Revestimientos de paredes	18,18	20	24	19,09	20,00	22,00	142,9	150,0	165,6	162,0	170,0	187,6	142,9	150,0	165,6	162,0	170,0	187,6	-25,6	0,0	25,6	1
Revestimientos de techos	5,45	6	7,2	5,73	6,00	6,60	162,0	170,0	187,6	167,7	176,0	194,2	162,0	170,0	187,6	167,7	176,0	194,2	-26,5	0,0	26,5	1
Revestimientos de suelos	8,18	9	10,8	8,59	9,00	9,90	165,7	174,0	192,2	174,3	183,0	202,1	173,5	182,0	200,8	182,0	191,0	210,7	-20,1	8,0	36,4	0,714841218
Carpintería exterior	13,64	15	18	14,32	15,00	16,50	167,7	176,0	194,2	182,0	191,0	210,7	167,7	176,0	194,2	182,0	191,0	210,7	-28,7	0,0	28,7	1
Carpintería interior	9,09	10	12	9,55	10,00	11,00	167,7	176,0	194,2	177,3	186,0	205,2	172,5	181,0	199,7	182,0	191,0	210,7	-23,2	5,0	33,4	0,822408783
Pinturas y acabados	14,55	16	19,2	15,27	16,00	17,60	182,0	191,0	210,7	197,3	207,0	228,3	182,0	191,0	210,7	197,3	207,0	228,3	-31,0	0,0	31,0	1

si Hn≤0 CD=1
si Hi>0 CD=0
si Hi<0 y Hn>0 CD=-Hi/(Hn-Hi)

	i	n	s
makespan	188	207	250
Grado pert.	0	1	0

$$S(\alpha) i_{Tmpe} = \text{Matriz si} \cdot E3 + \alpha \cdot (\text{Matriz IE3} - \text{Matriz si} \cdot E3)$$

$$S(\alpha) s_{Tmpe} = \text{Matriz sp} \cdot E3 - \alpha \cdot (\text{Matriz sp} \cdot E3 - \text{Matriz IE3})$$

$$S(\alpha) i_{Ht} = O5 - H5 + E5$$

$$S(\alpha) s_{Ht} = Q5 - C5 - F5$$

Plazo	207	p
S Total	30,98	=(s-i)/2
S (p)	9,68	=SI(p<=n;(n-i)*(p-i)/(2*(n-i));(n-i)/2+(p-n)*(2-(p-n)/(s-n))/2)
Risk	68,75%	=SI(Y(p>=i;p<=s);1-D27/D26;SI(p<i;1;0))

0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1

makespan alfa corte	188	197	207	250
Grado pert.	0,5	0,5	0,5	0,5

α Corte
0,50

FUZZY

ACTIVIDADES	IMPORTE			MEDICION	COSTE	Importe S(α), según el alfa corte que se utilice		
	Sp_inf	Nucl	Sp_Sup			Si(α)	N	Ss(α)
Limpieza del terreno	127,43 €	140,17 €	168,20 €	131	1,07 €	133,80 €	140,17 €	154,19 €
Excavación	6.798,03 €	7.477,83 €	8.973,40 €	815,96	9,16 €	7.137,93 €	7.477,83 €	8.225,61 €
Hormigón de limpieza	844,81 €	929,29 €	1.115,15 €	65,49	14,19 €	887,05 €	929,29 €	1.022,22 €
Zapata	9.329,23 €	10.262,15 €	12.314,58 €	52,39	195,88 €	9.795,69 €	10.262,15 €	11.288,37 €
Solera	1.191,51 €	1.310,66 €	1.572,79 €	67,8	19,33 €	1.251,08 €	1.310,66 €	1.441,73 €
Muro	14.265,76 €	15.692,34 €	18.830,81 €	64,7	242,54 €	14.979,05 €	15.692,34 €	17.261,57 €
Red de Saneamiento horizontal	3.342,66 €	3.676,93 €	4.412,32 €	42	87,55 €	3.509,80 €	3.676,93 €	4.044,62 €
Forjado	52.794,39 €	58.073,83 €	69.688,60 €	300,4	193,32 €	55.434,11 €	58.073,83 €	63.881,21 €
Losa inclinada	3.195,67 €	3.515,24 €	4.218,29 €	23,34	150,61 €	3.355,46 €	3.515,24 €	3.866,76 €
Fachadas	19.303,54 €	21.233,89 €	25.480,67 €	223,22	95,13 €	20.268,71 €	21.233,89 €	23.357,28 €
Cubierta inclinada	8.942,15 €	9.836,37 €	11.803,64 €	129,1	76,19 €	9.389,26 €	9.836,37 €	10.820,01 €
Cubierta plana transitable	1.867,10 €	2.053,81 €	2.464,57 €	21,61	95,04 €	1.960,46 €	2.053,81 €	2.259,19 €
Partición 1 hj LHD e 9 cm.Zonas húmedas	1.120,28 €	1.232,31 €	1.478,77 €	37,23	33,10 €	1.176,30 €	1.232,31 €	1.355,54 €
Partición LH7+MW-0.044/40+LH7 sin re. Garaje	583,56 €	641,92 €	770,30 €	13,23	48,52 €	612,74 €	641,92 €	706,11 €
Partición1 hj LHD e 7 cm. Zonas secas	1.943,40 €	2.137,74 €	2.565,29 €	63,07	33,89 €	2.040,57 €	2.137,74 €	2.351,51 €
Instalación de fontanería y saneamiento	10.282,55 €	11.310,80 €	13.572,96 €	34	332,67 €	10.796,67 €	11.310,80 €	12.441,88 €
Instalación de electricidad y telecomunicaciones	14.030,34 €	15.433,37 €	18.520,04 €	53	291,20 €	14.731,85 €	15.433,37 €	16.976,71 €
Revestimientos de paredes	13.469,73 €	14.816,70 €	17.780,04 €	565,16	26,22 €	14.143,21 €	14.816,70 €	16.298,37 €
Revestimientos de techos	2.625,05 €	2.887,55 €	3.465,06 €	119,45	24,17 €	2.756,30 €	2.887,55 €	3.176,31 €
Revestimientos de suelos	12.116,49 €	13.328,14 €	15.993,77 €	167,46	79,59 €	12.722,32 €	13.328,14 €	14.660,95 €
Carpintería exterior	7.576,30 €	8.333,93 €	10.000,72 €	17	490,23 €	7.955,12 €	8.333,93 €	9.167,32 €
Carpintería interior	6.040,61 €	6.644,67 €	7.973,60 €	13	511,13 €	6.342,64 €	6.644,67 €	7.309,14 €
Pinturas y acabados	2.668,60 €	2.935,46 €	3.522,55 €	391,09	7,51 €	2.802,03 €	2.935,46 €	3.229,01 €
TOTAL	194.459,18 €	213.905,10 €	256.686,12 €			204.182,14 €	213.905,10 €	235.295,61 €

6.20. ANEXO 19: MONTECARLO. TIEMPO.

factor k

Simulaciones

Duración Inicial	207,00
Duración Simulada	209,15
Desviación Simulada	5,01
Tamaño Buffer al	95%
Duración con Buffer	217,39

10,39

Plazo Compr.	215	217,39
Probab.	88%	95%

	Duraciones			Determinista Uniforme Triangular Beta	Duración		Holgura			
	Optimista	Moda	Pesimista		Media	δ	Índice Crit	Media	δ	Valor Crit
	Limpieza del terreno	1	1		4	Beta	1,79	0,59	1,00	0,00
Excavación	12	15	18	Beta	15,22	1,32	1,00	0,00	0,00	1,73
Hormigón de limpieza	1	1	4	Beta	1,78	0,59	1,00	0,00	0,00	0,35
Zapata	3	6	9	Beta	5,74	1,38	1,00	0,00	0,00	1,90
Solera	4	7	10	Beta	7,32	1,22	0,05	2,76	1,54	0,07
Muro	8	11	14	Beta	11,03	1,36	0,85	0,07	0,23	1,57
Red de Saneamiento horizontal	6	9	12	Beta	9,14	1,42	0,07	2,96	1,95	0,14
Forjado	39	42	45	Beta	42,28	1,36	1,00	0,00	0,00	1,84
Losa inclinada	4	7	10	Beta	6,87	1,34	0,00	15,13	1,34	0,00
Fachadas	15	18	21	Beta	18,02	1,43	1,00	0,00	0,00	2,04
Cubierta inclinada	10	13	16	Beta	12,97	1,28	1,00	0,00	0,00	1,65
Cubierta plana transitable	-1	2	5	Beta	1,90	1,46	0,00	11,07	2,00	0,00
Partición 1 hj LHD e 9 cm.Zonas húmedas	1	4	7	Beta	4,22	1,19	0,00	8,75	1,70	0,00
Partición LH7+MW-0.044/40+LH7 sin re. Garaje	0	3	6	Beta	3,18	1,26	0,00	9,79	1,70	0,00
Partición1 hj LHD e 7 cm. Zonas secas	2	5	8	Beta	4,98	1,29	1,00	0,00	0,00	1,65
Instalación de fontanería y saneamiento	41	44	47	Beta	44,24	1,20	1,00	0,00	0,00	1,44
Instalación de electricidad y telecomunicaciones	31	34	37	Beta	33,88	1,25	0,00	10,36	1,61	0,00
Revestimientos de paredes	17	20	23	Beta	20,03	1,47	1,00	0,00	0,00	2,16
Revestimientos de techos	3	6	9	Beta	5,85	1,41	1,00	0,00	0,00	1,99
Revestimientos de suelos	6	9	12	Beta	8,94	1,37	0,00	8,15	1,81	0,00
Carpintería exterior	12	15	18	Beta	15,08	1,26	1,00	0,00	0,00	1,60
Carpintería interior	7	10	13	Beta	9,93	1,27	0,00	5,15	1,99	0,00
Pinturas y acabados	13	16	19	Beta	16,07	1,44	1,00	0,00	0,00	2,08

6.21. ANEXO 20: MONTECARLO. COSTE.

factor k

Simulaciones

Coste Inicial	213.905,10 €
Coste Simulada	220.707,78 €
Desviación Simulada	4.607,19 €
Tamaño Buffer al	95%
Coste con Buffer	228.285,93 €

14380,83

Coste Compr.	240.724,95 €	228.285,93 €
Probab.	100%	95%

	Duraciones			Determinista Uniforme Triangular Beta	Duración		Holgura			
	Optimista	Moda	Pesimista		Media	δ	Índice Crit	Media	δ	Valor Crit
	Limpieza del terreno	127,43 €	140,17 €		168,20 €	Beta	143,64	9,85	0,00	36.096,34 €
Excavación	6.798,03 €	7.477,83 €	8.973,40 €	Beta	7637,98	461,36	0,00	36.096,34 €	908,32	0,00
Hormigón de limpieza	844,81 €	929,29 €	1.115,15 €	Beta	945,20	60,59	0,00	36.096,34 €	908,32	0,00
Zapata	9.329,23 €	10.262,15 €	12.314,58 €	Beta	10589,86	638,11	0,00	36.096,34 €	908,32	0,00
Solera	1.191,51 €	1.310,66 €	1.572,79 €	Beta	1348,50	83,02	0,00	50.906,30 €	1333,67	0,00
Muro	14.265,76 €	15.692,34 €	18.830,81 €	Beta	16174,27	985,55	0,00	34.747,47 €	904,06	0,00
Red de Saneamiento horizontal	3.342,66 €	3.676,93 €	4.412,32 €	Beta	3773,33	223,47	0,00	30.977,27 €	898,86	0,00
Forjado	52.794,39 €	58.073,83 €	69.688,60 €	Beta	60233,28	3781,49	0,00	30.977,27 €	898,86	0,00
Losa inclinada	3.195,67 €	3.515,24 €	4.218,29 €	Beta	3623,74	226,19	0,00	30.977,27 €	898,86	0,00
Fachadas	19.303,54 €	21.233,89 €	25.480,67 €	Beta	21922,10	1407,94	0,00	30.977,27 €	898,86	0,00
Cubierta inclinada	8.942,15 €	9.836,37 €	11.803,64 €	Beta	10147,66	628,56	0,00	30.977,27 €	898,86	0,00
Cubierta plana transitable	1.867,10 €	2.053,81 €	2.464,57 €	Beta	2098,23	131,26	0,00	28.881,26 €	897,37	0,00
Partición 1 hj LHD e 9 cm.Zonas húmedas	1.120,28 €	1.232,31 €	1.478,77 €	Beta	1275,30	77,74	0,00	27.605,50 €	905,21	0,00
Partición LH7+MW-0.044/40+LH7 sin re. Garaje	583,56 €	641,92 €	770,30 €	Beta	659,86	43,46	0,00	26.945,48 €	911,68	0,00
Partición1 hj LHD e 7 cm. Zonas secas	1.943,40 €	2.137,74 €	2.565,29 €	Beta	2193,88	127,75	0,00	26.945,48 €	911,68	0,00
Instalación de fontanería y saneamiento	10.282,55 €	11.310,80 €	13.572,96 €	Beta	11606,87	724,85	0,00	31.162,91 €	1078,29	0,00
Instalación de electricidad y telecomunicaciones	14.030,34 €	15.433,37 €	18.520,04 €	Beta	15841,38	928,81	0,00	15.331,83 €	592,78	0,00
Revestimientos de paredes	13.469,73 €	14.816,70 €	17.780,04 €	Beta	15375,04	956,08	0,00	15.331,83 €	592,78	0,00
Revestimientos de techos	2.625,05 €	2.887,55 €	3.465,06 €	Beta	2973,85	199,85	0,00	15.331,83 €	592,78	0,00
Revestimientos de suelos	12.116,49 €	13.328,14 €	15.993,77 €	Beta	13794,81	763,48	0,00	15.331,83 €	592,78	0,00
Carpintería exterior	7.576,30 €	8.333,93 €	10.000,72 €	Beta	8500,78	488,02	0,00	6.831,47 €	416,79	0,00
Carpintería interior	6.040,61 €	6.644,67 €	7.973,60 €	Beta	6834,45	416,51	1,00	- €	0,00	173483,10
Pinturas y acabados	2.668,60 €	2.935,46 €	3.522,55 €	Beta	3013,77	201,51	1,00	0,00 €	0,00	40608,16
TOTAL	194.459,18 €	213.905,10 €	256.686,12 €							

6.22. ANEXO 21: MATRIZ DE DISTRIBUCIÓN DE INFORMACIÓN

MATRIZ DE DISTRIBUCIÓN DE INFORMACIÓN

BIM MANAGER (CR PROYECTOS)	BIM MANAGER ARQ. ARQUITECTURA (CR Proyectos)				BIM MANAGER MEP. INSTALACIONES (CR PROYECTOS)		BIM MANAGER STR. ESTRUCTURA (CR PROYECTOS)			DEPARTAMENTO DE CALIDAD Y SEGURIDAD	DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD	DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN	DEPARTAMENTO DE RECURSOS HUMANOS	SUBCONTRATA A. EMPRESA GEOTÉCNICA	SUBCONTRATA B
	ARQUITECTO I	INGENIERO I	ARQUITECTO TEC.	DELINEANTE	ARQUITECTO II	INGENIERO II	ESTRUCTURISTA	ARQUITECTO III	INGENIERO III						
1. VIVIENDA UNIFAMILIAR CHESTE 68															
1.1. ESTUDIOS PREVIOS	X	X	X		X	X								X	X
1.1.1. MODELADO CONCEPTUAL BIM	X	X													
1.1.2. ESTUDIO DE VIABILIDAD															
1.1.2.1. DEFINIR EL ÁMBITO DE ESTUDIO Y SITUACIÓN ACTUAL		X													
1.1.2.2. PROGRAMA DE NECESIDADES					X										
1.1.2.3. ESTUDIO Y DEFINICIÓN DEL TAMAÑO DEL PROYECTO					X										
1.1.2.4. ESTIMACIÓN DE COSTES						X									
1.1.3. ESTUDIO GEOTÉCNICO														X	
1.1.4. ESTUDIO ECONÓMICO			X												
1.1.5. ANÁLISIS ENERGÉTICO	X														
1.1.6. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL															X
1.2. REDACCIÓN DEL PROYECTO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
1.2.1. MEMORIA	X														
1.2.2. MODELADO ARQUITECTÓNICO															
1.2.2.1. VOLUMETRÍA DEFINIDA				X											
1.2.2.2. DEFINICIÓN ESPECÍFICA DE SISTEMAS Y MATERIALES			X												
1.2.2.3. DISTRIBUCIÓN DE CADA PLANTA, CUMPLIMIENTO CTE	X	X													
1.2.3. MODELADO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL															
1.2.3.1. PREDIMENSIONADO									X						
1.2.3.2. DEFINICIÓN DE MATERIALES								X							
1.2.3.3. DIMENSIONADO Y ARMADO							X								
1.2.4. MODELADO Y CÁLCULO DE INSTALACIONES															
1.2.4.1. PREDIMENSIONADO															
1.2.4.2. UBICACIÓN EQUIPOS Y CALIDADES					X										
1.2.4.3. DIMENSIONADO, MARCAS Y MODELOS						X									
1.2.5. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES															
1.2.6. MEDICIONES Y PRESUPUESTOS															
1.2.6.1. PREDIMENSIONADO			X												
1.2.6.2. UBICACIÓN EQUIPOS Y CALIDADES			X												
1.2.7. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD											X				
1.2.8. ESTUDIO DE GESTIÓN DE CALIDAD										X					
1.2.9. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS	X														
1.3. CONTRATACIÓN	X												X	X	
1.3.1. ELABORACIÓN DE BASES DEL CONCURSO												X			
1.3.2. CONVOCATORIA / LICITACIÓN												X			
1.3.3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PRESENTADAS	X											X		X	
1.3.4. ADJUDICACIÓN Y FIRMA DE CONTRATO	X											X			
1.4. EJECUCIÓN DE OBRA															
1.4.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS															
1.4.2. CIMENTACIÓN															
1.4.3. RED DE SANEAMIENTO HORIZONTAL															
1.4.4. ESTRUCTURA															
1.4.5. FACHADA															
1.4.6. CUBIERTAS															
1.4.7. PARTICIONES INTERIORES															
1.4.8. INSTALACIONES															
1.4.8.1. INSTALACIÓN DE FONTANERÍA Y SANEAMIENTO															
1.4.8.2. INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES															
1.4.9. REVESTIMIENTOS															
1.4.9.1. REVESTIMIENTOS EN PAREDES															
1.4.9.2. REVESTIMIENTOS EN SUELOS															
1.4.8.2. REESTIMIENTOS EN TECHOS															
1.4.10. CARPINTERÍAS															
1.4.10.1. CARPINTERÍA EXTERIOR															
1.4.10.2. CARPINTERÍA INTERIOR															
1.4.11. PINTURAS															
1.4.12. SEÑALIZACIÓN Y EQUIPAMIENTOS															
1.5. CIERRE	X														
1.5.1. ENTREGA PROVISIONAL	X														
1.5.2. ENTREGA Y RECEPCIÓN	X														
1.5.3. GARANTÍA	X														

SIMBOLOGÍA	
TAREAS	SÍMBOLO
ESTUDIOS PREVIOS	X
REDACCIÓN DEL PROYECTO	X
CONTRATACIÓN	X
EJECUCIÓN DE OBRA	X
CIERRE	X

MATRIZ DE DISTRIBUCIÓN DE INFORMACIÓN

EMPRESA CONTRATADA	EMPRESA CONSTRUCTORA (LIBECK)	SUBCONTRATA EXCAVACIONES LUJÁN	SUBCONTRATA RIBECO	SUBCONTRATA FACHADAS FADE	SUBCONTRATA CUBIERTAS MUÑOZ	SUBCONTRATA JUANJO GARCÍA	SUBCONTRATA JUCAR	SUBCONTRATA CENTELLES	SUBCONTRATA ACABADOS GARCÍA	SUBCONTRATA HABITISSIMO	SUBCONTRATA ALUMNONT	SUBCONTRATA TAMASA	SUBCONTRATA PINTURAS CARBONELL
1. VIVIENDA UNIFAMILIAR CHESTE 68													
1.1. ESTUDIOS PREVIOS													
1.1.1. MODELADO CONCEPTUAL BIM													
1.1.2. ESTUDIO DE VIABILIDAD													
1.1.2.1. DEFINIR EL ÁMBITO DE ESTUDIO Y SITUACIÓN ACTUAL													
1.1.2.2. PROGRAMA DE NECESIDADES													
1.1.2.3. ESTUDIO Y DEFINICIÓN DEL TAMAÑO DEL PROYECTO													
1.1.2.4. ESTIMACIÓN DE COSTES													
1.1.3. ESTUDIO GEOTÉCNICO													
1.1.4. ESTUDIO ECONÓMICO													
1.1.5. ANÁLISIS ENERGÉTICO													
1.1.6. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL													
1.2. REDACCIÓN DEL PROYECTO													
1.2.1. MEMORIA													
1.2.2. MODELADO ARQUITECTÓNICO													
1.2.2.1. VOLUMETRÍA DEFINIDA													
1.2.2.2. DEFINICIÓN ESPECÍFICA DE SISTEMAS Y MATERIALES													
1.2.2.3. DISTRIBUCIÓN DE CADA PLANTA, CUMPLIMIENTO CTE													
1.2.3. MODELADO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL													
1.2.3.1. PREDIMENSIONADO													
1.2.3.2. DEFINICIÓN DE MATERIALES													
1.2.3.3. DIMENSIONADO Y ARMADO													
1.2.4. MODELADO Y CÁLCULO DE INSTALACIONES													
1.2.4.1. PREDIMENSIONADO													
1.2.4.2. UBICACIÓN EQUIPOS Y CALIDADES													
1.2.4.3. DIMENSIONADO, MARCAS Y MODELOS													
1.2.5. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES													
1.2.6. MEDICIONES Y PRESUPUESTOS													
1.2.6.1. PREDIMENSIONADO													
1.2.6.2. UBICACIÓN EQUIPOS Y CALIDADES													
1.2.7. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD													
1.2.8. ESTUDIO DE GESTIÓN DE CALIDAD													
1.2.9. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS													
1.3. CONTRATACIÓN													
1.3.1. ELABORACIÓN DE BASES DEL CONCURSO													
1.3.2. CONVOCATORIA / LICITACIÓN													
1.3.3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PRESENTADAS													
1.3.4. ADJUDICACIÓN Y FIRMA DE CONTRATO													
1.4. EJECUCIÓN DE OBRA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.4.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS	X	X	X										
1.4.2. CIMENTACIÓN	X	X		X									
1.4.3. RED DE SANEAMIENTO HORIZONTAL	X	X					X						
1.4.4. ESTRUCTURA	X	X		X									
1.4.5. FACHADA	X	X		X									
1.4.6. CUBIERTAS	X	X			X								
1.4.7. PARTICIONES INTERIORES	X	X				X							
1.4.8. INSTALACIONES	X	X											
1.4.8.1. INSTALACIÓN DE FONTANERÍA Y SANEAMIENTO	X	X					X						
1.4.8.2. INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES	X	X						X					
1.4.9. REVESTIMIENTOS	X	X											
1.4.9.1. REVESTIMIENTOS EN PAREDES	X	X							X				
1.4.9.2. REVESTIMIENTOS EN SUELOS	X	X							X				
1.4.9.2. REESTIMIENTOS EN TECHOS	X	X								X			
1.4.10. CARPINTERÍAS	X	X											
1.4.10.1. I CARPINTERÍA EXTERIOR	X	X									X		
1.4.10.2. CARPINTERÍA INTERIOR	X	X										X	
1.4.11. PINTURAS	X	X											X
1.4.12. SEÑALIZACIÓN Y EQUIPAMIENTOS	X	X											
1.5. CIERRE		X											
1.5.1. ENTREGA PROVISIONAL		X											
1.5.2. ENTREGA Y RECEPCIÓN		X											
1.5.3. GARANTÍA		X											

SIMBOLOGÍA	
TAREAS	SÍMBOLO
ESTUDIOS PREVIOS	X
REDACCIÓN DEL PROYECTO	X
CONTRATACIÓN	X
EJECUCIÓN DE OBRA	X
CIERRE	X

6.23. ANEXO 22: FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES DE LA ORGANIZACIÓN

	Empresa	Email	Teléfono Oficina	Teléfono Particular	Funciones
BIM Manager	CR Proyectos	oscar@crproyectos.com	96 335 77 65	678 522 190	Responsable del proyecto
BIM Manager ARQ. Arquitectura (CR Proyectos)	CR Proyectos	jose@crproyectos.com	97 335 77 65	666 781 004	Responsable del modelado arquitectónico BIM y presupuesto
BIM Manager MEP. Instalaciones (CR Proyectos)	CR Proyectos	maria@crproyectos.com	98 335 77 65	610 493 763	Responsable del modelado BIM y cálculo de instalaciones
BIM Manager STR. Estructura (CR Proyectos)	CR Proyectos	fernando@crproyectos.com	99 335 77 65	640 221 932	Responsable del modelado BIM y cálculo estructural
Departamento de Calidad y Seguridad	CR Proyectos	calidad@crproyectos.com	99 335 77 65	627 000 562	Responsable del estudio de gestión de la calidad y de seguridad y salud
Departamento de Administración	CR Proyectos	crproyectos@crproyectos.com	99 335 77 65	677 045 221	Responsable las contrataciones
Departamento de Recursos Humanos	CR Proyectos	rrhh@crproyectos.com	99 335 77 65	680 067 450	Responsable las contrataciones
Dirección facultativa	DARTIC Arquitectura	dartic@dacticarquitectura.com	96 350 80 11	694 235 116	Responsables de la ejecución material de la obra y del desarrollo de la misma
Empresa Constructora	Libeck	libeck@libeck.com	96 365 45 31	645 367 110	Responsable de la ejecución de la obra
Subcontrata Excavaciones Luján	Excavaciones Luján	lujan@excavacioneslujan.com	96 341 35 22	652 877 931	Responsable del movimiento de tierras
Subcontrata Ribeco	Ribeco	ribeco@ribeco.com	96 255 39 86	690 455 877	Responsable de la cimentación y la estructura
Subcontrata Fachadas Fade	Fachadas Fade	fade@fachadasfade.com	96 344 78 02	620 449 078	Responsable de la fachada
Subcontrata Cubiertas Muñoz	Cubiertas Muñoz	munoz@ribecocubiertasmunoz.com	96 325 91 00	611 529 991	Responsable de las cubiertas
Subcontrata Juanjo García	Juanjo García	garcia@juanjogarcia.com	96 267 80 17	600 789 450	Responsable de las particiones interiores
Subcontrata Jucar	Jucar	jucar@jucar.com	96 330 55 06	625 000 672	Responsable de la red de saneamiento horizontal y de la instalación de fontanería y saneamiento
Subcontrata Centelles	Centelles	centelles@centelles.com	96 310 83 56	691 577 988	Responsable de la instalación de electricidad y telecomunicaciones
Subcontrata Acabados García	Acabados García	garcia@acabadosgarcia.com	96 390 74 81	629 862 167	Responsable de los revestimientos de paredes y suelos
Subcontrata Habitissimo	Habitissimo	habitissimo@habitissimo.com	96 355 98 68	647 528 000	Responsable de los revestimientos de techos
Subcontrata Alumont	Alumont	alumont@alumont.com	96 349 55 82	639 695 411	Responsable de la carpintería exterior
Subcontrata Tamasa	Tamasa	tamasa@tamasa.com	96 391 44 03	690 550 331	Responsable de la carpintería interior
Subcontrata Pinturas Carbonell	Pinturas Carbonell	carbonell@pinturascarbonell.com	96 311 82 33	645 770 321	Responsable de las pinturas y acabados

7. BIBLIOGRAFÍA

- Vico Software. *Integrating Construction*. (10 de Junio de 2016). Obtenido de Vico Software. Integrating Construction: <http://www.vicosoftware.com/BIM-Level-of-Detail/tabid/89638/>
- AIA. (2007). *Integrated Project Delivery: A Guide. 1ª edn*. California: EEUU: The American Institute of Architects & The American Institute of Architects California Council.
- Alarcón, L., & Pellicer, E. (2009). Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas. *Revista de Obras Públicas*(3496), 45-52.
- Almela, J. (2009). *Bases para la Competencia en Dirección de Proyectos*. Valencia: UPV.
- Alonso, J. (2015). Nivel de desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España. *Spanish Journal of Building Information Modeling*, 1(15), 40-56.
- Álvarez Pérez, M., & Bouzas Cavada, M. (2015). La conexión entre el Project Management y el BIM. *BuildingSMART Spanish*(15 (1)), 30-38.
- Andrade, M., & Arrieta, B. (2011). Last Planner en subcontrato de empresa constructora. *Revista de la construcción*, 10(1), 36–52.
- Araque, G. (2010). *Planeación e implementación de la filosofía Lean Construction en base al estudio de pérdidas y aplicación del sistema Last Planner en un proyecto constructivo de la empresa Marval S.A.* Piedecuesta-Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Ashworth, A. (1994). *Cost Studies of Building*. London: Longman Scientific and Technical.
- Ayats, C. (2015). *Lean: Diseño y Construcción*. Círculo Rojo.
- Baker, B. N., Murphy, D. C., & Fisher, D. (1988). *Factors affecting project success*. New York: Project Management Handbook, second edition.
- Ballard, G. (1999). What is Lean Construction. *Seventh Conference of the International*, (pág. 7). California-USA, IGLC.
- Ballard, G. (15 de 5 de 2000). *Lean project delivery system*. (C. I. LCI White Paper-8. Lean, Editor) Obtenido de Lean project delivery system: <http://www.leanconstruction.org>
- Ballard, G., & Howell, G. (2003). An Update on Last Planner. *11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Virginia, USA.
- Ballard, G., Tommeleint, I., Koskela, L., & Howell, G. (2013). *Lean Construction tools and techniques*. Obtenido de Lean Construction tools and techniques: http://www.acadenia.edu/811476/Lean_construction_tools_and_techniques._
- Bertelsen, S. (2004). Lean Construction: where are we and how to proceed? *Lean Construction Journal*(1), 46-69.
- BIM. (2011). *PROJECT EXECUTION PLANNING GUIDE VERSION 2.1*. Pennsylvania: The Computer Integrated Construction Research Group. The Pennsylvania State University.
- Botero, L. F., & Álvarez, M. E. (2005). Last Planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción: estudio caso de la ciudad de Medellín. *ciudad de Medellín*(17), 148–159.
- Botero, L., & Álvarez, M. (2005). Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción. Estudio del caso de la ciudad de Medellín. *Ingeniería y Desarrollo*(17), 148.159.

- Botero, L., & Vásquez, A. (2015). Implementación de location-based management system (lbms): Caso de estudio en Colombia. *sibragec-elagec*, 74-81.
- buildingSMART. (2014). *Guía de Usuarios BIM España (uBIM)*. Madrid: BuildingSMART Spanish Chapter.
- Bustos, O. (2015). *Factores latentes de la desviación de presupuestos en proyectos de arquitectura. Un análisis empírico*. Valencia: UPV.
- Camisión, C., Cruz, S., & González, T. (2006). *Gestión de la calidad: Conceptos, enfoques, modelos y sistemas*. Madrid: Pearson Prentice Hall.
- Cerdán, A. (24 de Julio de 2013). *Acercas: Consultor Revit [Homepage of Alberto Cerdán Castillo]*. Obtenido de Acercas: Consultor Revit [Homepage of Alberto Cerdán Castillo]: <http://acercas.com/>
- Chowdury, B. (2005). *El Poder Six Sigma*. Madrid: Pearson Educación.
- Climent Alós, A. (2014). *Aplicación de EVM a ruta crítica. Estudio de caso*. Valencia: UPV.
- Coloma, E. (2008). *Introducción a la tecnología BIM*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya- Departament d'Expressió Gràfica Arquitectònica I.
- Corredor Gutiérrez, I. (2015). *Sin Identificación de los 7 desperdicios no hay Lean*. MÉXICO, D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cuatrecasas, L. (2002). Design of a rapid response and high efficiency service by lean production principles: Methodology and evaluation of variability of performance. *International Journal of Production Economics*,(80), 169-183.
- Cusumano, M. (1985). *The Japanese Automobile Industry: Harvard University Asia Center*. Harvard : Harvard University Asia Center.
- Dave, B., Koskela, L., Kiviniemi, A., Tzortzopoulos, P., & Owen, R. (2013). Implementing lean in construction: Lean construction and BIM . *CIRIA RP978*, 1-52.
- Delbecq, A. L., Van de Ven, A. H., & Gustafson, D. H. (1975). *Group Techniques for Program Planning: A Guide to Nominal Group and Delphi Processes*. Glenview, IL: Scott, Foresman and Company.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Forbes, L., & Ahmed, S. (2011). *Modern construction: Lean project delivery and integrated practices*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Fuentes Giner, B. (2011). *Curso de Adaptación al Grado en Ingeniería de Edificación. Asignatura: Gestión Integral del Proceso* . Valencia: UPV.
- Fuentes Giner, B. (2014). *Impacto de BIM en el proceso constructivo español*. Valencia: EUBIM.
- Galgano, A. (1995). *Los siete instrumentos de la Calidad Total*. Madrid: Díaz dee Santos.
- Gerber, D., Kunz, A., & Gerber, B. (2010). Building Information Modeling and Lean Construction: technology, methodology and advances from practice. *18th annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Haifa, Israel, IGLC.
- Gisbet, V. (2015). Lean Manufacturing. Qué es y que no es, errores en su aplicación e interpretación mas usuales. *3C Tecnología*(4(13)), 42-52.

- González Pérez, C. (2015). *Building Information Modeling: Metodología, aplicaciones y ventajas. Casos prácticos en gestión de proyectos*. Valencia: UPV.
- GRUPPE, H. (29 de Junio de 2015). <http://www.hildebrandt.cl/>. Obtenido de <http://www.hildebrandt.cl/>: <http://www.hildebrandt.cl/en-que-consiste-el-modelo-bim/>
- Hernández Matías, J., & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación EOI.
- Howell, G. (1999). What is lean construction? *Proc., Int. Group for Lean Construction 7th Annual Conf* (págs. 1-10). Berkeley, Calif: IGLC-7.
- Howell, G., & Ballard, G. (2004). Competing construction management paradigms. *Lean Construction Journal*, 1-8.
- Howell, G., & Koskela, L. (2000). Reforming project management: the role if lean construction. *8tg Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (págs. 17-19). Brighton: IGLC.
- Howell, G., & Koskela, L. (2002). The underlying theory or Project management is obsolete. *Proceedings of the PMI Research Conference*, (págs. 293-302).
- Ibañez Solano, S. (3 de Febrero de 2016). *BIM es el presente, no el futuro*. Obtenido de BIM es el presente, no el futuro: <http://www.bimbarcelona.com/bim-es-el-presente-no-el-futuro/>
- Ilozor, B., & Kelly, D. (2012). Building Information Modeling and Integrated Project Delivery in the commercial Construction industry: a conceptual study. *Journal of engineering, project and production management*,(2(1)), 23-36.
- Institute, H. L. (Octubre de 2013). <http://www.leanconstruction.org/about-us/history/>.
- Institute, L. C. (5 de Octubre de 2013). *What is Lean Construction*. Obtenido de <http://www.leanconstruction.org/about-us/what-is-lean-construction/>.
- Institute, L. E. (2003). *Lean Lexicon: A Graphical Glossary for Lean Thinkers*. Lean Enterprise Institute,US; Edición: 5.
- Institute., L. E. (2003). *Lean Lexicon: A Graphical Glossary for Lean Thinkers*. Cambridge, MA: Lean Enterprise Institute.
- Iqbal, M., & Rizwan, M. (2009). Application of 80/20 rule in software engineering Waterfall Model. *2nd International Conference on Information and Communication Technologies*. ICICT '09.
- Ishikawa, K. (1994). *Introducción al control de calidad*. Madrid: Díaz de Santos.
- Kalsaas, B. (2012). The Last Planner style of planning: its basis in learning theory. *Journal of engineering project and production management*(2(2)), 88–100.
- Kenley, R., & Seppänen, O. (2010). *Location-Based Management for Construction*. 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon: Spon Press, 554.
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Stanford University, USA.: Stanford University.
- Koskela, L., Stratton, R., & Koskenvesa, A. (2010). Last Planner and Critical Chain in construction management: Comparative analysis. *18th Annual Conference if the International Group for Lean Construction*. Haifa: IGLC.

- Kymmell, W. (2008). *Building Information Modeling: Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations*. New York: McGraw-Hill Construction.
- Lee, A., Wu, S., Marshall-Ponting, A., Aouad, G., Cooper, R., Tah, J. H., . . . Barrett, P. S. (2005). *nD Modelling Road map: A Vision for nD-Enabled Construction*. Salford: University of Salford.
- Li, B., & Jiang, W. (1996). Heuristics genetic algorithm using 80/20 rule. *IEEE International Conference on Industrial Technology ICIT 96*, (págs. 436 – 438).
- Liker, J. (2006). *Las claves del éxito de Toyota: 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo*. Barcelona: EDICIONES GESTION 2000.
- Linstone, H. A., & Turoff, M. (1975). *The Delphi Method: Techniques and Applications*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Listone, H., & Turoff, M. (1975). *The Delphi Method: Techniques and Applications*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Lloréns, F., & Fuentes, M. (2001). *Calidad total. Fundamentos e implantación*. Madrid: Pirámide.
- Lock, D. (1979). *Project Management*. England: Gower Press Limited.
- Loftus, J. (1999). *Project Management of Multiple Projects and Contracts*. London: Thomas Telford Ltd.
- Martínez Montes, G., & PellicerArmiñana, E. (2007). *Organización y gestión de Proyectos y Obras*. Valencia: McGraw-Hill.
- Maskell, B., Baggaley, B., & Grasso, L. (2012). *Practical Lean Accounting: A Proven System for Measuring and Managing the Lean Enterprise*. CRC Press.
- Mateu, D. (2014). *Building Information Modeling 4D aplicado a una planificación con Last Planner System*. Valencia: UPV.
- Medina Ramón, F. (2011). *Programación y Edificación*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Mestre, I. S. (2013). *Last Planner System*. Valencia: Universidad Pontificia de Valencia.
- Moghadam, M., Alwisy, A., & Al-Hussein, M. (2012). Integrated BIM/Lean base production line schedule model for modular construction manufacturing. *Journal of construction engineering and management*, 1271-1280.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: beyond large-scale production*. Cambridge: Productivity Press.
- Oliver Faubel, I. (2016). *Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación. Diseño de una propuesta*. Valencia : UPV. Universidad Politécnica de Valencia.
- Orihuela, P. (10 de Octubre de 2013). *Lean Construction en el Perú*. Obtenido de www.motiva.com.pe/Articulos/Lean%20Construction%20en%20el%20Peru.pdf.
- Oya Sala, T. (2015). *Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura: un proyecto con Revit*. Valencia: UPV.
- Patel, A. (2011). *The Last Planner System for reliable project delivery*. Arlington, Texas: The University of Texas at Arlington.

- Pellicer, P., Cerveró, F., Lozano, A., & Ponz-Tienda, J. (2015). The last planner system of construction planning and control as a teaching and learning tool. *Universitat Politècnica de València. Universidad de Los Andes.*, 4877-4884.
- Perez Marqués, M. (2010). *Metodología Seis Sigma a traves de Excel*. San Fernando de Henares, Madrid: RC Libros.
- Pons, J. (2014). *Introducción a Lean Construction*. Madrid: Fundación Laboral de la Construcción.
- Pons, J. (2014). *Introducción al Lean Construction*. Madrid: Fundación laboral de la construcción.
- Porras Días, H., Sánchez Rivera, O., & Galvis Guerra, J. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: Una revisión actual. *AVANCES Investigación en Ingeniería*, 11 (1), 32-53.
- Project Management Institute. (2013). *Guía de los fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK). Quinta edición*. Newtown Square, Pensilvania: Instituto de Gestión de Proyectos.
- Rodríguez, A. D., Alarcón, L. F., & Pellicer, E. (2011). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. *Revista de obras públicas*(3518), 1–9.
- Romero López, C. (2002). *Técnicas de Programación y Control de Proyectos*. Madrid: Pirámide.
- S., S., & Wijesiri, D. (2008). Lean Construction struction as a strategic option: testing its suitability and acceptability in Sri Lanka. *Lean Construction Journal*, 34-48.
- Sacks, R., Koskela, L., Bhargav, A., & Owen, R. (2010). Interaction of lean and Building Information Modeling in construction. *Journal of construction engineering and management*(136), 968-980.
- Sacks, R., Koskela, L., Bhargav, A., & Owen, R. (2010). Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. *Journal of construction engineering and management*(136(9)), 968-980.
- Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A., & Luegring, M. (2005). Site implementation and assessment of Lean Construction techniques. *Lean Construction Journal*(2 (1)), 1–21.
- Sánchez_Losada, J. (2012). Modelos de gestión de proyectos: dirección de proyectos compatible con el pensamiento Lean. *Dyna*, 87(2), 214-221.
- Sanchis, I. (2013). *Last Planner System. Un Caso de Estudio*. Valencia: UPV.
- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. (25(4)), 785-805.
- Shang, G., & Pheng, L. (2014). The Last Planner System in China's construction industry- a SWOT analysis on implementation. *Internal journal of project management*, 1-13.
- Shankar Munje, A., & Subhashrao Patil, D. (2014). Comparative Study of Last Planner System Over Traditional Construction Processes. *Current Trends in Technology and Science*(4(3)), 308-311.
- Straker, D. (1995). *A toolbox for Quality Improvement and Problem Solving*. UK: Prentice Hall.
- Tejeda, A. S. (2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. *Ciencia y Sociedad*(36(2)), 276-310.
- The American Institute of Architects. (2007). *Integrated Project Delivery: A Guide*. San Francisco, CA: AIA National/ AIA California Council.
- Tuckman, B. (1965). Developmental Sequence in Small Groups. *Psychological Bulletin*, 63(6), 384-399.
- Tuckman, B., & Jensen, M. (1977). Stages of small group development revisited. *Group and Organization Studies*, 2(4), 419-427.

- Vico Software, .. (15 de Septiembre de 2015). *Homepage of Vico Software*. Obtenido de Homepage of Vico Software: <http://www.vicosoftware.com/what-is-flowline-scheduling?&t=35142>
- Vilar, J. (1998). *Las 7 nuevas herramientas para la mejora de la calidad*. Madrid: Fundación Confemental.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your organisation*. New York: Simon and Shuster.
- Womack, J., & Jones, D. (2005). *Lean Thinking. Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa*. España: Gestión 2000.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1991). *La máquina que cambió el mundo*. Barcelona. España: McGraw-Hill.

8. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Características del entorno BIM para el tratamiento de la información del proyecto. Elaboración propia a partir de la fuente: (Coloma, 2008)	20
Figura 2: Dimensiones BIM. Elaboración propia a partir de la fuente: (Ibañez Solano, 2016)	29
Figura 3: Relación entre los Interesados y el Proyecto. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	32
Figura 4: Niveles Típicos de Costo y Dotación de Personal en una Estructura Genérica del Ciclo de Vida del Proyecto. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	34
Figura 5: Límites del Proyecto. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	36
Figura 6: Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Fuente: (Project Management Institute, 2013)	41
Figura 7: Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	43
Figura 8: Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	45
Figura 9: Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	47
Figura 10: Realizar el Control Integrado de Cambios: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	50
Figura 11: Cerrar el Proyecto o Fase: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	51
Figura 12: Planificar la Gestión del Alcance: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013):	53
Figura 13: Recopilar Requisitos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	55
Figura 14: Definir el Alcance: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	59
Figura 15: Crear la EDT/WBS: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	62
Figura 16: Ejemplo de una EDT/WBS desglosada hasta el nivel de Paquetes de Trabajo. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	63
Figura 17: Validar el Alcance: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	64
Figura 18: Controlar el Alcance: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	66
Figura 19: Planificar la Gestión del Cronograma: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	68
Figura 20: Definir las Actividades: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	70
Figura 21: Secuenciar las Actividades: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	72
Figura 22: Tipos de Relaciones del Método de Diagramación por Precedencia (PDM). Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	73
Figura 23: Diagrama de Red del Cronograma del Proyecto. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	75
Figura 24: Estimar los Recursos de las Actividades: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	76

Figura 25: Estimar la Duración de las Actividades: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	78
Figura 26: Desarrollar el Cronograma: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	81
Figura 27: Ejemplo de Método de la Ruta Crítica. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	83
Figura 28: Ejemplo de Método de la Cadena Crítica. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	84
Figura 29: Controlar el Cronograma: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	87
Figura 30: Planificar la Gestión de los Costos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	90
Figura 31: Estimar los Costos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	92
Figura 32: Determinar el Presupuesto: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	95
Figura 33: Componentes del Presupuesto del Proyecto. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	98
Figura 34: Controlar los Costos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	99
Figura 35: Planificar la Gestión de la Calidad: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	104
Figura 36: Realizar el Aseguramiento de Calidad: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	109
Figura 37: Controlar la Calidad: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	112
Figura 38: Planificar la Gestión de los Recursos Humanos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	114
Figura 39: Ejemplo de Histograma de Recursos. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	118
Figura 40: Adquirir el Equipo del Proyecto: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	119
Figura 41: Desarrollar el Equipo del Proyecto: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	121
Figura 42: Dirigir el Equipo del Proyecto: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	123
Figura 43: Planificar la Gestión de las Comunicaciones: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	126
Figura 44: Gestionar las Comunicaciones: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	129
Figura 45: Controlar las Comunicaciones: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	131
Figura 46: Planificar la Gestión de los Riesgos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	133
Figura 47: Identificar los Riesgos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	137
Figura 48: Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salida. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	140

Figura 49: Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	143
Figura 50: Planificar la Respuesta a los Riesgos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	146
Figura 51: Controlar los Riesgos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	150
Figura 52: Planificar la Gestión de las Adquisiciones: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	152
Figura 53: Efectuar las Adquisiciones: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	157
Figura 54: Controlar las Adquisiciones: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	160
Figura 55: Cerrar las Adquisiciones: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	162
Figura 56: Identificar a los Interesados: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	164
Figura 57: Planificar la Gestión de los Interesados: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	166
Figura 58: Gestionar la Participación de los Interesados: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	168
Figura 59: Controlar la Participación de los Interesados: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013)	170
Figura 60: Círculo de la improductividad de una empresa. Adaptado de Ohno. Elaboración propia a partir de la fuente: (Ohno, 1988)	177
Figura 61: Los 12 pasos del Target Costing. Elaboración propia a partir de las fuentes: (Maskell, Baggaley, & Grasso, 2012), (Pons J. , 2014)	195
Figura 62: Actores o agentes sociales que integra el IPD. Elaboración propia a partir de la fuente: (Pons J. , 2014)	196
Figura 63: Curva de MacLeamy. Elaboración propia a partir de la fuente: (The American Institute of Architects, 2007)	198
Figura 64: Proceso Tradicional del Diseño. Elaboración propia a partir de la fuente: (Pons J. , 2014)	200
Figura 65: Proceso Integrado del Diseño. Elaboración propia a partir de la fuente: (Pons J. , 2014)	200
Figura 66: Elementos del BIM. Elaboración propia a partir de la fuente: (Pons J. , 2014)	201
Figura 67: Planificación usual. Elaboración propia a partir de la fuente: (Alarcón & Pellicer, 2009):	202
Figura 68: Sistema tradicional de planificación. Elaboración propia a partir de la fuente: (Koskela, 1992)	203
Figura 69: Sistema de Planificación Lean. Elaboración propia a partir de la fuente: (Koskela, 1992)	203
Figura 70: Sistema de planificación Lean. Elaboración propia a partir de la fuente: (Alarcón & Pellicer, 2009):	204
Figura 71: Sistema de planificación Lean. Elaboración propia a partir de la fuente: (Botero & Álvarez, 2005)	204
Figura 72: El BIM Manager. Elaboración propia a partir de la fuente: (Álvarez Pérez & Bouzas Cavada, 2015)	215
Figura 73: El Procedimiento del BIM Project Execution Plan. Elaboración propia a partir de la fuente: (BIM, 2011)	215
Figura 74: Nodo de Red de Precedencias Generalizadas	288
Figura 75: Nodo de Red LEAN	289
Figura 76: Sin aplicación de Nivelación	291
Figura 77: Con aplicación de Nivelación	291
Figura 78: Recursos R1 SIN Asignación	293

Figura 79: Recursos R1 CON Asignación	293
Figura 80: Recursos R2 SIN Asignación	294
Figura 81: Recursos R2 CON Asignación	294
Figura 82: Coste Programado del Trabajo Previsto	297
Figura 83: Coste Programado del Trabajo Realizado VS Coste Real del Trabajo Real	298
Figura 84: Coste Programado del Trabajo Programado, de los Tmp y Tmt, vs CPTR	299
Figura 85: Desviación en Coste	300
Figura 86: Adelantos y Atrasos de la Obra	301
Figura 87: Desviación de Programa	302
Figura 88: Índice de Rendimiento de Coste e Índice de Rendimiento de Programa	303
Figura 89: Rendimiento Coste-Programa	304
Figura 90: Diagrama de avance	306
Figura 91: Diagrama de Ishikawa	312
Figura 92: Clasificación de los materiales. 5S-Clasificar	314
Figura 93: Organización de los grupos de acopios	315
Figura 94: Ficha de tareas y actividades	321
Figura 95: Makespan Difuso. Tiempo. Lógica Fuzzy	342
Figura 96: Makespan Difuso. Coste. Lógica Fuzzy	344
Figura 97: Modelado del proyecto “Cheste 68” con Autodesk® Revit™2016. Alzados Norte y Oeste	349
Figura 98: Modelado del proyecto “Cheste 68” con Autodesk® Revit™2016. Alzados Sur y Oeste	350
Figura 99: Planificación con Autodesk® Navisworks, simulación temporal. 2017. 1ª Secuencia	351
Figura 100: Planificación con Autodesk® Navisworks, simulación temporal. 2017. 2ª Secuencia	351
Figura 101: Planificación con Autodesk® Navisworks, simulación temporal. 2017. 3ª Secuencia	352
Figura 102: Planificación con Autodesk® Navisworks, simulación temporal. 2017. 4ª Secuencia	352
Figura 103: Planificación con Autodesk® Navisworks, simulación temporal. 2017. 5ª Secuencia	353
Figura 104: Planificación con Autodesk® Navisworks, simulación temporal. 2017. 6ª Secuencia	353
Figura 105: Planificación con Autodesk® Navisworks, simulación temporal. 2017. 7ª Secuencia	354
Figura 106: Planificación con Autodesk® Navisworks, simulación temporal. 2017. 8ª Secuencia	354

9. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Relación LOD/D BIM/Modelo Tradicional. 2015. Elaboración propia a partir de la fuente: (Oliver Faubel, 2016).....	24
Tabla 2: Correspondencia entre Grupos de Procesos y Áreas de Conocimiento de la Dirección de Proyectos. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013).....	40
Tabla 3: Elementos del Acta de Constitución del Proyecto y del Enunciado del Alcance del Proyecto. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013).....	61
Tabla 4: Coste de la Calidad. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013).....	106
Tabla 5: Matriz RACI. Elaboración por Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013).....	116
Tabla 6: Definición de Escalas de Impacto para Cuatro Objetivos del Proyecto. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013).....	136
Tabla 7: Matriz de Probabilidad e Impacto. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013).....	142
Tabla 8: Rango de Estimaciones de Costos del Proyecto Recopiladas durante la Entrevista de Riesgos. Elaboración propia a partir de la fuente: (Project Management Institute, 2013).....	144
Tabla 9: Principios del Target Costing. Elaboración propia a partir de la fuente: (Maskell, Baggaley, & Grasso, 2012):.....	194
Tabla 10: Los principios del IPD. Elaboración propia a partir de la fuente: (Pons J. , 2014)	197
Tabla 11: El papel que juegan los principales actores en un proyecto integrado. Elaboración propia a partir de la fuente: (Pons J. , 2014).....	199
Tabla 12: Resumen de diferencias entre un proyecto tradicional y un proyecto Lean. Elaboración propia a partir de la fuente: (Pons J. , 2014)	209
Tabla 13: Comparación entre la gestión tradicional de la construcción y la gestión de Lean Construction. Elaboración propia a partir de la fuente: (Shankar Munje & Subhashrao Patil, 2014)	211
Tabla 14: Beneficios de BIM e IPD. Elaboración propia a partir de la fuente: Sacks, R., Koskela, L., Bhargav, A.D., Owen, R.	218
Tabla 15: Aplicación de Lean Construction dentro de la Guía PMBOK incorporado en BIM. Elaboración propia.	267
Tabla 16: Superficies Planta Baja Vivienda Unifamiliar.....	268
Tabla 17: Superficies Planta Primera Vivienda Unifamiliar.....	269
Tabla 18: Superficies Planta Cubierta Vivienda Unifamiliar.....	269
Tabla 19: Necesidad de recursos de la subcontratas.....	282
Tabla 20: Distribución por zonas de las actividades del proyecto	284
Tabla 21: Distribución por áreas de cada una de las zonas de las actividades del proyecto	285
Tabla 22: Responsables de las actividades del proyecto.....	285
Tabla 23: Restricciones de las tareas del proyecto.....	285
Tabla 24: Cálculo de Nivelación de Recursos con incremento de plazo y disponibilidad constante	290
Tabla 25: Cálculo de Asignación de Recursos	292
Tabla 26: Duraciones y Costes Normales y Acelerados	295
Tabla 27: Duraciones y Costes Reales	296
Tabla 28: Proyecciones	305
Tabla 29: Cálculo de Duraciones y Costes. Modo Normal	309
Tabla 30: Cálculo de Duraciones y Costes. Modo Acelerado.....	311
Tabla 31: Tiempos de duración óptima para minimizar el coste de producción	311
Tabla 32: Toma de datos del Proceso Ejecución de un Forjado. VSM-Situación Actual.....	313
Tabla 33: Asignación de responsables a actividad.....	316

Tabla 34: Toma de datos del Proceso Ejecución de un Forjado. VSM-Situación Futura	316
Tabla 35: Calendario Pull Session	335
Tabla 36: Análisis de Riesgos en Proyecto	339
Tabla 37: Cálculo PERT	340
Tabla 38: Grados de pertenencia. Lógica Fuzzy	343

10. ÍNDICE DE ECUACIONES

[1]	100
[2]	100
[3]	101
[4]	101
[5]	101
[6]	101
[7]	102
[8]	102
[9]	102
[10]	206
[11]	279
[12]	307