
Método de Valor Ganado como herramienta Lean Construction

07 jul. 14

AUTOR:

DAVID DELGADO ALFARO

TUTOR ACADÉMICO:

ÓSCAR HUGO BUSTOS CHOCOMELI

Departamento: Construcciones Arquitectónicas



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR
ENGINYERIA
D'EDIFICACIÓ

ETS de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València

A mi madre...

*[...Será el cielo para el viento
duro como una pared
y las ramas desgajadas
se irán bailando con él...]
Cayó una hoja (Federico García Lorca)*

Resumen

La gestión de proyectos es un campo cada día más importante debido a la alta competitividad que existe entre empresas en todo el mundo. Este trabajo estudia los orígenes y pilares fundamentales de la filosofía **Lean** (uno de los sistemas de gestión con mayor proyección en la industria y el sector servicios) con objetivo de determinar si el método de **Valor Ganado** (quizás, el método de control de costes en obra más utilizados en España), puede llegar a ser considerado como una herramienta de esta filosofía **Lean** desde un punto de vista cualitativo.

Este análisis es apoyado por razón del estudio de casos recientes de **Lean Construction** en el mundo y gracias al proceso experimental de la ejecución de una obra virtual programada mediante la herramienta del **Last Planner System** y la aplicación de **Valor Ganado**.

Palabras clave: Último planificador, Lean, Lean Construction, Valor Ganado, Gestión de proyectos.

Abstract

The Project management is one of the most important fields due to high competitiveness between companies around the world. This work considers the origins and bases of **Lean** thinking (management system with biggest projection on industry and service sector) with the objective to establish if the **Earned Value Management** method (probably, the most used method for building cost control in Spain), can be considered as a tool of this **Lean** philosophy from a qualitative point of view.

This analysis is based on **Lean Construction** recent cases studies around the world thanks to experimental process of a virtual work construction schedule by **Last Planner System** tool and the **Earned Value Management** application

Key words: Last Planner System, Lean, Lean Construction, Earned Value, Project Management.

Agradecimientos

En primer lugar, gracias a mi tutor Oscar Bustos Chocomeli, profesor de la Escuela, por animarnos y orientarnos en el estudio y elaboración de este trabajo. Así como a mi compañero Antonio Climent Alós, por haber elegido junto a mí este campo tan bonito y poder trabajar juntos por última vez (dentro de esta carrera), desde que empezamos a hacerlo en Septiembre del año 2.010.

Agradecer a mi padre el haberme proporcionado todo el apoyo moral y económico para hacer posible la ilusión de realizar mis estudios fuera de nuestra querida ciudad y a mis hermanos Pablo y Paco por darme todo su cariño.

Por último agradecer a todos/as y cada uno/a de los compañeros/as con los que he tenido el placer de trabajar estos años y también a todos/as los amigos/as con los que he convivido tanto en el Colegio Mayor Lluís Vives como en el piso compartido, haciéndome sentir como en casa.

A todos, muchas gracias.

Motivaciones

Desde aproximadamente el año 2.008, nuestro país se ha visto envuelto en una crisis económica tan seria, dura y trascendental, que ha modificado, de forma radical, la vida de muchas familias españolas y cuyos orígenes, lejos de ser explicados en estas líneas, tiene una de sus raíces más importantes en el sector de la construcción y la edificación.

Desde este campo en el cual comienzo a dar mis primeros pasos, opino que debemos observar los errores cometidos en los años de auge económico en la construcción para no permitir que desde el punto de vista técnico no puedan volver a suceder. Los asuntos más puramente económicos los dejaremos a los expertos y sobretodo, después de este duro castigo, a la moral y ética de cada uno de los ciudadanos del país.

En septiembre del año 2.010 comencé el camino de esta carrera que estoy a punto de concluir 4 años después, motivado por el arte de la arquitectura y el interés en el oficio de la construcción. Sin embargo, tras mi etapa educativa en esta Escuela, lo que ha llegado a motivarme para realizar este trabajo final es el poder poner en práctica e investigar en la mejora de la programación y gestión en la obra con el fin que mencionaba en los párrafos anteriores, mejorar aspectos que en el auge de la construcción hemos dejado abandonados y aprovechar estos años de escaso trabajo para el desarrollo de posibles nuevas técnicas.

Acrónimos utilizados

AACE: American Association of Cost Engineers / Asociación Americana de Ingenieros de Costes

AC or ACWP: Actual Cost or Actual Cost of Work Performed / Coste real o Coste Real del Trabajo Realizado (CRTR)

ANSI: American Standards Institute / Instituto Americano de Normas-Estándares

BAC: Budget at Completion / Presupuesto al finalizar

BIM: Building Information Modeling

CCPM: Critical Chain Project Management / Dirección de Proyectos con Cadena Crítica

CEAC: Cost Estimate At Completion / Estimación de Costos de Terminación

CF: Complet Factor / Factor hasta Completar

CPI: Cost Performance Index / Índice de rendimiento del costo

CPM: Critical Path Method / Método del Camino Crítico

CV: Cost Variance / Variación del costo

EAC: Estimate At Completion / Estimación a la conclusión

ES: Earned Schedule / Programación Ganada

ETC: Estimate To Complete / Estimación hasta la conclusión

EV or BCWP: Earned Value or Budgeted Cost of Work Performed / Valor ganado o Coste Presupuestado del Trabajo Realizado (CPTR)

EVM: Earned Value Management / Gestión de Valor Ganado

GGM: Gompertz G. Model / Modelo de Crecimiento de Gompertz

IB: Basics Index / Índices básicos

IPMA: Project Management Association / Asociación de Gestión de Proyectos

JIT: Just In Time

LPS: Last Planner System

OBS: Organization Breakdown Structure / Estructura de Desglose de la Organización

PMBOK: Project Management Book / Guía de Dirección de Proyectos del PMI

PMI: Project Management Institute / Instituto de Gestión de Proyectos

PV or BCWS: Planned Value or Budgeted Cost of Work Scheduled / Valor planificado o Coste Presupuestado del Trabajo Programado (CPTP)

SPI: Schedule Performance Index / Índice de rendimiento del cronograma

SV: Schedule Variance / Variación del cronograma

TCPI: To-Complete Performance Index / Índice de utilización del tiempo para finalizar

TPS: Toyota Production System

VAC: Variance At Completion / Variación en la finalización

WBS: Work Breakdown Structure / Estructura de Desglose de Trabajo

Índice

Capítulo 1	12
Introducción	12
Objetivos.....	14
Objetivos generales	14
Objetivos específicos	14
Preguntas de Investigación.....	15
1 Marco Teórico.....	15
1.1 Antecedentes del Lean	15
1.2 Estado de la Cuestión	22
1.2.1. LEAN.....	22
1.2.1.1. Toyota Production System.....	23
1.2.1.2. Las 3M.....	28
1.2.1.3. Principios Lean.....	32
1.2.1.4. El premio de utilizar Lean	38
1.2.2. Last Planner System, el último planificador	39
1.2.2.1. Marco teórico del LPS.....	40
1.2.2.2. Sistema Push y sistema Pull.....	43
1.2.2.3. Los mecanismos del LPS	43
1.2.3. Breve resumen de Valor Ganado.....	48
1.3 Revisión de la literatura.....	54
1.3.1 La interacción entre Lean y BIM en la Construcción	55

1.3.2	Reducción de costes para la adaptación de la vivienda social del ayuntamiento de Dublín a la normativa de la construcción de 1991 a través del pensamiento Lean	71
1.3.3	“Lean Construction Conformance among Construction Contractors in Turkey” (La conformidad con Lean Construction entre constructores en Turquía).....	76
1.3.4	Mejora de la productividad en el mantenimiento rutinario de una carretera aplicando filosofía Lean Construction	82
1.3.5	Last Planner en subcontrato de empresa constructora. ...	87
2	Marco Práctico.....	93
2.1	Modelo y metodología	93
2.2	Experimentación.....	95
2.3	Matriz de confrontaciones	107
Capítulo 2.	.....	112
Conclusiones.....	.....	112
Capítulo 3.	.....	118
Referencias Bibliográficas.....	.....	118
Capítulo 4.	.....	122
Índice de Figuras.....	.....	122
Anexo I.....	.....	125
Actas Pull Sessions.....	.....	125
Anexo II.....	.....	156
Programación obra .....	.....	156

Capítulo 1.

Introducción

El Australopithecus, que vivió en África desde hace 4 millones de años hasta hace 2 millones de años, es considerado para la mayoría de los científicos como el primer homínido completamente bípedo de la historia y en estos últimos años cada vez más teorías también acercan a este antepasado a ser el primer homo capaz de elaborar las primeras herramientas de piedra.

Desde aquel rudimentario proceso de elaboración de herramientas, pasando por la invención de la rueda (3.500 a.C.), la imprenta de Gutenberg en 1.440, la penicilina de Fleming en 1.928 o Internet, gracias a Lawrence Roberts en 1.960, entre otros, hemos recorrido un complejo camino de evolución a lo largo de la historia.

Esta evolución ha sido posible gracias a la investigación y el estudio continuo de hechos por parte de científicos y expertos, o en otras palabras, a la mejora continua de procesos que, seguramente, empezaron con una idea y terminaron por revolucionar aspectos de la historia.

Tanto los principios de Lean como el recorrido hasta llegar a este sistema de producción o filosofía, se basa fundamentalmente en la mejora continua, en la observación de lo existente para poder

analizarlo, y mejorarlo en un ciclo también conocido como el Ciclo de Deming.

Con esta introducción se pretende reflexionar como esta filosofía, todavía desconocida para mucha gente, mas ya aplicada por importantes empresas en todo el mundo, sigue el mismo concepto que la que la evolución científica y tecnológica a lo largo de la historia, el mejorar continuamente para poder avanzar.

Ciclo de Deming



Objetivos

Objetivos generales

Los objetivos que persiguen con el presente experimento son:

1. Aplicación de la metodología de Valor Ganado en Ruta Crítica, dentro del campo de la gestión de proyectos de construcción.
2. Determinar la posibilidad de que el método de Valor Ganado cumpla los principios de Lean y por tanto pueda ser considerado como una herramienta de gestión dentro de este sistema.
3. Desarrollar una aplicación informática que permita obtener el valor ganado, la duración y el coste real de la obra gráficamente.

Cada uno de estos objetivos ha sido desarrollado en los trabajos finales de grado correspondientes, siendo todos ellos de la misma promoción y desarrollados por:

Objetivo 1.- Antonio Climent Alós

Objetivo 2.- David Delgado Alfaro

Objetivo 3.- María Carbonero

Objetivos específicos

Este trabajo trata de cumplir el objetivo 2 mediante una serie de objetivos específicos, los cuales son:

1. Una revisión de la literatura con artículos e investigaciones que traten sobre la implantación, en casos reales, de Lean y realizados en los últimos 4 años en todo el mundo.
2. Realizar la puesta en práctica de una herramienta Lean como es el Last Planner System aprovechando que es necesaria una programación previa en la aplicación de Valor Ganado. Así se podrán entender mejor las aspiraciones y los principios del Lean.
3. Analizar los resultados de Valor Ganado y discutir la posibilidad de considerar este método una herramienta Lean desde un punto de vista cualitativo.

Preguntas de Investigación

En base a los objetivos generales y específicos, este trabajo tratará de responder a las siguientes preguntas.

¿Cuál es la situación actual de Lean y que opciones tiene de futuro?

¿Puede considerarse el método de valor ganado una herramienta Lean?

¿Cómo podría optimizarse el método de Valor Ganado dentro del Lean?

1 Marco Teórico

1.1 Antecedentes del Lean

Para conocer las raíces de la filosofía Lean, quizás debemos remontarnos a **finés del siglo XIX** cuando Sakichi Toyoda inventa en Japón el primer telar automático, que revoluciona la industria del textil

y crea en 1907 la empresa Toyota Automatic Loom Works donde incorpora dos conceptos:

- ✓ Jidoka (construir en calidad o anti-error).- La máquina se detiene automáticamente cuando detecta un problema, lo que posteriormente conoceremos como “calidad incorporada” (built-in-quality)
- ✓ Los 5 por qués.- Cuando ocurre un problema hay preguntarse cinco veces el motivo para averiguar la causa y no vuelva a ocurrir.

En el **año 1930** Sakichi ayuda a su hijo Kiichiro a fundar la Toyota Motor Company, basándose en la triunfadora empresa de textil vendida un año antes, en el **1929**, por 100.000 libras esterlinas a los Platt Brothers. Es con la venta de esta patente como consiguen la liquidez suficiente como para hacer la inversión. Sin embargo Toyota tiene problemas en sus inicios, aunque poco a poco consiguen afianzarse en la producción de automóviles y camiones hasta el parón de la producción en la II Guerra Mundial. También importa el concepto del “Produktionstak” de la Alemania de la pre-guerra, posteriormente conocido como “takt time” (ritmo constante de producción según la demanda)

Sakichi Toyoda a su hijo Kiichiro:

Toda persona debe emprender algún gran proyecto como mínimo una vez en su vida. He dedicado Gran parte de mi vida a inventar formas de telares. Ahora es tu turno. Tú debes esforzarte en concretar algo que pueda beneficiar a la sociedad (Reingold, 1999).

Durante este tiempo de crecimiento, Toyota queda a la sombra de las grandes manufactureras americanas Ford y General-Motors. Sin embargo, poco antes de la Guerra, en el **año 1.937**, el director de producción y consultor Japonés de Toyota llamado Taiichi Ohno,

observa de que forma, en Estados Unidos, el sistema de producción en masa desarrollado por el Fordismo y el Taylorismo, dado en su máxima expresión, supera con creces la producción japonesa. Esta observación permitió el desarrollo años más tarde del Toyota Production System (TPS), y por eso muchos expertos consideran el Taylorismo y el Fordismo una de las raíces del Lean.



Ilustración 1. F. Taylor y H. Ford. Fuente.-

http://www.makingthemodernworld.org.uk/stories/the_age_of_the_mass/05.ST.06/?scene=2&tv=true

Una vez superada la Guerra en el **año 1950**, Eiji Toyoda, sobrino de Kiichiro, visita durante tres meses la principal planta de montaje de Ford en Estados Unidos junto a Ohno, quedando sorprendidos por el énfasis estadounidense en la producción en masa, pero más aún en el desperdicio continuo que existía en este sistema de producción. A su regreso, llegaron a unas conclusiones bastante negativas para la empresa:

- ✓ El mercado automovilístico japonés resultaba demasiado variado para lo pequeño que era

- ✓ Los trabajadores japoneses eran más exigentes en sus condiciones que los americanos.
- ✓ La inversión capital era prohibitiva para Toyota en ese momento.

Sin embargo en el **año 1956** Taiichi Ohno vuelve a viajar a Estados Unidos. En este viaje este queda asombrado por el manejo de inventarios reducidos en los supermercados y por sus sistemas de reposición de productos (esto último dio lugar a la idea del “Kanban” que aparecería más tarde).

Muchos consideran que la observación que Ohno realizó de los supermercados hizo de efecto inspirador en el consultor japonés que le hizo reflexionar acerca de lo que hoy conocemos como la Cadena de Valor, basado en la eliminación de desperdicios tales como pasos innecesarios en un proceso, el control de las actividades primarias o dar mayor importancia a las necesidades del cliente (dar valor al cliente).



“Mi mayor contribución fue construir un sistema de producción que pudiera responder sin despilfarros a los cambios del mercado y que, adicionalmente, por su propia naturaleza, redujera costos”

(Taiichi Ohno)

Ilustración 2. Taiichi Ohno, 1950. Fuente.- <http://www.toyota.eu>

Nacen así las primeras ideas sobre lo que hoy conocemos como sistema de producción ajustada (Lean Manufacturing) junto con uno de sus

principios fundamentales, el Just-in-time (que veremos más tarde). Por este motivo Taiichi Ohno es considerado el padre del Lean (pese a que las raíces del Lean sean anteriores como hemos explicado) diseñando conceptos básicos como el “kaizen” (proceso de mejora constante dirigida a reducir los costes de producción y de mano de obra, incrementando la calidad) o “las siete pérdidas” (concepto de “muda” que veremos en el marco teórico de este trabajo)

Otros como Shigeo Shingo, ingeniero y consultor de la empresa también aportaron conceptos importantes como el “poka-yoke” o el SMED (cambio de herramienta, utillaje o maquinaria en menos de diez minutos).

Así, la idea básica del sistema de producción de Toyota es la eliminación de inventarios y otros desperdicios a través de pequeños lotes de producción, reducir los tiempos de espera, maquinas semiautomáticas, cooperación con proveedores y otras técnicas (Monden 1983, Ohno 1988, Shingo 1984)

Al mismo tiempo, los problemas en la calidad fueron atendidos por la industria Japonesa bajo la dirección de consultores americanos como Deming, Juran y Feigenbaum. La filosofía de la calidad evolucionó desde un método de control estadístico hasta un enfoque más amplio, incluyendo círculos de calidad y otras herramientas de desarrollo.

El primer documento donde aparece el TPS es en 1965, cuando se extienden los sistemas Kanban (ya hemos visto la raíz de esta idea) a sus proveedores. Kanban, es también conocido como “sistema de tarjetas”, debido a que era característico de este sistema pegar tarjetas en los contenedores de los materiales, las cuales eran despegadas

cuando el material era utilizado para saber que había que reponerlo y reducir tiempos de espera.

A partir del año 1.973, tras la crisis del petróleo, son muchas las empresas en el mundo que empiezan a transformar su sistema de producción basada en la ideas de Taylor por este sistema de producción ajustada pero que todavía se encuentra en fase de desarrollo.

Estas ideas se fueron desarrollando y perfeccionando por ingenieros industriales en un largo proceso por ensayo y error antes de establecer una base teórica, aunque la cual, no se creía necesaria. En consecuencia, hasta comienzos de los años 80, la información y la comprensión del nuevo enfoque fue limitado. Sin embargo y pese a no existir un enfoque claro, las ideas ya se habían empezado a difundir entre Europa y América aproximadamente desde 1975, especialmente en la industria automovilística (Lauri Koskela, 1992)

Durante la década de los 80, una ola de libros fueron publicados. En estos se analizaba y explicaba el enfoque con más detalle. Algunas publicaciones son: Deming 1982, Schonberger 1982, Schonberger 1986, Hayes & al. 1988, O'Grady 1988, Garvin 1988, Berangér 1987, Edosomwan 1990.

Así, en el año 1.988 es acuñado por primera vez el término Lean en el artículo del Doctor John Krafcik, "Triumph of the Lean Production System" ("El triunfo de la producción Lean") publicado en la revista de la Sloan School of Management del MIT, Cambridge, Massachusetts, EE.UU y basado en su tesina de Máster.

Triumph of the Lean Production System

John F. Krafcik

MIT International Motor Vehicle Program

THE RESEARCH FINDINGS REPORTED in this article will help to overturn a common myth about the auto industry: that productivity and quality levels are determined by an assembly plant's location. In reality there exists a wide range of performance levels among Japanese, North American, and European plants. Corporate parentage and culture do appear to be correlated with plant performance; the level of technology does not. Plants operating with a "lean" production policy are able to manufacture a wide range of models, yet maintain high levels of quality and productivity. *Ed.*

Sloan
Management
Review
41
Fall 1988

Ilustración 3. Primera aparición escrita del termino Lean. Fuente.- Artículo "Triumph of the Lean Production System", Revista "Sloan Management Review", 1988

A principio de los años 90, la nueva filosofía de producción, la cual era conocida por varios nombres diferentes (world class manufacturing, lean production, new production system), es un enfoque emergente. Se practica, al menos, por las mayores empresas de fabricación de Europa y América. El nuevo enfoque es también difundido a nuevos campos, como producción por encargo o personalizada (Ashton & Cook 1989), servicios, administración (Harrington 1991) y productos de desarrollo.

Cabe destacar el libro publicado en 1990 por James Womack, Daniel Jones y Daniel Roos llamado "The Machine that Changed the World" el cual describe de un modo sencillo los resultados de la investigación del proyecto iniciado en 1979 por el Massachusetts Institute of Technology sobre el futuro de la industria automovilística.

A partir de los 90 y hasta hoy en día conocido como LEAN, es un movimiento fuerte y en expansión, gracias entre otros motivos a la coincidencia de este enfoque con la gran explosión de Internet que ha hecho llegar este movimiento a todo el mundo a gran velocidad. Profesores como Lauri Koskela (Lean Construction) han ayudado a desarrollar una base conceptual fuerte de la filosofía Lean y a día de hoy, grandes empresas como INDITEX, Nike, Euromaster e incluso el gigante Apple tienen implantaciones en sus sistemas que cumplen con los principios del Lean manufacturing.

En cuanto a la aplicación del nuevo modelo productivo a la construcción (Lean Construction) surgió a nivel académico hace 20 años y a nivel de implementación se está manifestando más intensamente desde 2007, principalmente en Estados Unidos, donde diversos estudios y análisis realizados hasta ahora revelan que las empresas que ya aplican esta filosofía de producción han obtenido altos niveles de rendimiento en cuanto a reducción de costes, incremento de la productividad, cumplimiento de los plazos de entrega, mayor calidad, incremento de la seguridad, mejor gestión del riesgo y mayor grado de satisfacción del cliente. En España, el interés de las empresas hacia Lean Construction ha sido escaso o casi nulo hasta ahora, aunque está empezando a despertar (Pons Achell, J.F. 2014)

1.2 Estado de la Cuestión

1.2.1. LEAN

Tras un exhaustivo recorrido por los orígenes del Lean, leer innumerables artículos científicos y un par de libros me atrevo a definir Lean como:

Filosofía o pensamiento que pretende conseguir a través de un sistema concreto (desarrollado a partir del Toyota Production System) la

inserción de una serie de principios en los procesos de producción y/o servicios, que proporcionen valor al cliente, optimizando dichos procesos y practicando la mejora continua.

1.2.1.1. *Toyota Production System*

El TPS tiene como objetivo último el *flujo pieza a pieza*, lo cual choca fuertemente con el sistema tradicional de producción en masa realizado mediante grandes lotes y separación departamental por especialidades. Para conseguir este flujo pieza a pieza es necesario que conozcamos el *takt* de la empresa. *Takt* proviene del Alemán y vendría a ser el ritmo que requiere el cliente para ser provisto de los productos finales.

Es importante ser conscientes de que TPS no es un conjunto de herramientas sino que es un sofisticado sistema de producción.

Antes de desarrollar de forma resumida los principales aspectos del TPS, creo oportuno insertar la pirámide que refleja las 4P del modelo Toyota consideradas por Jeffrey K. Liker en su libro *“The Toyota Way”* y que comprende las 4 categorías del dicho modelo: Philosophy (Filosofía), Process (Proceso), People/Partners (Gente) y Problems resolve (Resolución de problemas) (Linker, J.K., 2003)

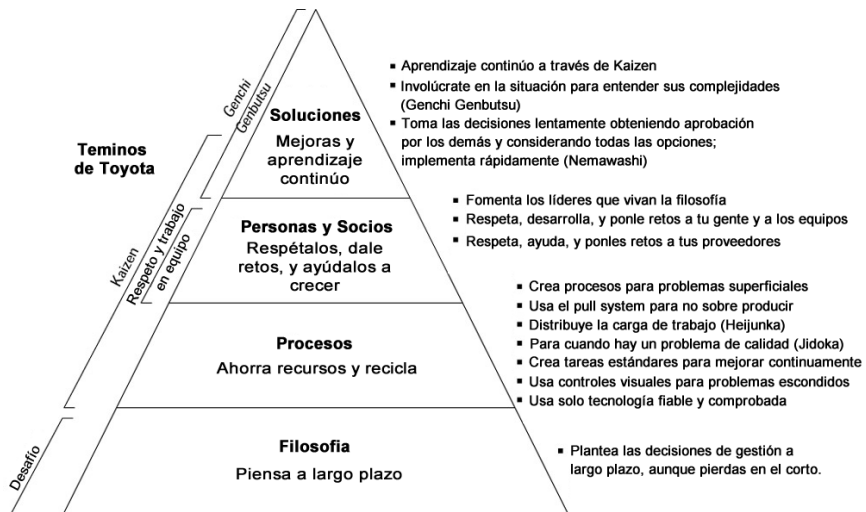


Ilustración 4. La pirámide 4P del modelo Toyota Fuente.- “Las claves del éxito de Toyota”, Jeffrey K.Liker

La filosofía a largo plazo planteada por el TPS está sostenida mediante dos pilares fundamentales, el *Jidoka* y el *Just-in-time*.

Por su parte el significado de *Jidoka* proviene del japonés y significa “automatización con un toque humano”. Es el concepto que se desarrolla a partir de los *Kanban* citados en el apartado de antecedentes. *Kanban* significa “tarjeta” en japonés, como fue explicado, se desarrolla a partir del estudio de los supermercados por parte de Ohno y es lo que conocemos como *Poka-yoke* o “anti-error”. Este principio del TPS pretende que sea muy difícil cometer errores en la producción y además añade la herramienta del *Andon*, dispositivo que avisa con señales luminosas y acústicas de problemas el flujo de producción haciendo posible que todo el mundo lo detecte y empeñe sus esfuerzos en solucionarlos antes de seguir con la producción. Esto

enlaza directamente con el segundo pilar del TPS, el *Just-in-time* (veremos por qué).

Just-in-time es el sistema que consigue directamente el *flujo pieza a pieza* que busca como último objetivo el TPS. Para alcanzar este sistema debemos ser conscientes de que ya no trabajaremos con grandes cantidades de lotes y montones de stock que nos dan cierta tranquilidad sino que tendremos la cantidad mínima de material en producción, pues cada producto lo realizaremos directamente desde el principio al final sin acumular lotes. Por eso cuando hubiese algún problema en cualquier fase de la producción, pueden pasar pocos minutos o incluso segundos hasta que el sistema se pare por completo, ¿Y qué sentido tiene esto? ¿Para qué vamos a “complicarnos la vida?

Bien, la respuesta es sencilla. El TPS al igual que Lean entiende que la principal manera de ser más eficientes respecto a un sistema de producción tradicional es mediante la eliminación de desperdicios (más adelante hablaremos del concepto *Muda*) que se producen. El desperdicio que provoca la mayor parte de las pérdidas es la sobreproducción. Si mediante el *Just-in-time* conseguimos entregar cantidades pequeñas, en tiempos cortos y ajustados a las necesidades del cliente, eliminaremos de un solo tajo la mayor parte de las pérdidas de un sistema tradicional, además esto conlleva una reestructuración que elimina los otros 7 desperdicios que ya nombraremos. Además es necesario introducir el concepto de *Heijunka* que consiste en nivelar la producción, lo que quiere decir, hacer desaparecer los picos producidos en las épocas donde un producto es más solicitado y repartir la cantidad de trabajo a lo largo del tiempo.

Pero, ¿Compensa esto si tenemos que parar toda la producción al mínimo problema? Uno de los conceptos fundamentales que se pretenden arraigar de este nuevo sistema es que cuando surge un problema, queremos que salga a la luz lo antes posible y crear la necesidad inmediata de solucionarlo. Como hemos dicho antes, el dispositivo *Andon* nos avisa cuando surge el mínimo problema, por eso decíamos que enlazaba con el concepto *Just-in-time*. En un sistema tradicional los problemas no aparecen hasta que hemos generado una ingente cantidad de productos (acabados o en proceso) defectuosos, ¿puedes imaginar la cantidad de dinero y esfuerzo que esto supone? ¿No crees que sea mejor parar e intentar solucionar el problema antes que seguir con “los ojos cerrados”? Esta es la reflexión que se hacía Toyota a principios de siglo XX y que a día de hoy está demostrado empíricamente que tiene mejores resultados.

Es bonito aprovechar este punto para contar un viejo cuento japonés que decía, que nosotros como individuos somos como un barco surcando las aguas de un río el cual tiene enormes piedras en el fondo que simbolizan los problemas. Conforme va pasando el tiempo el agua va evaporándose y el nivel del agua va descendiendo con el riesgo de chocar contra las piedras. En una situación clásica, tenderíamos a soltar más agua del embalse más cercano para así ocultar los problemas y no chocar contra ellos, ¿pero qué pasa cuando el embalse se vacía por completo y no podemos solar más agua? Evidentemente, chocaremos contra las piedras (los problemas) y el barco (nosotros) se hundirá. Por eso, la moraleja de este cuento nos propone eliminar las piedras del fondo del río conforme van saliendo en vez de ocultarlas.

Por último, es impensable implantar el modelo pieza a pieza y el just-in-time sin desarrollar un sistema tipo Pull (atraer) en oposición al

sistema tradicional Pull (hablaremos de este concepto en un apartado posterior)

Una vez tenemos unos pilares fuertes y sólidos, debemos hacer comprender un concepto muy importante: el *Genchi Genbutsu*. La traducción de *Genchi Genbutsu* es gestión visual. Según el TPS las tablas y los números pueden medir resultados pero no revelan los detalles del proceso real que se sigue día a día. Que hasta el máximo director de producción de la empresa (en este caso Toyota), haga un seguimiento a pie de producción de forma constante es imprescindible para que funcione el sistema.

Evidentemente, todo los miembros que participan en el sistema deben ser partícipes del seguimiento total de la producción y deben contribuir en la Mejora continua del sistema, *Kaizen*, traducido del japonés *kai* “cambio” y *-zen* “bueno”. Con esta mejora conseguiremos de forma constante ir eliminando desperdicios. La implicación de unos trabajadores que se sientan valorados es fundamental y quizás a veces sea un hándicap a la hora de implantar el TPS.

Es en este proceso de mejora continua donde vuelve a aparecer la figura de William Edwards Deming y su ciclo Plan-Do-Check-Act. Este ciclo es básico hacer correctamente mejoras continuamente. Más adelante veremos que se emplean informes A3 para reflejar las mejoras.

Para finalizar con el TPS y con la intención de no extenderme más en estas líneas, concluyo con un esquema que refleja muy bien el concepto (aunque que la fuente es el libro del profesor Liker, es un esquema empleado por todos los programas de aprendizaje de Toyota). En este esquema se reúnen todas las ideas en forma de una casa siendo *Jidoka*

y *just-in-time* los pilares, las mejoras del sistema (como lead time que es el tiempo que se tarde en producir un producto) son la cubierta (lo más alto de la casa, del sistema) y el *Heijunka* o el *Genchi Genbutsu* entre otros los cimientos, por ejemplo...

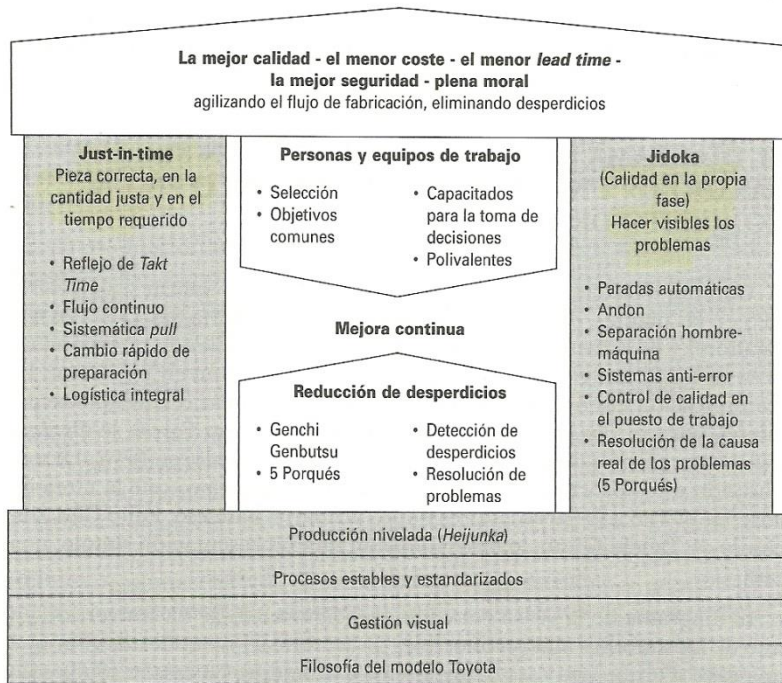


Ilustración 5. La casa del TPS. Fuente.- “Las claves del éxito de Toyota”, Jeffrey K.Liker

1.2.1.2. Las 3M

En el subapartado anterior hemos mencionado el concepto de *Muda*, que ya hemos dicho que significa desperdicio, sin embargo, esta es solo

una de las 3M que existen, de hecho centrarse solo en los 7+1 desperdicios que comprende el *Muda* (Originalmente son 7 desperdicios pero en los últimos años se ha añadido uno bastante importante), puede dañar la productividad del personal y el sistema de producción. En sus modelo Toyota y también el movimiento Lean, se refiere a la eliminación de *Muda*, *Muri*, *Mura*, es decir, las 3M.

Muda. Sin valor añadido

Estas son las actividades que generan desperdicios al alargar los tiempos de entrega, causar movimientos extras para conseguir piezas o útiles, crear inventarios en exceso o resultar en cualquier tipo de espera. Existen dos tipos de *Muda*:

- ✓ Tipo 1: incluye acciones que no añaden valor al producto, pero que son absolutamente necesarias para la organización.
- ✓ Tipo 2: acciones que ni añaden valor ni son necesarias para obtener el producto o servicio

Los 7+1 desperdicios serían:

1. Sobreproducción (Dar más información de la necesaria, copias extra, informes que nadie leerá)
2. Tiempo de espera (esperar correos, faxes, materiales, el trabajo de un compañero)
3. Transporte (Transportar documentos, materiales, equipos)
4. Sobreprocesamiento (Papeleos, formularios anticuados, software inadecuado)
5. Exceso de inventario (materiales apilados, archivos abiertos, suministros esperando, emails sin leer)
6. Exceso de movimiento (Buscar archivos, información, mirar manuales, mirar catálogos)

7. Rehacer trabajo (defectos)
8. Creatividad del empleado desaprovechada

Muri. Sobrecarga de trabajo del personal o de las máquinas.

En algunos aspectos está en el polo opuesto del *Muda*. El *Muri* fuerza a una máquina o una persona más allá de sus límites naturales provocando un problema de seguridad y calidad en el personal y de averías en la maquinaria.

Mura. Desnivelado.

Esto se da como resultado de un programa de producción irregular o de volúmenes de producción fluctuantes debido a problemas internos, como averías, falta de material o defectos. Hay temporadas en las que el sistema no da abasto para generar tanta producción y otras donde se encuentra con falta de trabajo.

Muda, Muri, Mura.

Es común que a la hora de querer implantar un sistema Lean queramos focalizarnos en eliminar *Muda*, pues es la M más fácil de identificar, sin embargo hacerlo de un forma incorrecta nos puede llevar al polo opuesto, el *Muri*, donde tendríamos un sistema donde el personal y la maquinaria no pueden con toda la producción y abandonaríamos la ilusionante idea de implantar Lean.

Lo realmente difícil del sistema es crear un nivelado de flujo de trabajo, pues un sistema con *Mura (desnivelado)* conlleva *Muda* y *Muri*. El nivelado se consigue mediante el concepto que vimos en el apartado del TPS conocido como *Heijunka*. Conseguir *Heijunka* es fundamental para eliminar el *Mura*, que a su vez es fundamental para eliminar *Muri* y *Muda*.

Viene a la cabeza ahora el cuento de la liebre y la tortuga de Disney tal y como contaba Ohno en el año 1988.

La tortuga, más lenta pero más constante causa menos desperdicio y es mucho más deseable que la liebre que corre y se adelanta pero luego se detiene de vez en cuando a echar una cabezada.



Ilustración 6. Las tres M. Fuente.- Propia

Por último señalar que una de las herramientas que primeros debemos implantar para eliminar desperdicios son “Las 5 S”:

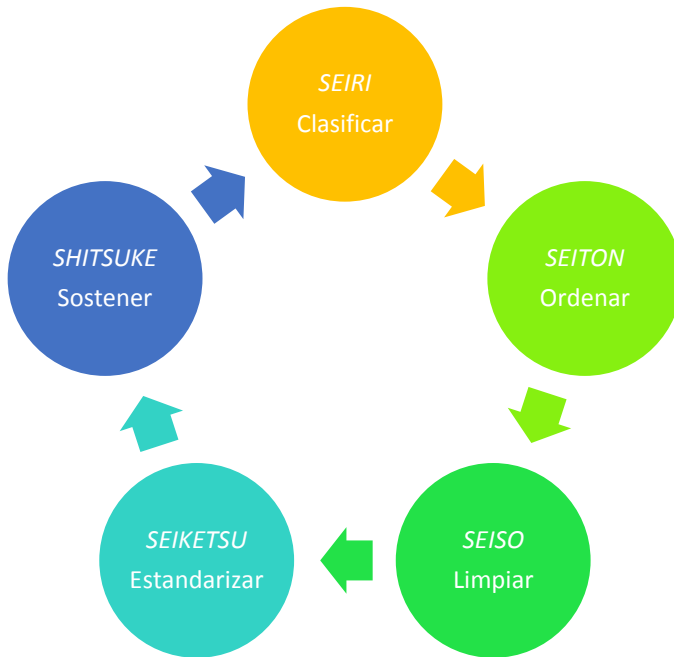


Ilustración 7. Las 5S. Fuente.- Propia

1.2.1.3. Principios Lean

Una vez conocemos de forma más detallada en que consiste el modelo de Toyota y el concepto de las 3M, podemos entender mejor las intenciones de la filosofía que se desarrolla a raíz del TPS y que empieza a ser nombrada como tal en los años 90 (tal y como se ha comentado en el apartado de antecedentes).

Muchos especialistas de la filosofía Lean, han estudiado, analizado y escrito sobre este asunto y sobretodo han buscado reflejar cuales son los principios fundamentales de Lean. En cierto modo la mayoría podría decirse que llegan a las mismas conclusiones pero para conocer mejor

cuales son estos principios he decidido reflejar dos análisis: el primero de ellos mira a Lean desde un punto de vista global, en cualquier tipo de industria o servicio. El segundo de ellos, está esquematizado por personas del campo de la construcción, que quizás, se acerquen más a nuestro concepto de Lean.

Principios según Daniel T. Jones y James P. Womack

Jones y Womack son dos de las personas que más han difundido el movimiento Lean con el libro *“The Machine That Changed The World”*, libro que dio a conocer el movimiento Lean al mundo entero con más de 400.000 ejemplares vendidos y siendo traducido a once idiomas (sin incluir la versión pirata al chino)

En el año 2000 escribieron su segundo libro *“Lean Thinking”*, tomando como referencia el primer libro, introduciendo los principios Lean después de años de experiencia e intentando ayudar a implantar Lean.

Se toma como referencia la edición publicada en el año 2012 de este libro para esquematizar los principios de Lean fundamentado en las personas, que quizás, más hayan aportado a expandir Lean fuera del campo de la automoción de Toyota.

Como se ha dicho, no es fácil clasificar los principios del movimiento Lean y así lo indican Jones y Womack en su libro: *“Después de interactuar con muchas audiencias y un grado considerable de reflexión, llegamos a la conclusión de que el pensamiento Lean puede resumirse en cinco Principios.”* (Jones, D.T. Y Womack, J.P., 2003)

1. **Valor al cliente.**- Es el punto de partida básico para el pensamiento Lean, especificar y definir el concepto de Valor para el cliente, es decir, optimizar el concepto. Es fundamental

ajustarse a las necesidades del consumidor y sobretodo ser flexibles en los productos. Por eso es tan importante la herencia del *Just-in-time*, tenemos que ser capaces de entregar cantidades pequeñas, en tiempos cortos ajustándonos a los requisitos.

2. **Identificar el flujo de valor.**- Esto es el conjunto de todas las acciones específicas para pasar un producto concreto (un bien o servicio, o una combinación de ambos) por las tres tareas críticas de una empresa: Solución de problemas, gestión de la información y transformación física del producto.

Para obtener un flujo de valor debemos descubrir que pasos son los que nos crean Valor, cuales no lo crean pero son imprescindibles (Muda tipo 1) y los que no lo crean (Muda tipo 2)

Para esto es importante la comunicación tanto interna dentro de la organización de la empresa como externa entre proveedores y partes implicadas. A esto lo conocemos como *Iniciativa Lean*.

3. **Flujo.**- Cumplir con los dos principios anteriores, puede resultar relativamente fácil. Sin embargo, conseguir una producción *flujo pieza a pieza* (como se ha explicado en el TPS) resulta muy complicado pues para poder implantarlo debemos luchar contra el mundo mental de “funciones”, “departamentos” y “lotes”, una convicción de sentido común de que las actividades deben agruparse por tipos para que puedan llevarse a cabo de forma más eficiente y gestionarse más fácilmente. Sin embargo, si se ha seguido una lectura de este trabajo, ha quedado demostrado como este pensamiento tradicional es totalmente erróneo.

Un ejemplo de algo que durante la historia pasada se dejaba llevar por el sentido común y que luego resultó ser erróneo, es el concepto de espacio, pues siempre se pensó que era plano hasta que por demostración se supo que era curvo.

4. **Pull (atracción).**- Casi para terminar, es esencial añadir al *flujo pieza a pieza* un sistema tipo *Pull* donde son los clientes los que demandan y tiran del sistema de producción que va sacando productos en función de las necesidades. Todo lo contrario de lo que ocurre en el sistema tradicional tipo *Push*, donde son las empresas las que van empujando de la producción y sacando productos al mercado basándose en suposiciones y estadísticas.
5. **Perfección.**- Los cuatro principios anteriores interactúan entre sí haciendo formando un círculo virtuoso. De repente, cuando estos principios empiezan a implantarse poco a poco en el sistema, las personas involucradas caen en la cuenta de que no hay límite en el proceso de reducción de esfuerzo, tiempo, espacio, coste y fallos, mientras ofrecen un producto que se encuentra cada vez más cerca de lo que el consumidor verdaderamente desea. En ese momento, todos participantes en el proceso buscan un objetivo en común: la mejora continua, la perfección.

Principios Lean en “Measuring Lean conformance”

El artículo escrito en el año 2003 por los profesores de la Universidad del Colorado (EEUU) Diekmann, J.E., Balonick, J., Krewedl, M. y Troendle, L., llamado *“Measuring Lean conformance”*, intenta identificar los principios Lean tras leer a una gran cantidad de especialistas Lean (la mayoría de ellos aparecen en este trabajo) y bajo, interpreto yo, su punto de vista de arquitectos e ingenieros de la

construcción, pues el artículo comenta el interés que tiene el Instituto de la Industria de la Construcción (CII) sobre la aplicación de Lean en el proceso constructivo.

Así, a continuación se muestra un esquema que refleja los principios Lean según este artículo:

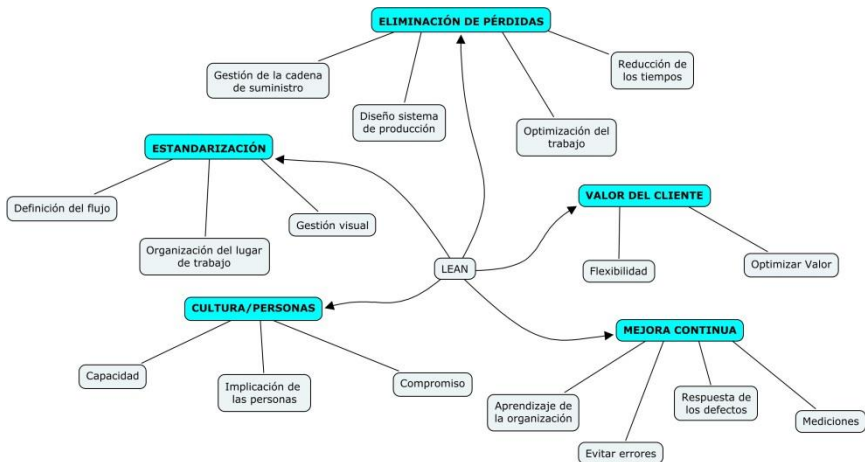


Ilustración 8. Principios Lean por Diekmann, Balonick, Krewedl y Troendle.

Fuente.- "Measuring Lean conformance" (2003). Traducción propia.

Si se ha seguido una lectura del trabajo, el lector rápidamente puede asociar el esquema a cada uno de los conceptos que hemos ido explicando durante el texto. Sin embargo, vamos a intentar agrupar muchos de los conceptos del Lean Thinking y del TPS en asociación con el esquema anterior de forma breve.

Cuando queremos implantar Lean en una organización, lo primero que tenemos que tener en cuenta es el **Valor del Cliente**, es decir, conocer la necesidades del cliente, lo que busca y lo que quiere de nuestra

organización. Evidentemente, en la actualidad tenemos un mercado tan amplio que el cliente requiere cosas muy concretas por lo que como organización debemos evolucionar de un sistema tradicional donde se ofrecían grandes cantidades de lo mismo a un sistema que nos permita ofrecer cantidades pequeñas en tiempos cortos y ajustándonos a las necesidades de estos clientes, así, esto no es otra cosa que la implantación de un sistema *Just-in-time* con un *flujo pieza a pieza* con aplicación del *Heijunka* (nivelación) y por supuesto mediante *Pull*.

Si conseguimos aplicar *Heijunka*, es decir, eliminar el desnivelado (*Mura*) de la producción podremos eliminar también todo aquello que añada coste sin añadir Valor, el *Muda* y también el *Muri*. Así obtenemos otro de los principios: **Eliminación de pérdidas**.

Mediante una mejora radical (*Kaikaku*) eliminaremos todos los desperdicios que podamos identificar con facilidad de la organización, sin embargo la mayoría de estos irán apareciendo poco a poco e iremos aplicando una **Mejora Continua** (*Kaizen*).

Esta mejora continua la conseguiremos por un lado a través de uno de los dos pilares fundamentales del TPS, es decir el *Jidoka* (anti-error) gracias al *Poka-yoke* y con herramientas como el *Kanban* o el dispositivo *Ando*.

Por otro lado es fundamental que todas las medidas y procesos que se van analizando y probando se establezcan cuando se vaya comprobando que funcionan de acuerdo a la filosofía del sistema. Esto es gracias a la **Estandarización**. Para poder estandarizar los procesos nos apoyaremos del *Genchi Genbutsu* (Gestión visual) y del *Takt time* (Ritmo de trabajo).

Por último, ninguno de todos estos principios puede llevarse a cabo si no contamos con la **Personas** implicadas en el sistema. Es fundamental que tengamos personas capaces, comprometidas e implicadas en el proceso y la mejora continua. Será un trabajo delicado pero esencial conseguir que las personas implicadas trabajen en equipo concienciadas en conseguir un objetivo común, optimizándolo mediante la mejora continua. Reta a la gente a pensar y mejorar.

1.2.1.4. *El premio de utilizar Lean*

Este último subapartado se ha estimado interesante reflejar un párrafo del libro “Lean Thinking” donde los autores Daniel T. Jones y James P. Womack dicen lo que para ellos premia aplicar un sistema Lean a la producción. Cito literalmente:

“Basándonos en los años de benchmarking y observación en organizaciones de todo el mundo, hemos desarrollado las siguientes reglas prácticas: la conversión de un sistema clásico de producción, en lotes y colas, a uno de flujo continuo con un pull efectivo por parte del consumidor, dobla la productividad de la mano de obra a lo largo de todo el sistema (para los operarios, los técnicos y los directivos, desde la materia prima hasta la entrega del producto), mientras los tiempos totales de producción disminuyen en un 90 por ciento y las existencias del sistema se reducen también en un 90 por ciento; los defectos que llegan al cliente y los desperdicios a lo largo del proceso de producción se reducen a la mitad, al igual que los accidentes de tipo laboral; el plazo de tiempo para que un nuevo producto llegue al mercado disminuye en un 50 por ciento y, dentro de cada familia de producto, se podrá ofrecer una variedad más amplia de éstos con un coste adicional muy pequeño. Además las inversiones de capital necesarias son muy moderadas,

incluso negativas, si podemos desembarazarnos y vender las maquinas sustituidas.” (Jones, D.T. y Womack, J.P., 2003)

1.2.2. *Last Planner System, el último planificador*

Last Planner es un sistema de planificación a corto plazo desarrollado originalmente por Glenn Ballard y Greg Howell, cofundadores del Lean Construction Institute, sobre la base de su propia investigación acerca de la productividad en la construcción llevada a cabo en los años 80, con el fin de mejorar la previsibilidad y la fiabilidad de los procesos constructivos.

Como otras, LPS es una herramienta que comparte la forma de pensar de la filosofía Lean y por tanto es una de las empleadas para el proceso de transformación a este. Así, LPS enfoca el problema de la imprecisión y ambigüedad de la programación en la construcción tal y como pretende Lean (sistema Pull, por ejemplo).

Sin embargo, no podemos afirmar que LPS sea originariamente una herramienta de Lean, pues sus primeros ensayos datan con fecha anterior al acuñamiento de esta palabra. Sin embargo los primeros artículos de G. Ballard al respecto, fueron en el año 1.991, tras la aparición del término (recordar que esto fue en el artículo de Krafcik, J.F. (1988) *Triumph of the Lean Production System*).

LPS fue puesta en práctica por primera vez en el año 1.997 en la búsqueda de la mejora de la calidad en planes de trabajo semanales en el campo de la metalurgia para fomentar la comunicación entre ordenantes y operarios. Esto coincide, además, con el año de la creación del Lean Construction Institute (LCI)

Ya en mayo del año 2.000, Herman Glenn Ballard publica su tesis doctoral: *“the last planner system of production control”*. Solo cuatro años después se crea el Integrated Project delivery (IPD), lo que hace que en la década del 2.000 empiece a tomar importancia internacional una nueva forma de pensar que promueve el diálogo entre los jefes de equipo de los proveedores y la gerencia del proyecto en la industria y la construcción principalmente.

1.2.2.1. Marco teórico del LPS

El marco teórico del LPS ha sido tomado del Lean Construction Enterprise:

Last Planner es realmente sencillo. Su principio básico se basa en aumentar el cumplimiento de las actividades de construcción mediante la disminución de la incertidumbre asociada a la planificación. Para explicar este principio revisemos tres situaciones que suceden en los proyectos de construcción. La Ilustración 2 muestra la situación general del proyecto; en la etapa de planificación se determinan los plazos y recursos de las actividades, es decir, lo que “debería hacerse” (recuadro negro). Sin embargo, a medida que avanza el proyecto se hace cada vez más difícil de cumplir el plan inicial, y lo inicialmente planeado se modifica. En ese punto la situación cambia hacia lo que “se hará” realmente en el proyecto (recuadro azul). Finalmente, el plan inicial se ha modificado de tal forma que solo “se puede” ejecutar la obra de una forma distinta a lo planteado inicialmente (recuadro naranja).



Ilustración 9. Situación general de los proyectos de construcción. Fuente.- Lean Construction Enterprise

En ocasiones, la situación de los proyectos de construcción no es tan crítica como la descrita en la Ilustración 2 debido a que se toman medidas de control que permiten un mejor cumplimiento del plan inicial. No obstante, permanece la ejecución de algunas actividades de construcción en una intercepción entre “se puede” y “se hará”. La Ilustración 3 muestra esa situación. En ese caso la incertidumbre asociada a las actividades no es posible controlarla adecuadamente y algunas de ellas no se ejecutan como lo indica el plan inicial.



Ilustración 10. Situación de proyectos con mejor planeación. Fuente.- Lean Construction Enterprise

Mediante la implementación de Last Planner es posible que los plazos y recursos de los proyectos se ejecuten tal como lo establece el plan inicial. En este caso el plan “se puede” y “se hará” (Ilustración 4).



Ilustración 11. Situación del proyecto con la aplicación del LastPlanner. Fuente.- Lean Construction Enterprise

1.2.2.2. *Sistema Push y sistema Pull*

El sistema de planificación y producción tipo Push (empujar) consiste en realizar cada una de las operaciones del proceso usando pronósticos e itinerarios sin la necesidad de conocer la siguiente operación, consiguiendo así un empuje de unas a otras hasta el final del proceso. Llevado a un ejemplo de programación dentro de la construcción sería ir realizando la programación de cada una de las actividades desde la primera hasta la última lo que provoca que unas empujen a otras y raramente se cumpla un plazo fijado. Este sería el sistema tradicional de programación.

Por otro lado, nos encontramos con el sistema tipo Pull (estirar o atraer) al que nos hemos referido a lo largo del marco teórico en el apartado de Lean. Así, llevado de forma opuesta a un ejemplo de programación de obra, las actividades se programarán de atrás hacia adelante, forzando a estas actividades a generar un efecto en las últimas estiran de las primeras, con lo que fijando un plazo, podemos estirar desde este, ajustando y solapando de tal forma que estaríamos consiguiendo con bastante certeza el tiempo necesario para ejecutar una obra. Este sería el sistema empleado por la herramienta LPS.

1.2.2.3. *Los mecanismos del LPS*

Ya conocemos de una forma genérica los orígenes, los fundamentos y la filosofía que persigue el sistema Last Planner como herramienta del Lean, pero... ¿cómo ponemos en práctica este sistema?

Tradicionalmente y como ya se ha explicado en el punto anterior, la programación suele seguir un sistema de planificación tipo Push, lo que

provoca que a la hora de planear, una serie de actividades unas empujen a otras. La experiencia nos ha enseñado que cuando ponemos en práctica este tipo programación generamos bastantes conflictos entre actividades, pues lo que en el papel pueda parecer un solape entre actividades sin ningún tipo de problemas, en la obra si se generan cantidad de estos, lo que termina por generar prolongaciones de la ruta crítica con sus respectivos retrasos en el plazo de finalización de la obra y enormes pérdidas de dinero.

Ruta crítica

En administración y gestión de proyectos, una ruta crítica es la secuencia de los elementos terminales de la red de proyectos con la mayor duración entre ellos, determinando el tiempo más corto en el que es posible completar el proyecto. La duración de la ruta crítica determina la duración del proyecto entero. Cualquier retraso en un elemento de la ruta crítica afecta a la fecha de término planeada del proyecto, y se dice que no hay holgura en la ruta crítica.

(Anónimo)

Generalmente, pero no siempre, es la secuencia de actividades del cronograma que determina la duración del proyecto. Normalmente, es el camino más largo para el proyecto. No obstante, un camino crítico puede finalizar, por ejemplo, en un hito del cronograma que se encuentra en el medio del cronograma del proyecto y que tiene una restricción del cronograma expresada por una fecha impuesta que exige finalizar antes de una fecha determinada.

(Fundamentos de la dirección de proyectos (Guía del PMBOK. Tercera edición, 2004))

Con lo primero que debemos mentalizarnos en el momento en que decidimos apostar por la herramienta del Last Planner es que se trata de una herramienta ligada a la filosofía del Lean. Por ello, es un error pensar que cada uno de los equipos que van a formar parte de un proyecto son empresas o personas que se contratan y subcontratan de forma independiente para conseguir una serie de objetivos. Si bien, esta es la forma económico-administrativa necesaria para gestionar un proyecto de cierta envergadura como son los de construcción, no es la forma socio-funcional de llévalo a cabo si se quiere emplear una mentalidad Lean. Para esto, es necesario que pensamos que cada una de las partes que llevan a cabo un proyecto, deben crear un único equipo capaz de dar valor “al unísono”, al cliente.

Se pretende con esto romper barreras entre los diferentes miembros que forman un proyecto, dialogando y conversando para evitar los conflictos entre actividades, así como por ejemplo en la construcción, dos empresas subcontratadas por la contrata principal y que realizarán actividades diferentes pero solapadas en el espacio y en el tiempo, deberán establecer criterios y condiciones entre sí, incluso antes del comienzo de la obra, mentalizándose así, de que ambos forman parte del mismo equipo.

Por otro lado, el mecanismo donde radica el Last Planner, es como ya se ha dicho, el sistema planificación tipo pull. Esto podría ser lo más característico respecto al tradicional. Así, y centrándonos en el campo de la construcción, cuando nos disponemos a planificar la programación de una obra aplicando la herramienta del LPS se reúnen todas las partes participantes comenzando por la que vaya a realizar la última de las tareas, exponiendo sus condiciones y tiempos de ejecución; pasando

por todas las actividades hasta llegar a la primera de ellas teniendo así “sobre la mesa” el tiempo de duración máxima y total. Estas reuniones se llaman Pull Session y generalmente la inicial se realiza 45 días antes del comienzo de la obra, y hasta este hecho se suelen realizar otras dos más donde se negocia y estudia la planificación para poder cumplir un plazo, con unos recursos establecidos generalmente por un presupuesto, siempre dentro de los umbrales de calidad exigidos y en virtud del cliente. Obtendremos así, antes del comienzo de la obra, un Mean Plan o Plan Maestro planificado mediante la herramienta LPS.

Estas Pull Session, se siguen haciendo una vez comenzada la obra atendiendo a las diferentes programaciones pormenorizadas de las que hablaremos a continuación (en este trabajo, se ha realizado la simulación de las Pull Session que se habrían realizado en virtud de un Lookahead Program o Programación intermedia, que como ya se verá, es realizada, en nuestro caso, cada 6 semanas)



Plan Maestro.- Es la primera programación que se realiza, siguiendo el sistema pull. Consta de poco detalle pero lo suficiente como para poder ser útil en el uso de la herramienta del LPS. Se elabora en las primeras Pull Session y normalmente se desarrolla a partir de las actividades consideradas en la EDT.

Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) / Work Breakdown Structure (WBS)

Una descomposición jerárquica con orientación hacia el producto entregable relativa al trabajo que será ejecutado por el equipo del proyecto para lograr los objetivos del proyecto y crear los productos entregables requeridos. Organiza y define el alcance total del proyecto. Cada nivel descendente representa una definición cada vez más detallada del trabajo del proyecto. La EDT se descompone en paquetes de trabajo. La orientación hacia el producto entregable de la jerarquía incluye los productos entregables internos y externos.

(Fundamentos de la dirección de proyectos (Guía del PMBOK. Tercera edición, 2004))

Programación intermedia.- Es una programación desarrollada a raíz del Plan maestro. En este se subdividen las tareas de la primera programación, consiguiendo así más detalle de esta. Según autores y/o la envergadura del proyecto, la programación intermedia puede variar, aunque lo común es realizarse por cada 3, 6 o incluso 8 semanas.

En este trabajo, se ha optado por realizarlo 6 semanalmente.

Programación semanal.- Es la programación más pormenorizada que se realiza, al menos en el campo de la construcción. Se especifica semana

a semana las tareas a realizar, radicando siempre en las programaciones superiores.

En el trabajo, se ha optado por convertir las partidas del presupuesto, en las tareas o actividades a realizar semanalmente. La razón se basa en una cuestión de utilidad, pues se podrá hacer de forma más sencilla una equiparación entre lo programado y lo ejecutado, teniendo en cuenta que esta ejecución virtual se realiza mediante certificaciones extraídas del presupuesto.

1.2.3. Breve resumen de Valor Ganado

El éxito de un proyecto está condicionado por los tres parámetros que lo definen: el alcance, el tiempo y el coste. Por tanto, pese a que los costes no son la única estrategia para el éxito de una empresa, si es una variable clave para el equilibrio de estos tres factores.

Según el Project Management Institute (PMI), *“la Gestión de los Costes del Proyecto incluye los procesos involucrados en la planificación, estimación, preparación del presupuesto y control de costes de forma que el proyecto se pueda completar dentro del presupuesto aprobado.”* (PMBOK. Tercera edición, 2004)

Así por tanto, el control de costes se basa primordialmente en comparar dónde está económicamente el proyecto frente a dónde debería estar.

Una de las técnicas que integra en sus índices la valoración del alcance, los costes y el plazo es la del Valor Ganado, sin embargo es un método generalmente aplicado para el seguimiento de los costes y su interrelación con el progreso del proyecto.

Esta técnica podría decirse que aparece por primera vez en las primeras fábricas americanas, donde los Ingenieros Industriales definieron la variación de costos como la diferencia entre el costo actual gastado comparado con los estándares ganados que se alcanzaban. Pero es el fundador del Primavera, Joel Koppelman, quien estudió más de 200 proyectos en busca de unos índices que permitieran proyectar los costos finales del proyecto basándose en el desempeño actual, haciendo público este estudio en el año 2000.

Se trata de un método muy ambicioso que ofrece una información muy útil al Director del proyecto y a su equipo. Sin embargo, su implantación requiere de cierto esfuerzo inicial que supone adaptar la organización y algunos especialistas lo recomiendan en proyectos de un cierto volumen y complejidad, aunque en mi opinión es una técnica que puede ser empleada en cualquier tipo de proyecto sea cual sea su dimensión.

¿Pero cómo realizamos el Análisis del Valor Ganado? Pues se realiza mediante tres dimensiones de trabajo extraídas de la parte de investigación de Antonio Climent:

1. Valor planificado (PV): es el presupuesto que se ha asignado a los trabajos programados para completar una actividad. El PV total se interpreta a veces como línea base para la medición del desempeño (PMB); aunque en ocasiones se le conoce como el presupuesto hasta la conclusión (BAC).
2. Valor ganado (EV): es la medida de trabajo en términos de presupuesto. El EV debe corresponderse con la medición de desempeño y no puede ser mayor que el presupuesto aprobado

del PV de un componente o actividad. Por ello, el EV se utiliza para conocer el porcentaje completado de un proyecto. Los directores de proyecto monitorean el EV para conocer el estado actual y establecer las tendencias de desempeño a largo plazo.

3. Costo real (AC): es el costo acaecido en los trabajos realizados en un periodo de tiempo concreto. El AC debe coincidir en teoría con lo que haya sido presupuestado para el PV y medido obviamente por el EV.

En base a estas tres dimensiones, también se realiza un control y monitoreo de las variaciones o desviaciones con respecto a la línea base aprobada inicialmente.

- Variación del cronograma (SV o DT): es una medida de desempeño del cronograma hallada como la diferencia entre el EV y PV; determinando así si el proyecto está adelantado o retrasado en relación con la fecha de entrega. Siendo una medida útil en la Gestión del Valor Ganado, será igual a cero cuando se complete el proyecto. Desde PMBOK se recomienda la utilización junto a la programación de la ruta crítica (CPM) y la gestión de riesgos. Su fórmula es la siguiente: $SV = EV - PV$.
- Variación del costo (CV o DC): es la importe del déficit o superávit del presupuesto en el momento del control, expresado como la diferencia entre el EV y AC. Siendo una medida de desempeño del costo indica la relación entre el desempeño real y los costos incurridos. Una CV negativa es normalmente difícil de recuperar en un proyecto. Su fórmula es la siguiente: $CV = EV - AC$.

Índices

Estas variaciones pueden convertirse en indicadores de eficiencia que reflejen el desempeño del costo y del cronograma del proyecto, siendo útiles para determinar el estado del mismo. Dichos indicadores se muestran a continuación:

- Índice de desempeño del cronograma (SPI o ICP): es una medida de eficiencia del cronograma y se expresa como la razón entre el EV y el PV; reflejando numéricamente como se está utilizando el tiempo. El valor de referencia es el 1, obteniendo un resultado por encima de este, indica que se ha efectuado más trabajo del programado y por debajo, que el volumen de trabajo es menor al planificado. Se debe tener en cuenta su aplicación a la ruta crítica, puesto que indicará si el proyecto terminará antes o después.

Su fórmula es la siguiente: $SPI = \frac{EV}{PV}$

- Índice de desempeño del costo (CPI o ICC): se trata de una medida de eficiencia del costo de los recursos presupuestados y el PMBOK la considera como la métrica más crítica dentro de la Gestión del Valor Ganado; se expresa como la razón entre el EV y el AC y su valor de referencia es el 1. Un valor por encima significa un costo inferior al planificado y por el contrario, un valor inferior a 1 indica un costo superior al programado con respecto al trabajo realizado.

Su fórmula es la siguiente: $CPI = \frac{EV}{AC}$

Según el PMBOK el método más común de calcular la EAC, que realizan los equipos de proyecto se basa en los costos reales y en la experiencia adquirida a lo largo de dicho proyecto a partir del trabajo completado y se formula así: $EAC = AC + ETC$ (cuando el plan inicial no es viable)

Paralelamente en la Gestión del Valor Ganado, los datos pueden proporcionar diferentes EACs estadísticas, de las cuales se describen las tres más comunes:

- EAC para el trabajo de la ETC a la tasa presupuestada: tiene en cuenta el desempeño real, los costos reales y prevé que todo el trabajo futuro de la ETC se llevará a cabo de acuerdo a lo presupuestado, con la fórmula $EAC = AC + \frac{BAC}{EV}$
- EAC para el trabajo de la ETC con el CPI actual: en este caso se asume en el futuro el proyecto se desarrollará del mismo modo que lo ha hecho hasta la fecha, siendo el CPI acumulativo el presente en la siguiente fórmula $EAC = \frac{BAC}{CPI}$
- EAC para el trabajo de la ETC considerando el CPI y SPI: el método tiene en cuenta el CPI y el SPI obtenidos en el desempeño del cronograma, siendo más útil cuando el cronograma es un factor que afecta al esfuerzo de la ETC. Este método asigna diferentes pesos al CPI y al SPI, según valore la dirección del proyecto (50/50, 80/20, etc) en la siguiente fórmula $EAC = AC + \frac{BAC - EV}{CPI * SPI}$

1.3 Revisión de la literatura

Con esta revisión de la literatura se pretende exponer la situación de la Filosofía Lean en el mundo mediante estudios e investigaciones prácticas elaboradas en los últimos años. En concreto se han seleccionado 5 artículos que además de resultar muy interesantes, están perfectamente argumentados y demostrados. También indicar que no se ha encontrado en las diferentes bases de datos consultadas ningún artículo que relacione de forma alguna el método de Valor Ganado con la filosofía Lean.

1. *The Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction” (La interacción entre Lean y BIM en la Construcción)* de Rafael Sacks, Lauri Koskela, Bhargav A. Dave y Robert Owen (Universidad de Salford. Manchester. Inglaterra)
2. *“Reducing the Cost of Upgrading Dublin City’s Local Authority Housing Built Prior to the Introduction of the 1991 Building Regulations, through Lean Thinking/Lean Construction” (Reducción de costes para la adaptación de la vivienda pública del ayuntamiento de Dublín a la normativa de la construcción de 1991 a través del pensamiento Lean)* de Daniel O’Neill, Louis Gunnigan y Peter Clarke (Instituto tecnológico de Dublín).
3. *“Lean Construction Conformance among Construction Contractors in Turkey” (La conformidad con Lean Construction entre constructores en Turquía)* de Algan Tezel y Yasemin Nielsen

4. *“Mejora de la productividad en el mantenimiento rutinario de una carretera aplicando filosofía Lean Construction”* Lizbeth Carolina del Carmen Burneo Panta (Tesis de pregrado en Ingeniería Civil. Universidad de Piura. Perú)
5. *“Last planner en subcontrato de empresa constructora”* de Andrade, M. y Arrieta, B. (Pontificia Universidad Católica de Chile)

1.3.1 La interacción entre Lean y BIM en la Construcción

Este artículo en el que se pretende hacer una interacción entre los principios de Lean Construction y las funcionalidades del Building Information Modeling por los profesores de la Universidad de Salford en Manchester, Rafael Sacks, Lauri Koskela, Bhargav A. Dave y Robert Owen.

Lean Construction y BIM (Building Information Modeling) son iniciativas bastante diferentes, pero ambos están teniendo impactos muy profundos dentro de la industria de la construcción. Un riguroso análisis de infinidad de interacciones específicas, indica que existe una correlación entre ellos, que bien entendida en términos teóricos, puede ser explotada para mejorar los procesos de construcción más allá de lo que podrían ser aprovechados de forma independiente. Usando una matriz que enfrenta las funcionalidades del BIM frente a los principios del Lean Construction, se han conseguido identificar 56 interacciones, de las cuales todas menos 4 son representativas de la construcción. Aunque la mayoría de estas interacciones han sido fundamentadas y encontradas, la matriz no se considera completada sino más bien se trata de una línea de investigación para explorar el grado de validez de las interacciones. Ejecutivos, gestores, proyectistas y constructores pueden beneficiarse también de esta línea de investigación como una

ayuda a la hora de planificar sus estrategias con una filosofía Lean y la herramienta del BIM.

De las 56 interacciones, algunas son extraídas directamente de la evidencia y otras son fruto del razonamiento de diferentes autores. Así,

los números que aparecen en las celdas de la matriz que se muestra a continuación pertenecen a cada una de las interacciones explicadas en la Tabla 5. En función de si el número es positivo o negativo, así será la interacción.

Por otro lado, la Tabla 3, muestra los 24 sub-principios Lean que se han considerado y en la Tabla 4 las 18 principales funcionalidades de BIM.

Las interacciones no se consideran estar probadas por evidencia empírica, pero son claras candidatas para la verificación o contradicción en futuras líneas de investigación. Cuando se dispone de una comprobación real, la referencia es indicada en la tercera columna de la Tabla 5. Donde todavía no ha sido encontrada una evidencia claramente documentada, se indica como “todavía no está disponible”; estas áreas son potencialmente interesantes para futuras investigaciones.

En este trabajo se traduce al castellano por primera vez la matriz con sus respectivas tablas para la lectura de esta.

Tabla 1. Explicación de interacciones entre BIM y Lean (1). Fuente.- SACKS, R., KOSKELA, L., BHARGAVA. DAVE Y OWEN, R. (2009). Traducción.- Propia

	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		O		P		Q						
	1	1,2	2	1	22						51																												
Visualización de las formas																																							
Generación rápida de alternativas en el diseño																																							
Reutilización de los datos de un modelo (plantillas)																																							
Mantenimiento íntegro de la base de datos (información y diseño)																																							
Generación automática de planos y documentos																																							
Colaboración en el diseño y en la construcción																																							
Rápida generación y evaluación de múltiples alternativas constructivas																																							
Comunicación online del object-based																																							

Tabla 3. Principios Lean. Fuente.- SACKS, R., KOSKELA, L., BHARGAV A. DAVE Y OWEN, R. (2009). Traducción.- Propia

ÁREA PRINCIPAL	PRINCIPIO	LETRA
Flujo del proceso	Reducir la variabilidad	
	Obtener calidad la primera vez (reducir la variabilidad del producto)	A
	Centrarse en mejorar la variabilidad del flujo ascendente (reducir la variabilidad de la producción)	B
	Reducción de los tiempos	
	Reducir los tiempos de producción del ciclo	C
	Reducir inventario	D
	Ajustar el tamaño de los lotes	E
	Incrementar la flexibilidad	
	Reducir los tiempos de espera	F
	Utilizar equipos polivalentes	G
	Selección de un control de producción apropiado	
	Usar sistema "Pull"	H
	Nivel de la producción	I
	Estandarización	J
	Instaurar la mejora continua	K
	Visual Management	
	Visualizar los métodos de producción	L
Visualizar los procesos de producción	M	
Diseño del sistema de producción de flujo y el valor		
Simplificar	N	
Usar procesos paralelos	O	
Usar únicamente tecnología fiable	P	
Asegurarse de la capacidad del sistema de producción	Q	

Proceso para la generación de Valor	Garantizar una completa recopilación de requisitos Concretar el concepto Garantizar la "transferencia" de los requisitos establecidos por el cliente Verificar y valida	R S T U
Resolución de problemas	Ir y mirar por ti mismo Decidir por consenso todas las opiniones	V W
Desarrollo de los socios	Cultivar una extensa red de socios	X

Tabla 4. Funcionalidades de BIM. Fuente.- SACKS, R., KOSKELA, L., BHARGAV A. DAVE Y OWEN, R. (2009). Traducción.- Propia

ETAPA DEL PROCESO	FUNCIONALIDAD	Nº
Diseño	Visualización de las formas	
	Evaluación estética y funcional	1
	Generación rápida de alternativas en el diseño	2
	Reutilización de los datos de un modelo (plantillas)	
	Análisis predictivo del rendimiento	3
	Coste del presupuesto automáticamente	4
	Evaluación de conformidad del Valor del Cliente	5
	Mantenimiento integro de la base de datos (información y diseño)	
	Un sola fuente de información	6
	Chequeo automático de las incoherencias	7
Generación automática de planos y documentos	8	
Colaboración entre diseño y construcción		
Detalles del diseño y la ejecución	Múltiples profesionales de diferentes disciplinas pueden editar en un único modelo	9
	Múltiples profesionales pueden visualizar de forma junta o separada modelo de diferentes	10

	disciplinas	
Pre- construcción y construcción	Rápida generación y evaluación de múltiples alternativas constructivas	
	Generación automática de tareas constructivas	11
	Simulación del proceso constructivo	12
	Visualización 4D de la programación	13
	Comunicación online del object-based	
	Visualización del estado del proceso	14
	Comunicación online sobre la información del producto y el proceso	15
	Fabricación controlada por ordenador	16
Integración con la base de datos de los socios del proyecto (cadena de suministro)	17	
Recogida de datos de las provisiones dentro y fuera del sitio.	18	

Tabla 5. Explicación de interacciones entre BIM y Lean. Fuente.- SACKS, R., KOSKELA, L., BHARGAVA. DAVE Y OWEN, R. (2009). Traducción.- Propia

INDICE	EXPLICACIÓN	PRUEBAS DE LAS PRÁCTICAS Y/O INVESTIGACIÓN
1	Debido a la mejor apreciación del diseño en una etapa temprana y también debido a la pronta evaluación funcional del diseño con las necesidades de rendimiento (por ejemplo, energía, acústica, eólica, térmica, etc.), la calidad del producto final es mayor y más consistente con respecto a la intención inicial del diseño. Esto reduce la variabilidad comúnmente introducida por cambios durante la etapa de construcción.	(Eastman et al. 2008 p.390; Manning and Messner 2008)
2	La modelación de edificios impone un rigor en los	(Dehlin and

	diseñadores que los fallos o inconcluencias son fácilmente observables mediante la comprobación del choque u otra comprobación automática. Esto mejora la calidad del diseño, previniendo a los diseñadores desde el "making-do" (Koskela 2004) y reducir la repetición de tareas en el trabajo de campo como resultado de un diseño incompleto.	Olofsson 2008; Eastman et al. 2008 p.422)
3	Los sistemas de construcción son cada vez más complejos. Incluso los profesionales más experimentados tienen dificultades para representar de forma precisa los modelos mentales en los dibujos. BIM simplifica la tarea de comprender los diseños, que trata de ayudar a estos profesionales de la construcción con los productos más complejos.	(Eastman et al. 2008 p.382)
4	Como todos los aspectos del diseño pueden ser representados en un modelo 3D, el cliente puede comprenderlo de forma más fácil y los requisitos pueden ser capturados y comunicados de manera minuciosa incluso durante la etapa de desarrollo. Esto también puede capacitar a más partes interesadas del proyecto a participar en las decisiones de diseño.	(Eastman et al. 2008 p.378; Manning and Messner 2008)
5	Los prototipos y simulaciones virtuales debidas a la inteligencia constructiva en el modelo automatizado, permiten comprobar el diseño y las normas constructivas, que por su parte hacen más eficiente la verificación y la validación del diseño.	(Eastman et al. 2008 p.390; Khanzode et al. 2008)
6	Con BIM, Gemba puede incrementarse porque ahora es posible visitar virtualmente el proyecto y el lugar de trabajo (Whyte 2002). Con los objetos que contienen información paramétrica e inteligencia, los problemas pueden ser resueltos de forma más eficiente.	(Whyte 2002)
7	BIM proporciona la capacidad para evaluar el impacto en los cambios de diseño constructivo de una manera visual que no es posible con dibujos en 2D	(Eastman et al. 2008 p.378)

	tradicionales. La manipulación rápida es un componente clave para la repetición de este tipo de análisis en las múltiples alternativas del diseño.	
8	Ahora, para los equipos multidisciplinares es posible trabajar al mismo tiempo con el fin de generar distintas alternativas de diseño en una fase temprana del proyecto con las plataformas de integración como Navisworks o Solibri etc... Como se demuestra en el proyecto caso de estudio Castro Valley (Khemlani 2009). Además, en una etapa posterior, durante la fabricación y construcción; cualquier cambio en el diseño, el modelo actualizará automáticamente toda la información relevante como presupuesto, programación del proyecto, la generación dibujos (planos), etc...	(Eastman et al. 2008 p.329; Khemlani 2009)
9	Ensayos en el diseño con criterios en los rendimientos garantiza que este diseño es adecuado para la función elegida, reduciendo la variabilidad y mejorando el desempeño del producto final.	(Eastman et al. 2008 p.390)
10	La cantidad automática que toma el modelo BIM es más exacta ya que hay menos posibilidades de error humano; por lo tanto mejora flujo reduciendo la variabilidad. Asimismo, al cambiar el diseño en una etapa posterior modifica y actualiza el modelo garantizando que las cantidades son siempre precisas.	(Eastman et al. 2008 p.425)
11	En los conjuntos de dibujos 2D, los mismos elementos tienen que ser representados en varios lugares. Puesto que a lo largo de un proyecto el diseño va avanzando y se van realizando cambios, se debe ir manteniendo la coherencia entre las diferentes vistas e informes. BIM elimina este problema completamente mediante una única representación de la información (modelo) en la que todos los planos e informes se obtienen automáticamente.	(Eastman et al. 2008 p.422)

12	El uso de software capacitado para la integración del modelo (como Solibri/Navisworks/Tekla) para unirse con otros modelos, identificar inconexiones entre ambos y resolverlo a través del perfeccionamiento de los resultados entre las diferentes disciplinas específicas de modelos, casi libre de errores en la instalación en el sitio.	(Eastman et al. 2008 p.431)
13	Revisión multidisciplinar del diseño y de los detalles de construcción, incluyendo los clash-checking, permite la identificación temprana de los problemas de diseño.	(Eastman et al. 2008 p.362; Khanzode et al. 2008)
14	La generación automática de la planificación de las tareas ayuda a evitar errores humanos como omisión de tareas o fases de trabajo.	(Eastman et al. 2008 p.409)
15	La simulación de distintos casos, puede ser utilizado para probar y mejorar los procesos de producción y hacer la primera ejecución virtual en la cual a veces la construcción resulta imposible e impracticable.	(Eastman et al. 2008 p.429)
16	En la etapa donde el diseño es todavía conceptual, hacer estimaciones rápidas del presupuesto y otras evaluaciones de viabilidad, permiten evaluar diferentes opciones de diseño, incluyendo el uso de procedimientos de optimización (como en los algoritmos genéticos).	(Eastman et al. 2008 p.445)
17	Preparar secuencias animadas del proceso de producción. Esto guiará a los trabajadores en cuanto a la forma de realizar sus tareas específicas y a su vez, serán un excelente medio para asegurar que se siguen los procedimientos estandarizados, particularmente cuando los reemplazos de trabajadores de una fase de la obra a la siguiente es alto, tal y como ocurre en la construcción.	(Eastman et al. 2008 p.429)
18	Cuando toda la información actualizada la tenemos	(Eastman et al.

	disponible de forma online, se mejoran las posibilidades de identificar conflictos y errores a corto plazo, cuando su impacto es limitado.	2008 p.422)
19	El paso de las instrucciones en la fabricación a maquinaria de control numérico, como en la fabricación automática de barras corrugadas, elimina las posibilidades de provocar un error humano al transcribir la información.	(Khanzode et al. 2008; Tekla 2009b)
20	La entrega directa de información elimina los tiempos de espera, mejorando así el flujo del proceso.	(Khemlani 2009)
21	La provisión de un modelo de antecedente para escanear códigos de barras o las etiquetas RFID, y la visualización de los datos del proceso del modelo, permite dar informes precisos y respuestas rápidas al trabajo.	(Vela 2009)
22	Rápida representación analítica en los cambios estructurales, térmicos y acústicos de estimación del presupuesto y evaluación de conformidad de la programación del cliente, que permiten la integridad entre ciclos del tiempo de colapso (ruta crítica) para la ejecución y los detalles.	(Eastman et al. 2008 p.386)
23	Procesos paralelos en diferentes puestos de trabajo de forma coordinada (con bloqueo de los elementos editados en cada máquina) de otra manera al diseño de actividades en serie, donde el diseño se realizaba previamente en sus distintas partes en paralelo pero por separado (es decir, con CAD) y por tanto se malgastaba el tiempo necesario para integrar las diferentes partes del modelo.	(Khemlani 2009)
24	La coordinación entre las especialidades del modelo base está automatizada y por tanto requiere de una fracción de tiempo necesaria para la superposición del uso de CAD.	(Eastman et al. 2008 p.422)
25	Las tres funciones sirven para reducir el tiempo de	

	ejecución porque da como resultado la optimización de la programación, con menos conflictos.	
26	Donde el estado del proceso es visualizado a través del modelo BIM, como en el sistema KanBIM, es necesario que las series de actividades consecutivas completadas puedan ser realizadas con pequeños retrasos entre ellas. Esto acorta las duraciones.	(Sacks et al. 2009a)
27	Maquinaria controlada por ordenador alimentada directamente desde un modelo, puede ayudarnos a acortar las duraciones mediante la eliminación de la entrada manual de datos y mano de obra. Esto no garantiza reducir las duraciones si el tiempo ganado se desperdicia en los lotes (remesas) o las esperas.	(Eastman et al. 2008 p.333)
28	Eliminación el procesamiento de datos en los pedidos de material, el tiempo antes de pedido, etc... mejorar los tiempos en el ciclo.	(Vela 2009)
29	En este caso se puede decir que la funcionalidad aumenta el las alternativas del diseño. Esto puede ser considerado beneficioso al hacer selecciones más amplias, retrasando la selección de una sola alternativa hasta el último momento de responsabilidad.	(Khemlani 2009)
30	La visualización en línea y la gestión del proceso pueden ayudar a implementar estrategias de producción diseñadas para reducir los inventarios del trabajo en proceso y los tamaños de lote de producción (número de espacios un el proceso por una tarea específica en un momento dado), como en el enfoque de KanBIM.	(Sacks et al. 2009b)
31	La generación automática de las tareas del modelo en un estado y momento del proyecto determinado, reduce drásticamente el tiempo necesario para cualquier nuevo cálculo o una nueva alternativa en la programación de la ejecución desde cualquier punto.	(Eastman et al. 2008 p.345)

32	Para la maquinaria controlada numéricamente, la introducción de datos representa el tiempo de configuración. La comunicación de forma electrónica de las instrucciones del proceso a un modelo, fundamentalmente elimina este tiempo de configuración.	(Tekla 2009b)
33	El diseño coordinado entre distintos modelos de diseño utilizando un modelo integrado que visualiza el ambiente colaborativo de trabajo (como los descritos en Liston et al.(2001) y Khanzode et al.(2006)) permite a los equipos de diseño traer diferentes conocimientos y aptitudes de distintas disciplinas y llevar un proceso en paralelo	(Khanzode et al. 2006; Liston et al. 2001)
34	La visualización del proceso y la comunicación online del estado del proceso son los elementos clave que permiten a los equipos de producción establecer prioridades en el trabajo en función de su potencial para asegurar el flujo continuo de trabajo, completando los espacios para no tener esperas. Este es el enfoque principal de KanBIM, el cual se extiende en el Last Planner System.	(Sacks et al. 2009b)
35	El sistema BIM es integrado con una cadena de suministro de bases de datos de los colaboradores donde se ofrece un mecanismo eficaz para la comunicación acerca de la producción, entrega de materiales y diseño de productos. Esto también ayuda a hacer más transparente la cadena de suministro.	(Vela 2009)
36	Diferentes trabajadores trabajando simultáneamente en el mismo modelo permite distribuir la carga de trabajo de forma uniforme entre los estos.	Todavía no está disponible
37	La simulación discontinua de eventos puede revelar asignaciones de trabajo de forma desigual y prestar apoyo a la evaluación de tareas de trabajo a nivel producción.	(Li et al. 2009)

38	El acceso online a las normas de producción, datos de los productos y convenios de las empresas, ayuda a institucionalizar las estandarizaciones en la práctica del trabajo, haciendo que sean más accesibles, y dentro de un contexto, a los equipos de trabajo en el frente de obra.	(Hewage y Ruwanpura 2009; Sacks et al. 2009a; Sriprasert y Dawood 2003)
39	Las interconexiones de BIM proporcionan un contexto a tiempo real que informa del estado, lo que hace que al medir el rendimiento del trabajo sea exacto y viable. La medida del rendimiento es primordial, dentro de un sistema, donde el trabajo se estandariza y se documenta para tratar de mejorar.	Todavía no está disponible
40	BIM proporciona una visualización ideal del proyecto en todas sus fases de diseño y ejecución, permitiendo simulaciones de los métodos de producción, equipos temporales y procesos. La modelización y las animaciones de las secuencias de construcción en 4D ofrecen una oportunidad única para visualizar los procesos, identificar los conflictos de recursos y/o duraciones y resolver cuestiones de viabilidad. Este proceso de optimización permite mejorar la eficiencia y seguridad y nos puede ayudar a identificar cuellos de botella (atascos) y a mejorar el flujo.	(Eastman et al. 2008 p.429; Li et al. 2009)
41	La programación detallada y la generación de diversas alternativas muy bien hiladas (detalladas) podría decirse que aumenta la complejidad en lugar de simplificar la gestión.	Todavía no está disponible
42	Estas aplicaciones no pueden ser consideradas una tecnología madura.	(Manning and Messner 2008)
43	Donde los clientes o usuarios finales se involucran en revisiones simultáneas de las diferentes alternativas de diseño y pueden identificar más fácilmente las diferencias entre sus requisitos y la funcionalidad de	(Eastman et al. 2008 p.349)

	los propuestos.	
44	La rápida generación de alternativas en el plan de producción puede permitir el retraso de la selección entre ellos (siendo el último momento de responsabilidad más tardío de lo que sería de otro modo). Este hecho puede ser considerado un enfoque basado en la producción y el diseño en el sistema de planificación.	(Kong and Li 2009)
45	El acceso online ayuda a darnos la información de forma actualizada sobre el diseño en el frente de trabajo (aunque no puede garantizar que la información refleje los requisitos del cliente).	(Hewage and Ruwanpura 2009)
46	El Clash-Checking y resolver otros Integration Issues (Integration Test Plan) verifica y valida la información del producto.	(Li et al. 2009)
47	La visualización de horarios propuestos y de los procesos en curso verifica y valida la información del proceso.	(Dehlin and Olofsson 2008)
48	Donde los gestores (managers) pueden “ver” el estado del proceso de cerca y en tiempo real, podría sustituir la necesidad de ver el proceso directamente “in situ”. Sin embargo, no puede sustituir a ver el proceso con tus propios ojos.	(Dehlin and Olofsson 2008)
49	Estas funciones pueden facilitar y apoyar a participar en la toma de decisiones proporcionando mayor y mejor información a todos los integrantes así como ampliar el abanico de opciones que se puedan ser consideradas. Por supuesto, por si mismas no pueden garantizar que los altos directivos adopten un enfoque ejecución en consenso.	(Dehlin and Olofsson 2008)
50	La integración en la logística de diferentes empresas y otros sistemas de información hacen que las relaciones de trabajo que se extiendan más allá de los proyectos individuales que valgan la pena y sean	Todavía no está disponible

	deseables.	
51	Utilizar y reutilizar los modelos de diseño para establecer modelos de análisis (por ejemplo, energía, acústica, eólica, térmica, etc.) reduce los tiempos de configuración y posibilita realizar análisis más variados y detallados.	Todavía no está disponible
52	Abusar de la facilidad con que se pueden realizar los planos puede llevar a mayor número de versiones de planos y otros informes que requieren ser preparados e imprimidos, incrementando innecesariamente las existencias de planos.	Todavía no está disponible
53	La generación automática de planos, sobre todo los planos de taller (como el acero o los prefabricados), en parte permiten la revisión y producción que se realizará en lotes más pequeños porque la información puede ser proporcionada bajo demanda. A diferencia del artículo 52, este aspecto y el siguiente son cosas positivas de la producción automatizada de planos.	Todavía no está disponible
54	La generación automática de planos mejora técnicamente hablando en comparación con la realización en 2D, ya que es una tecnología más fiable pues genera conjuntos de planos exactamente correlacionados.	(Sacks and Barak 2008; Tekla 2009a)
55	Las animaciones de las secuencias de producción o instalación pueden ser preparadas. Estas guías de trabajo explican cómo realizar trabajos específicos en un contexto y son un medio para garantizar que se siguen procedimientos estandarizados, particularmente las rotaciones laborales en los cambios de tarea, como suele ocurrir en la construcción.	(Dehlin and Olofsson 2008)
56	Compartir modelos entre todos los integrantes de un equipo de proyecto mejora la comunicación en la fase de proyecto incluso sin dibujar, ayudando a garantizar	Todavía no está disponible

	que todos los requisitos son entendidos y se transmitirán a todo el equipo, constructores y proveedores.	
--	--	--

1.3.2 Reducción de costes para la adaptación de la vivienda social del ayuntamiento de Dublín a la normativa de la construcción de 1991 a través del pensamiento Lean

Los profesores del Instituto Tecnológico de Dublín (DIT), Daniel O'Neill, Louis Gunnigan y Peter Clarke, han elaborado esta investigación con el objeto de establecer un procedimiento para poder reducir el costo en las adaptaciones de las viviendas sociales del Ayuntamiento de Dublín construidas antes de la introducción a los reglamentos de la construcción de 1991. Examinando el problema, la solución que está surgiendo se centra en el desarrollo de un modelo financiero con la filosofía Lean. Este documento da cuenta de la investigación hecha hasta la fecha sobre un proyecto, todavía en curso, a nivel de Título de máster DIT que lleva funcionando desde diciembre de 2009. El objetivo es examinar el ahorro de costes en la modernización de la ciudad Dublín pre-1991 en viviendas públicas y/o sociales para las adaptaciones al nuevo reglamento a través del pensamiento Lean. Esto se ha logrado a través de un enfoque en dos fases:

La fase 1.- Una revisión bibliográfica completa de las viviendas sociales del Ayuntamiento de Dublín. Esto fue planeado para contextualizarse en la historia, tipología y métodos de construcción utilizados en estas viviendas sociales en la ciudad de Dublín, así como las razones para adaptar las viviendas construidas antes de la introducción de los reglamentos de la construcción de 1991. También los problemas asociados con la actualización del stock de viviendas e identificar como el Ayuntamiento de Dublín puede capitalizar los éxitos y localizar los

fallos de las autoridades locales en este proyecto. Sin embargo, no son muchos los datos e información que los profesores tenían sobre la historia, tecnología y métodos de la construcción, por lo tanto tuvieron que recurrir a numerosas bibliografías para complementar la información necesaria.

Fase 2.- Examinar los medios por los cuales el pensamiento de Lean construcción puede reducir el costo de la adaptación de la ciudad. En esta fase examinaron los métodos existentes de contratación, junto a la búsqueda de las pérdidas de dinero percibidas en la contratación de los servicios para la susodicha adaptación. Esta fase se completó mediante el examen de cuatro casos diferentes de vivienda sociales de la ciudad de Dublín. Evidentemente, todos estos casos son de construcciones anteriores a la introducción de los reglamentos de la construcción de 1991. Estos casos se clasificaron usando como elemento de comparación, la fachada. Con el fin de introducir el pensamiento del lean construcción en la adaptación del stock de viviendas del Ayuntamiento de Dublín, Daniel O'Neill, Louis Gunnigan y Peter Clarke realizaron un examen para la identidad y la aplicación de la filosofía lean internacionalmente. Esto fue comparado con la identidad y la aplicación de la filosofía lean irlandesa aplicada hasta la fecha. Fue en ese momento, cuando se pudieron identificar las áreas en las cuales se pueden lograr ahorros de costes mediante la aplicación de la filosofía lean.

Evidentemente, para esta revisión de la literatura nos interesa la Fase 2 de esta investigación y la metodología empleada.

En esta fase, los métodos de contratación pública fueron examinados a través de una revisión de los procedimientos de contratación pública, y los contratos públicos de obras, así como un examen de la división de obras municipales en el seno del Ayuntamiento. Con el fin de introducir

el pensamiento del Lean Construction en la adaptación de las viviendas se llevó a cabo un examen de la identidad y de la aplicación de la filosofía Lean a nivel internacional.

En cuanto a los casos de estudio, fueron seleccionados sobre la base de información disponible, tales como documentos, dibujos, fotos y detalles de la tecnología y métodos constructivos utilizados. Los casos de estudio fueron construidos usando métodos de construcción tradicionales, tal y como usaron para la mayoría de las viviendas sociales del Ayuntamiento de Dublín. Como ya se ha dicho, todos los casos de estudio examinados han sido construidos antes de la introducción de los reglamentos de la construcción de 1991. Estos se clasificaron mediante tipología constructiva de la fachada y se definieron en cuatro tipos:

- ✓ Apartamentos – Fachada de bloque de hormigón con cámara de aire
- ✓ Apartamentos - Fachada de bloque de hormigón y albañilería
- ✓ Casas – Fachada con cámara de aire
- ✓ Casas - Fachada de bloque de hormigón

Así, para cada caso de estudio se realizaría una descripción detallada de las obras, describiendo los trabajos requeridos para hacer la adaptación de la vivienda bajo el programa de eficiencia energética, así como las demás obras necesarias. El presupuesto de las obras necesarias en cada caso de estudio sería estimado, pero desglosando cada una de las partidas presentadas.

También, se ha sido recogida una gran cantidad de información sobre una variedad de temas que se relacionan con esta investigación. Las diversas áreas incluyen la historia de la vivienda social en Dublín , la historia de los reglamentos de la construcción en Irlanda, tecnología de

la construcción de viviendas en Dublín, información sobre los programas de adaptación en Dublín/Irlanda durante los últimos veinte años , las razones para la adaptación de las viviendas sociales de la ciudad de Dublín, programas de actualización de las autoridades locales en el Reino Unido , los casos de estudio de la vivienda social en Dublín , las descripciones de las obras necesarias para mejorar la vivienda , el presupuesto de las obras necesarias para mejorar la vivienda , el pensamiento de Lean Construction....

En el artículo, se identifican las posibles áreas para conseguir el ahorro en los costes que se pretende alcanzar, sin embargo, la investigación se encuentra en una etapa temprana y todavía no se especifican con más detalle estas áreas. Aun así, este documento concluye, que un gran porcentaje del dinero que se desperdicia es a través de la ineficiencia en las siguientes áreas:

- Diseño y Adquisiciones
- Gestión de la Cadena de Suministro
- Logística

Por último, se pretende esquematizar el modelo financiero Lean para la mejora de las viviendas sociales en la ciudad de Dublín recogido en el artículo.

- 1) Estudio/análisis de las viviendas, y calcular BER (Building Energy Rating). También actualizar una base de datos.
- 2) Examinar las obras necesarias para actualizar los valores BER al C1 exigido y por lo tanto optar a la máxima subvención dada por el Departamento de medio ambiente tras la finalización de los trabajos.
- 3) Examinar los materiales y productos necesarios con suficiente nivel de detalle, es decir, elegir tipo de calderas y su capacidad,

espesores de aislamiento, calidades y cantidades. También identificar el número de ventanas y puertas a sustituir con sus respectivas dimensiones.

- 4) Examinar las diferentes rutas de la contratación, existiendo dos categorías: una división de trabajos municipales para obras menores y otra de contratistas seleccionados mediante licitación.
- 5) Examinar como la pre-adjudicación de contratos podrían beneficiarse de las economías de escala. La autoridad local tiene un parque de viviendas de más de 27.000 unidades y deben ser capaces de aprovechar esta ventaja.
- 6) En base a la información disponible preparar especificaciones estandarizadas, con los documentos de licitación.

La investigación aún se encuentra en estos momentos en el final de la Fase 1, aunque se ha sido recopilado un gran volumen de información para la Fase 2.

Se entiende que el siguiente paso de esta investigación es examinar a fondo la filosofía lean manufacturing en el contexto del sector de la construcción de Irlanda, antes de que se comience con la adaptación de la viviendas sociales en la ciudad de Dublín. Se buscará una impresión del personal de gestión del Ayuntamiento de Dublín acerca de lo que piensan sobre la inclusión de los principios de "lean manufacturing" con el fin de reducir el coste en las mejoras de las viviendas sociales de la ciudad de Dublin. La aplicación de Lean significará un cambio de los métodos de trabajo comunes del Ayuntamiento de Dublín y de los procesos en el área de la vivienda. Es imprescindible la información dada por parte del Ayuntamiento de Dublín si se pretenden aplicar los principios Lean, para saber si la gestión y la implantación se está haciendo de la forma adecuada.

1.3.3 “Lean Construction Conformance among Construction Contractors in Turkey” (La conformidad con Lean Construction entre constructores en Turquía)

Se trata de una investigación promovida y realizada en 2013 por los profesores Algan Tezel y Yasemin Nielsen de la “School of the Built Environment” de la Universidad de Salford en Manchester y el “College of Engineering and Computer Science” del Abu Dhabi Campus, respectivamente.

El artículo presenta los resultados de un cuestionario preparado para predecir los niveles de conformidad que existe sobre Lean entre los constructores turcos y analiza los resultados. El Análisis comparativo entre los aspectos positivos y negativos de los constructores turcos ante una iniciativa de implantación de Lean Construction puede que sea lo más representativo. Además los resultados que se presentan en este documento pueden utilizarse como punto de partida para difundir la investigación y la práctica de Lean Construction entre los constructores turcos en el futuro. También abre una línea de investigación para evaluar la conformidad con Lean en otros países diferentes, así como evaluar los programas de Lean Construction en distintas empresas después de la introducción de este pensamiento.

Quizás estos dos últimos puntos podríamos tomarlos como una línea de desarrollo en un plazo corto en empresas españolas que han empezado a implantar este sistema o que tengan intención real de desarrollarlo en sus programas.

Para comprender la importancia de este artículo es necesario conocer el contexto de Turquía. En este país, junto a la industria del motor, el textil y el turismo, la construcción es una de las principales industrias tanto nacional como en exportación. Desde el año 2006, la industria de la construcción genera aproximadamente el 20% de los ingresos de

exportación del país, creando el 35% del producto interno bruto de Turquía y tomando una participación del 3% en el mercado mundial de la construcción con una gran cantidad de proyectos internacionales. La mano de obra barata y la proximidad geográfica y cultural a mercados altamente activos en oriente, han colocado a los constructores turcos en alto lugar empresarial a escala global. En 2009, 31 constructores turcos se encontraban entre los 225 constructores internacionales más importantes del mundo según la Engineering News-Record (ENR). La lista es realizada en base a los ingresos obtenidos por proyectos ejecutados fuera del país origen de cada empresa. Ya en la última lista publicada en 2013, ampliada a 250 empresas constructoras, son 38 el número de empresas turcas. España cuenta con un total de 12 constructoras en la lista, sin embargo, cabe decir, que 9 de estas se encuentran entre las 100 primeras y que el grupo ACS se encuentra en el primer lugar con una facturación de 42.772 millones de dólares (ENR, 2013)

Así podemos ver como el potencial económico de la industria turca es similar al de España por lo que extrapolar los resultados de este artículo a nuestro país podría no ser muy lejano a los que se obtendrían en un estudio real entre constructores españoles.

Por otro lado, Polat y Ballard en 2004 ya identificaron que el desperdicio en tiempo y material es demasiado común en la industria de la construcción turca y que las técnicas de Lean Construction no estaban siendo aplicadas para eliminar estos desperdicios. Además, la necesidad de iniciativas nacionales y en las raíces de las empresas fue subrayada por los autores para la mejora del rendimiento de la industria a través de Lean Construction. Además, el hecho de una crisis económica mundial hace que la búsqueda en la disminución de desperdicios gane más atención en todo el mundo (Polat, G. y Ballard, G., 2004). También Dikmen y Birgonul en 2003 apuntaron que una

imagen positiva de la empresa, la mejora de la calidad de los servicios y el crecimiento de la productividad son objetivos estratégicos para las empresas de construcción turca, percibiendo estos aspectos como más importantes que la maximización de los beneficios. También sostuvieron que la mayoría de los gerentes no están conformes con la administración de sus empresas (Dikmen, M. y Birgonul, M.T., 2003)

Todos estos aspectos, desde el potencial económicos de las empresas de la construcción turca como el emergente interés desde hace 10 años por la mejora del sistema de producción en esta industria hace que este artículo de investigación desarrollado por Algan Tezel y Yasemin Nielsen tome gran importancia en este momento y nos resulte ciertamente identificativo con respecto a la situación en España.

Pero, ¿qué metodología se ha empleado para la realización de esta encuesta?

Debido al tamaño de la población y una cantidad limitada de recursos sobre la mano se empleó una metodología de investigación basada en un cuestionario que gira en base la siguiente pregunta: ¿Cuál es el nivel de conformidad respecto e Lean entre las empresas de construcción en Turquía? El cuestionario que se preparó contiene un total de 35 preguntas, de las cuales, las cuatro primeras preguntas tienen como objetivo aclarar los atributos profesionales y laborales de los encuestados. Las siguientes cinco preguntas están relacionadas principalmente con las características operacionales de las empresas entrevistadas. Y por último, las 26 preguntas restantes miden la conformidad respecto a Lean de la empresa constructora. Además, el cuestionario fue diseñado para ser bastante claro, evitando las jergas de Lean Construction o terminología compleja. Las preguntas siguen el modelo propuesto por en el artículo "*Measuring lean conformance*" de Diekmann, Balonick, Krewedl y Troendle en el año 2003, debido a la sencillez del mismo.

Las preguntas en el modelo del cuestionario sigue los cinco principios fundamentales de Lean desarrollados en el apartado correspondiente de este trabajo:

- ✓ Valor del cliente
- ✓ Mejora continua
- ✓ Eliminación de pérdidas
- ✓ Cultura/personas
- ✓ Estandarización

Como limitaciones a la hora de distribuir el cuestionario, cabe destacar que el estudio solo se pudo llevar a cabo entre los contratistas que prestan servicios en Turquía y que forman parte de la cadena de suministro. Así, este fue contestado por las personas situadas en los diferentes niveles de la gestión de una empresa (inferior, medio o superior) a través de la auto-evaluación. Por otra parte, debido a que el movimiento de Lean Construction y su terminología es todavía desconocido por muchos contratistas en Turquía, algunos de los conceptos han sido mal entendidos.

El cuestionario se distribuyó a los contratistas elegidos entre los miembros de la Asociación de Contratistas de Turquía (TCA). Un total de 44 cuestionarios fueron recogidos, lo que da un índice de respuesta del 50%; además, el 77,28% de los participantes respondieron mediante el Internet.

Una vez analizados todos los resultados (ver artículo completo), se pueden llegar a la conclusión de que el concepto de Lean Construction, el cual ha sido promovido como una alternativa para la mejora del rendimiento en la industria de la construcción, todavía no ha sido adaptado y no es suficientemente conocido por las empresas constructoras que trabajan en Turquía. Pese a que Lean Construction era extraño para las empresas, si se encontró un alto grado de

preparación para una posible implantación de Lean en sus operaciones. Ciertamente es que algunas de las conclusiones pueden ser reflejo de la voluntad de los directores (quizás más optimistas que realistas en cuanto a las opciones de sus empresas), sin embargo, se demuestra un cierto grado de conocimientos sobre Lean, al menos a nivel conceptual. Este grado de conocimientos y aceptación de la filosofía Lean podrían ser la base para difundir el concepto en las empresas del país. Las mayores y/o más antiguas empresas podrían ser las primeras en iniciar este proceso de implantación de Lean porque son las que tienen las mayores puntuaciones en los resultados además de tener acceso a un mayor número de recursos. Sin embargo, una empresa más pequeña y joven puede ofrecer cierto grado de flexibilidad en la implantación con lo que podría experimentar un cambio más rápido hacia Lean. Además, se identificaron ciertos puntos fuertes en cada grupo de empresas de diferentes tamaños, donde poder plantar las bases de investigación y desarrollo dentro del concepto Lean.

Por último, es importante destacar que una investigación de naturaleza similar a esta puede ser repetida en otros países como España para comprobar los valores de Lean tanto en el conjunto del país como se ha hecho en Turquía como en nivel de implantación de Lean en una empresa. Además, un estudio como este pero que abarque un periodo de tiempo más largo para evaluar un programa de Lean Construction, pueden contribuir a demostrar los beneficios adquiridos por estos conceptos en una empresa constructora.

A continuación se representa una de las preguntas del cuestionario. Esta, en concreto, pertenece al grupo de principios Lean “Valor del Cliente”:

VALOR DEL CLIENTE: Optimización del Valor, pregunta 1		
<p>Algunos problemas son experimentados por el estudio de las necesidades del cliente a lo largo de todo el proyecto, entendiéndolas correctamente y construyendo en función de estas.</p>	<p>1 | 2 | 3 | 4 | 5 | N/A</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>	<p>Se puede decir que las necesidades de los clientes son estudiadas a lo largo de todo el proyecto, entendidas correctamente y las necesidades constructivas son ejecutadas en función de esas necesidades.</p>

1.3.4 Mejora de la productividad en el mantenimiento rutinario de una carretera aplicando filosofía Lean Construction

Se trata de la tesis en ingeniería de civil realizada por Lizbeth Carolina del Carmen Burneo Panta en la Universidad de Piura, Perú.

Cuando hablamos de Lean, solemos entender de forma habitual que su aplicación es realizada en el mundo de la producción industrial, ya sea una fábrica o la propia construcción en sí. Sin embargo el PMbok define proyecto como *“un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”*. Si bien tradicionalmente en arquitectura y construcción se ha entendido proyecto como el conjunto de documentación que define y da sentido a una obra arquitectónica, e incluso algunos movimientos incluyen dentro de esta definición la propia ejecución en sí, otros movimientos que personalmente comparto, entienden que este esfuerzo temporal, en el caso concreto de la construcción lleva consigo el resultado de un producto y un servicio, y por tanto, entendemos el alcance del proyecto hasta el fin de la vida útil de la edificación o al menos hasta el cumplimiento de la funcionalidad por la cual se creó. En mi opinión, en el momento en que la edificación cambia la función por la cual fue concebido, se trataría de un nuevo proyecto proyecto.

Esta tesis la he seleccionado porque se trata de la aplicación de Lean en un proyecto ya ejecutado físicamente, en este caso una carretera, pero que como he argumentado en el párrafo anterior, no se trata ni mucho menos del final del proyecto.

En esta tesis explica la aplicación de Lean a la conservación y mantenimiento de una carretera de 437.60 km, que cuenta con los tramos de Paita-Sullana; Sullana-Aguas Verdes, Sullana-Macará y Límite

Internacional Lado Perú Eje Vial N° 01 en los departamentos de Piura y Tumbes. Este proyecto surge tras la suscripción del contrato N° 049-2010-MTC/20 el pasado 26 de febrero del 2010 para la prestación de servicio de conservación vial por niveles de servicio de la carretera ya citada, entre consorcio vial Sullana y Provias nacional del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

La metodología empleada y desarrollada en la tesis para poder minimizar las pérdidas y el desperdicio es un sistema compuesto por un flujo de tareas. Con esto se pretende identificar que *“además de las tareas productivas, existen otras tareas dentro del flujo como traslados, esperas, etc., que no son productivas, llamadas desperdicio”*. Para este proceso conocido como Flow Management, la tesis propone un listado ordenado por prioridad y englobados en tres pasos.

Primer paso.- El objetivo de este paso fue asegurar que los flujos no paren, es decir, las áreas de soporte tienen que funcionar en todo momento sirviendo de apoyo a la gestión de operación en el trabajo de campo.

Para conseguir este objetivo, se aplicó el sistema Last Planner que es una herramienta de programación que cumple con los principios Lean y la cual hemos analizado en el marco teórico de este trabajo. El principal motivo de utilizar esta herramienta se debe a que está orientada al planeamiento a mediano plazo y programación a corto plazo. Así en la tesis se habla de los términos Lookahead y el weekly plan.

Sin embargo, además de la aplicación del sistema Last Planner, fue necesario realizar un profundo seguimiento del desempeño de las áreas de soporte y el trabajo de campo mediante reuniones y entrevistas con colaboradores y responsables. Así, se pudieron obtener las principales debilidades que presentan los flujos:

- 1) Entrega no oportuna de recursos a los depósitos temporales
- 2) Falta de recursos a tiempo en campo
- 3) Exceso de inventario
- 4) Falta de recursos por razones de mercado
- 5) Desfase de cronograma de mantenimiento preventivo de equipos
- 6) Documentación no presentada a tiempo
- 7) Problemas de comunicación

Tras el análisis de estas debilidades, la tesis propone algunas propuestas para evitar las paradas en el flujo:

- 1) Mayor comunicación entre supervisores y responsables de almacén.
- 2) Atención por parte de los jefes de cuadrilla del material acopiado, evitar esperas por falta de este.
- 3) Reducir inventarios existentes de poca rotación
- 4) Anticiparse a los pedidos de recursos que no se hallen en el mercado local.
- 5) Mejorar la proyección del mantenimiento preventivo de los equipos
- 6) Realizar reuniones semanales entre el área de operaciones, el gerente de proyecto y las áreas de soporte
- 7) Estimular las ideas innovadoras de los trabajadores a través de reconocimientos y capacitaciones

Segundo paso.- El objetivo de este paso fue asegurar que los flujos sean eficientes. Esto es necesario debido a las características que presenta el

mantenimiento rutinario de carreteras, como por ejemplo que sus actividades no dependen de que otras sean ejecutadas previamente.

Para hacer flujos eficientes, en operaciones de mayor continuidad, *“el foco es buscar sistemas balanceados. Para esto se identifica el cuello de botella, se aumenta su capacidad y se iguala la capacidad de las demás estaciones al cuello de botella y se comienza todo otra vez, es decir se realiza un balance de trabajo.”* (Carolina Del Carmen Burneo Panta, L., 2013)

Tercer paso.- El objetivo de este paso fue hacer procesos eficientes. Para lograr este paso fue necesario ir al campo de trabajo, observar las actividades y detectar los problemas, defectos y posibles soluciones. Para esto es necesaria la ayuda de herramientas para realizar mediciones de trabajo. Esta metodología fue aplicada a *“tres actividades del mantenimiento rutinario, que presentan la mayor incidencia de costos y frecuencia de ejecución en el tramo de estudio.”* (Carolina Del Carmen Burneo Panta, L., 2013)

- 1) Pintado de marcas en el pavimento
- 2) Roce de vegetación menor
- 3) Limpieza de cunetas

La explicación concreta de cómo fue realizada la aplicación de la metodología en cada uno de los casos se sale de los marcos de esta revisión de la literatura y por tanto para estudiar el caso con más detalle se invita a leer la tesis completa.

Así que por último, expondremos las conclusiones obtenidas tras la puesta en práctica de esta metodología y la redacción de la tesis.

- 1) Lean mejora en los tiempos de producción así como en asuntos de calidad, seguridad en obra, etc...
- 2) Es importante realizar tomas de datos y pruebas iniciales para poder afinar y conocer con más detalle los procedimientos.
- 3) Toma diaria de datos debido la alta variabilidad de los subprocesos de las actividades
- 4) La implantación de la metodología es un proceso muy importante pues es donde radica el triunfo de un cambio positivo. Para esto es imprescindible discutir y buscar opiniones personales tanto de directivos como en el trabajo de campo.
- 5) La motivación del personal es la clave del éxito de la filosofía Lean. El sentirse involucrado y respaldado es uno de los principales principios de Lean y uno de los que marcan la diferencia con otros sistemas de producción.

En cuanto a mi opinión personal después del estudio de esta puesta en práctica de Lean, viene a confirmar la opinión que respaldaba en el segundo párrafo de este punto. Un proyecto no acaba con “un certificado final de obra”, sino que perdura durante la vida útil, en este caso, de la infraestructura, de la carretera, que requiere de un mantenimiento y por tanto necesitamos de un sistema que nos permita resolver esto de la forma más eficaz y con las menores pérdidas posibles. Así, esto lo conseguimos gracias a Lean como ha podido demostrar Lizbeth.

1.3.5 Last Planner en subcontrato de empresa constructora.

Esta investigación por parte de los profesores de la Pontificia Universidad Católica de Chile Andrade, M. y Arrieta, B. fue realizada en una obra ejecutada entre el año 2008 y el año 2009 y los resultados fueron publicados en el año 2011.

Se pretendió la implementación del Last Planner System en el subcontrato de una empresa constructora con el fin de mejorar los aspectos que debilitan la labor de la empresa en lo que se refiere al cumplimiento de objetivos.

Los resultados de dicha implantación de Last Planner fueron sobresalientes en cuanto a *“compromisos de trabajos adquiridos por él, eficiencia en encontrar, eliminar o disminuir las razones por las cuales no se entregan las actividades en el periodo acordado aprendizaje en planificación del propio trabajo y la consecuencia de saber sobreponerse a la variabilidad e incertidumbres propias de la industria de la construcción”*. (Andrade, M. y Arrieta, B., 2011)

Como ya se ha indicado, los objetivos generales de esta investigación fue valorar los resultados de la implementación del Last Planner a un subcontrato y para ello se evaluó en tres escenarios:

- ✓ Antes de la aplicación del sistema
- ✓ Al mes de la aplicación del sistema
- ✓ A los tres meses de la aplicación del sistema

En cuanto a los objetivos específicos de la investigación fueron:

- ✓ Se evaluó la situación de los proyectos de la empresa
- ✓ Se implementó en una subcontrata deficiente
- ✓ Se analizaron y evaluaron los resultados

- ✓ Se determinó el impacto real del Last Planner en la subcontrata respeto del global de la constructora.

El proyecto sobre el que se realizó la investigación se trató de un edificio de 33.000 m² compuesto por 10 niveles, 4 de ellos por debajo de la cota 0.

La metodología utilizada para la implementación del Last Planner System consistió en 3 puntos principales, los cuales, además, coinciden con algunos de los puntos teóricos explicados en este mismo trabajo. Estos puntos son:

- **Reunión con grupo de trabajo** o como hemos definido a lo largo del desarrollo de este trabajo, Pull Session. Son el aspecto principal y uno de los que mejor asocia esta herramienta a la filosofía Lean. Es fundamental que cada uno de los integrantes del equipo (en este caso la subcontrata) sepa cuál es su papel en el proyecto y hacer entender los principios de este sistema.
- **Creación de la planificación intermedia** definido en este trabajo como el lookahead es importantísimo realizar estos análisis y planificaciones intermedia para concretar el estado del proyecto y así poder reajustar y entender los errores habidos para que no vuelvan a suceder, en otras palabras, la implantación de la mejora continua.
- **Creación de la planificación semanal**, citado como weekly plan, consiste en la programación más pormenorizada que existe dentro del sistema. Asuntos como comentarios acerca de los puntos pendientes del acta anterior, distribución de la programación para la semana siguiente o revisión y definición del plan de trabajo semanal, se tratan en las reuniones semanales.

En cuanto a los resultados, y sin entrar demasiado en detalle, se analizaron en dos tipos de índices: Porcentaje de Asignaciones Completadas (P.A.C.) y Causas de No Cumplimiento de las actividades (C.N.C.).

El primer índice refleja un muy buen indicador sobre los cumplimientos de la subcontrata pero como indican los autores de la investigación, *“no es definitorio respecto de la productividad, dado que si se observan los PAC semanales se destaca la gran variabilidad de los cumplimientos de sus actividades.”* (Andrade, M. y Arrieta, B., 2011)

Sin embargo el índice que más me ha sorprendido y que quiero reflejar en este trabajo es el segundo en el cual, la investigación demuestra que tras la implantación del Last Planner, las causas que hacen que no se cumplan las actividades pasa de 46% de causas internas de la subcontrata a un 0%, es decir, una vez está totalmente implantado el sistema, el 100% de las causas que provocan estos no cumplimientos son externas a la empresas subcontratista que implanto dicho sistema.

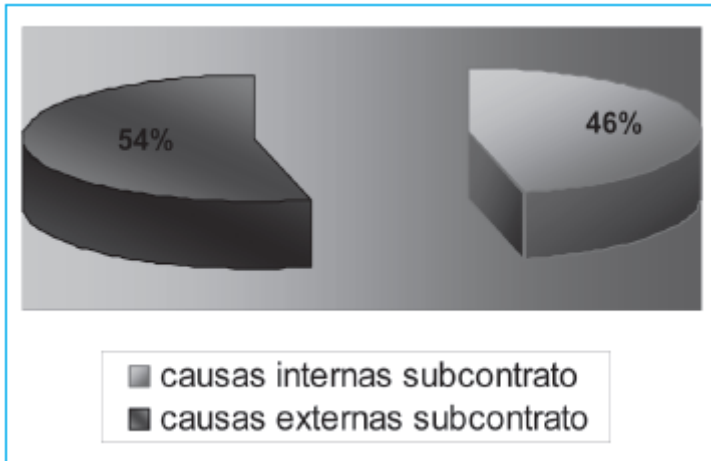


Ilustración 13.- CNC durante el período anterior a la implementación del sistema. Fuente.- Gráfico N°5, Last Planner en subcontrato de empresa constructora, Revista de la construcción Volumen 10 N°1 – 2011, Andrade, M. y Arrieta, B.

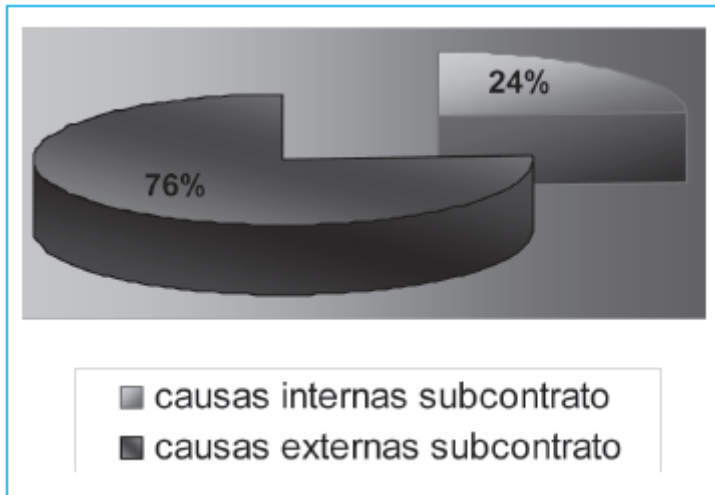


Ilustración 14.- CNC durante todo el período de trabajo del subcontrato.- Gráfico N°6, Last Planner en subcontrato de empresa constructora, Revista de la construcción Volumen 10 N°1 – 2011, Andrade, M. y Arrieta, B.

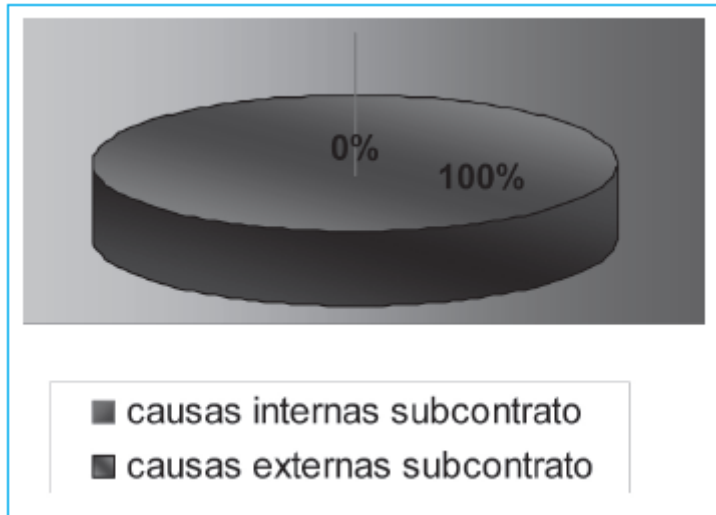


Ilustración 15.- CNC durante el período posterior a la implementación del sistema.- Gráfico N°7, Last Planner en subcontrato de empresa constructora, Revista de la construcción Volumen 10 N°1 – 2011, Andrade, M. y Arrieta, B.

Cierto es que los resultados en el global del proyecto no parecen nada representativos, sin embargo, hay que ser conscientes de donde fue implantado el sistema en comparación con la magnitud total de la obra, centrarnos en los resultados obtenidos en la empresa subcontratada y reflexionar sobre como modificaría el ir implantándolo poco a poco en todas las subcontratas.

En definitiva, al analizar los resultados de esta investigación, una de las principales conclusiones a las que he llegado, y en acuerdo con los profesores Andrade y Arrieta, es que tras la implantación del sistema, la empresa subcontratada no tiene por qué obtener de forma directa una mejor producción, sin embargo, obtiene una gran capacidad de

cumplimiento de los compromisos, el cual sea posiblemente el principal problema en la construcción.

Para fortalecer la importancia de estos resultados, cabe destacar el dato facilitado por esta investigación que indica que el 67% de las causas de no cumplimiento de las actividades es resultado de las empresas subcontratadas y no de la contrata principal, por lo que queda demostrado la tremenda repercusión positiva que tendría que las empresas subcontratadas consiguieran un porcentaje cercano al 100% del cumplimiento de los objetivos.

2 Marco Práctico

2.1 Modelo y metodología

Una vez situados dentro de un contexto histórico, un marco teórico y de acuerdo a los objetivos expuestos al comienzo del presente trabajo, se ha adoptado una metodología de desarrollo para llevar a cabo el estudio que se plantea desde el punto de vista de la gestión del Valor Ganado y en base a los principios del Lean; tomando también las referencias del análisis bibliográfico previo.

Para realizar este experimento hemos tomado como objeto de estudio la construcción del edificio que alberga la ampliación de la Escuela Técnica Superior de la Ingeniería de la Edificación situado dentro del campus de la Universidad Politécnica de Valencia en España.

En primer lugar, se considera necesaria una revisión bibliográfica de los artículos y estudios relativos a la aplicación de Valor Ganado para poder determinar la información necesaria en la aplicación de dicha metodología; tratando de entender la situación actual de dicho método

dentro del mundo de la construcción, así como también la utilización de la ruta crítica en el marco de gestión de proyectos.

Paralelamente, ha sido imprescindible realizar un estudio de la filosofía Lean, elaborando una revisión de la literatura que permitiera conocer su estado actual y su puesta en práctica en proyectos reales. Así como analizar el Last Planner System, entendiendo sus procedimientos para utilizarlo como herramienta en el experimento.

En segundo lugar, se establece el edificio en cuestión como punto de partida para elaborar una programación de la obra en cuanto a duraciones y costes se refiere, realizando Pull Sessions virtuales y una planificación completa (total del proyecto) del proceso constructivo en los tres nivel propios del sistema, como lo son el:

- ✓ Mean Plan o Plan Maestro
- ✓ Look ahead Program o Programación Intermedia
- ✓ Weekly Plan o Programación semanal

A continuación, se procede a realizar una simulación de la ejecución de la obra mediante certificaciones parciales realizadas semanalmente a lo largo de 24 semanas con el fin de poder extraer índices de comportamiento.

En tercer lugar se procesa la información obtenida de la programación y de la simulación del proceso constructivo hallando los índices mencionados anteriormente.

Por último se desarrolla la herramienta informática, mediante la cual comparamos resultados obtenidos con los otros métodos. La aplicación informática que vamos a utilizar es MICROSOFT VISUAL BASIC 2010, el cual, es un Integrated Development Environment (IDE) que se utiliza

para desarrollar programas de ordenador y utiliza plataformas de desarrollo de software de MICROSOFT como: API de Windows, Windows Forms, Windows store, etc. Este desarrollador es compatible con otros lenguajes como C++, aplicaciones móviles,....

Con este programa podremos obtener el valor ganado, coste real y total, duración total y real mediante la introducción de los datos del proyecto, obteniendo de esta manera una serie de gráficas, histogramas y valores como resultado.

2.2 Experimentación

Siguiendo los principios ya descritos en el marco teórico de este trabajo, y una vez hecho un estudio y análisis del proyecto, se dispuso a realizar la programación de la obra correspondiente, mediante la simulación de una serie de Pull Sessions.

La primera simulación correspondería a la reunión que se mantiene 45 días antes del comienzo de la obra, donde las diferentes empresas coordinadas por el experto en Last Planner, indican estimaciones, en principio, a la alza de las duraciones de las tareas.

Por supuesto, tal y como se ha desarrollado en este mismo trabajo empleamos un sistema tipo Pull. Así, la primera actividad que nos interesa para comenzar con la programación es la última a realizar en la ejecución de la obra, es decir, comenzamos por el final.

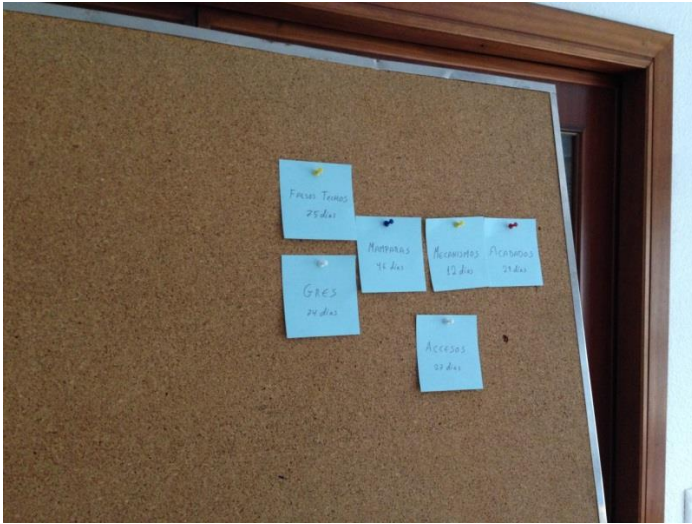


Ilustración 16. Simulación LPS. Fuente propia.

Continuamos el desarrollo inverso de la obra (sistema Pull) hasta llegar al inicio de la misma.

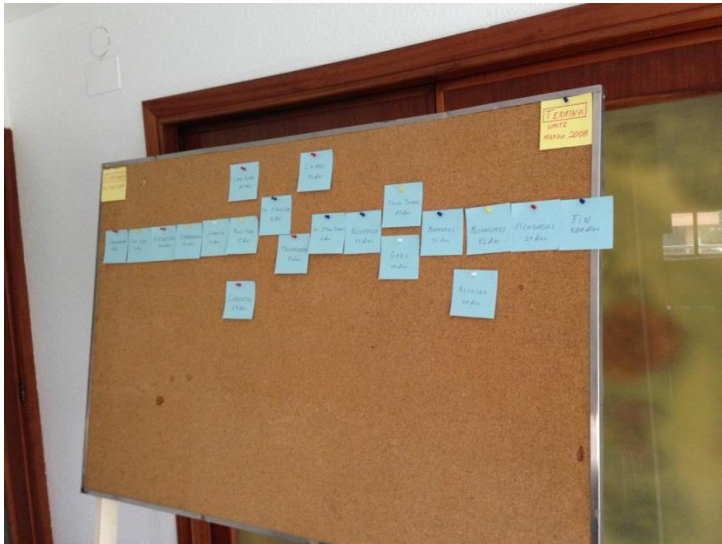


Ilustración 17. Simulación LPS. Fuente propia.

Una vez tenemos el desarrollo de todas las actividades principales con sus respectivos tiempos al alza, tenemos la duración total de la obra al alza. En ese momento indicaremos (en el papel amarillo de la esquina superior derecha) cuando tenemos que terminar según el acuerdo y/o compromiso contractual establecido.

En ese momento veremos la cantidad de ajustes que tenemos que hacer, tanto a la hora de reducir las duraciones de las tareas como a la hora de solaparlas y combinarlas.

Así, en la segunda Pull Session previa a la ejecución de la obra, pediremos los diferentes responsables de las empresas que ajusten las duraciones de las actividades que van a realizar (Ilustración 17) y en coordinación con el director de proyecto combinaremos y solaparemos

actividades (Ilustración 18) con el fin de reducir la duración total de la obra. En este momento es muy importante que todas las empresas se sientan partícipes del proyecto y que en todos los integrantes de este gran equipo, tengamos como prioridad el Valor del Cliente. Conseguir terminar la obra el día previsto, no solo debe ser un compromiso de la contrata principal o del proyectista, sino de cada uno de los integrantes del proyecto.

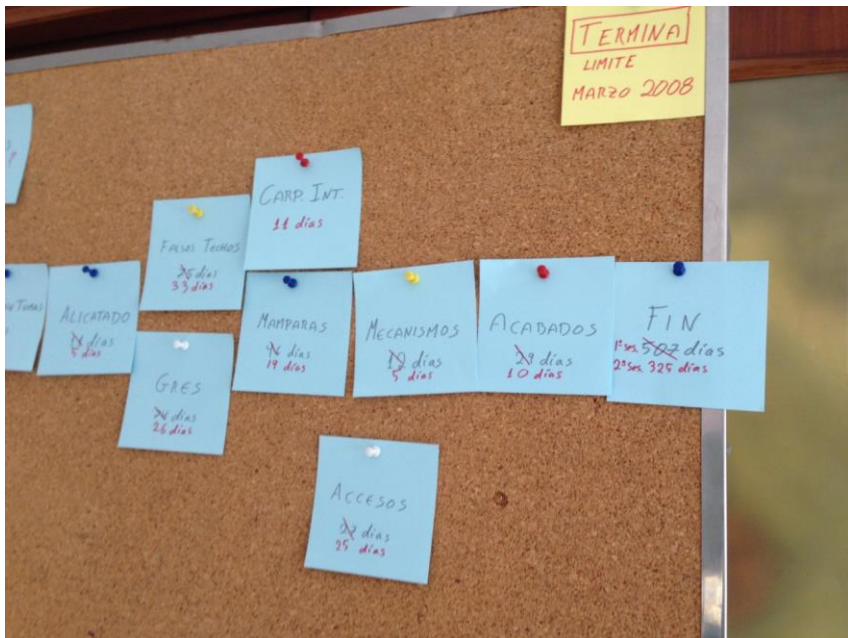


Ilustración 18. Simulación LPS. Fuente propia.

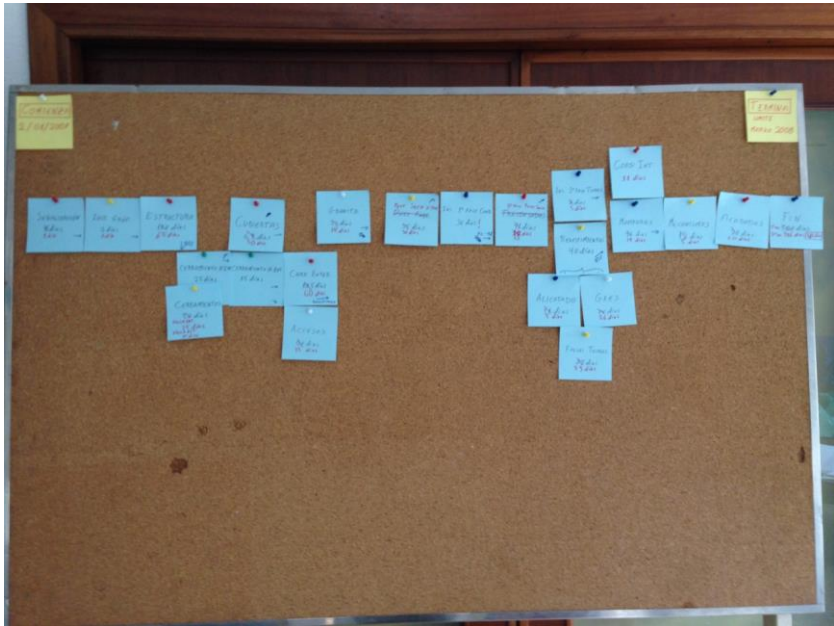


Ilustración 19. Simulación LPS. Fuente propia.

Por último se desarrollará una última Pull Sesión antes del comienzo de la ejecución de la obra donde se desarrollarán las subactividades a ejecutar y se preverán las Pull Session a realizar durante la propia ejecución de la obra,



Ilustración 20. Simulación LPS. Fuente propia.

Posteriormente se fueron realizando una serie de Pull Sessions seismanales donde se realizaron reuniones virtuales a las que asistirían los responsables de las diferentes empresas intervinientes, se tratarían las actividades realizadas para analizar los problemas e intentar solucionarlos y por último se estudiarían las próximas actividades a desarrollar. De estas reuniones virtuales se ha querido mostrar en el trabajo el acta de cada una de las 11 Pull sessions seismanales que se deberían haber realizado. Estas Actas se encuentran en el **Anexo I**

Toda esta programación se fue actualizando en un documento del programa informático de Microsoft Project 2013 en los tres niveles correspondientes de un Last Planner system: Mean Plan, Lookahead (seisemanal) y Weekly plan; tal y como puede verse en el **Anexo III**.

Paralelamente a este proceso de aplicación del LPS se procedió a la realización de una simulación de obra mediante certificaciones virtuales (desarrollado por Antonio Climent) a lo largo de 24 semanas. Este es el periodo en el que se ha realizado la aplicación de la metodología de Gestión de Valor Ganado (EVM) (marco teórico desarrollado por Antonio Climent) y que tras realizarlo podremos ver cómo trabaja, que resultados nos proporciona y así llegar a las conclusiones objeto de este trabajo.

Bien, con esta programación mediante LPS y las certificaciones, se obtuvieron los datos necesarios (EV y AC) en la Gestión de Valor Ganado; los cuales se pueden observar en el gráfico 1.

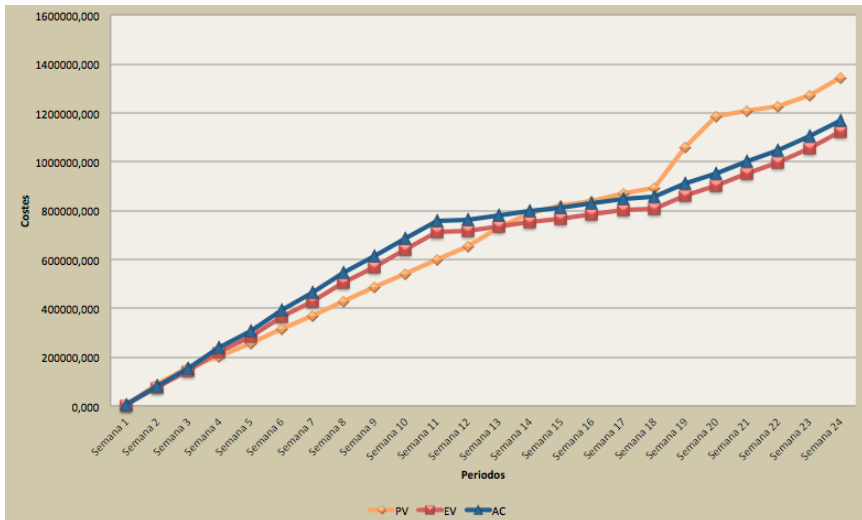


Gráfico 1. PV, EV y AC de todas las actividades en 24 semanas. Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en el gráfico 1, los tres valores dibujan la famosa curva S, y dónde salta a la vista como en el inicio los valores EV y AC son superiores al PV, lo que significa que se ha producido más de lo esperado y/o también que el coste real es superior al planificado. En la parte final de las gráficas ocurre justo lo contrario, pudiendo ser una caída de producción en la obra, por ejemplo.

Tras obtener estos valores, se calcularon la desviaciones existentes a lo largo del desarrollo del proyecto, tanto en costes (CV) como en cronograma (SV); los cuales arrojaron con evidencia que existía una desviación en costes y en el cronograma (valores por debajo de 0).

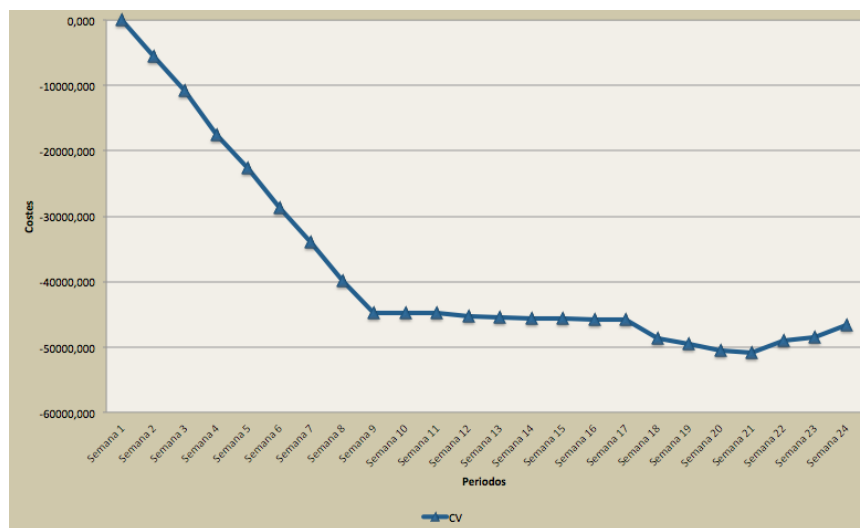


Gráfico 2. Desviación de costes (CV). Fuente: elaboración propia

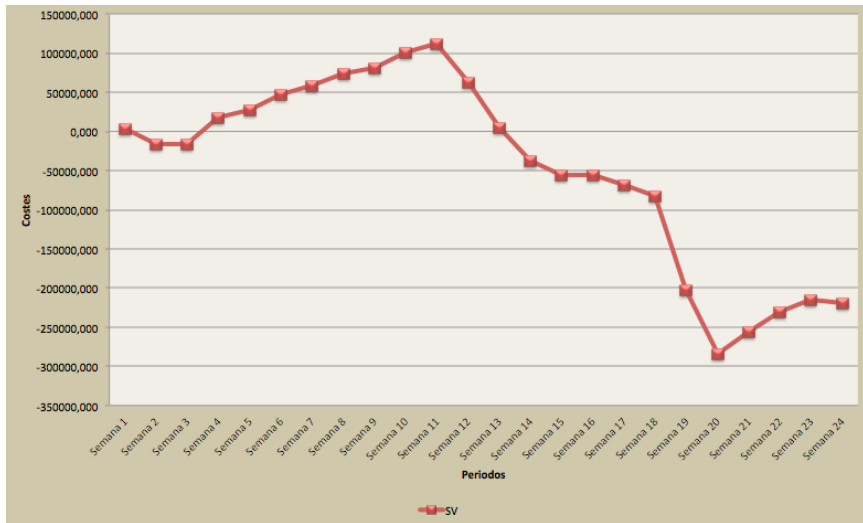


Gráfico 3. Desviación del cronograma (SV). Fuente: elaboración propia.

Así mismo, se hallaron los índices de desempeño del costo (CPI) y del desempeño del cronograma (SPI), donde se puede observar como el proyecto está costando más de lo que se planificó pero está siendo realizado antes de lo que se programó o en cambio, se está realizando más actividades de las planificadas, como así lo certifican las gráficas que se muestran a continuación.

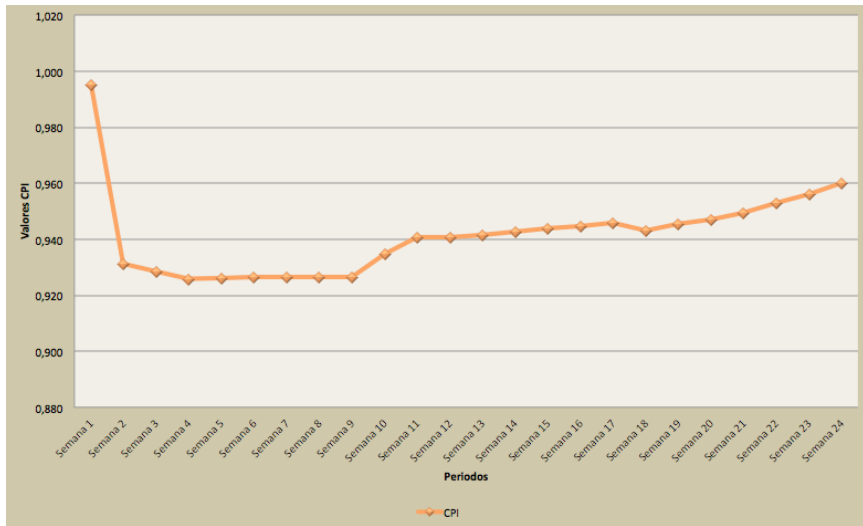


Gráfico 4. Índice de desempeño de coste (CPI). Fuente: elaboración propia.

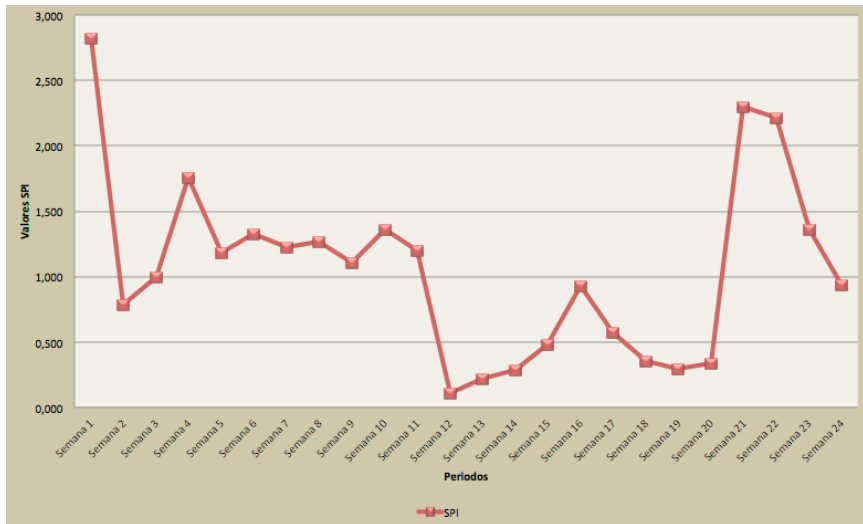


Gráfico 5. Índice de desempeño del cronograma (SPI). Fuente: elaboración propia.

En base a dichos cálculos se obtuvieron estimaciones del presupuesto hasta la conclusión del mismo (EAC), así como también la diferencia de presupuesto (VAC) que existiría de seguir las tendencias halladas hasta la fecha, además del presupuesto que queda en base a la nueva estimación EAC, estos datos se pueden observar en las tabla 6 que se muestra a continuación.

Periodo	EAC	VAC	ETC
Semana 1	4620836,70	-21314,03	4615194,64
Semana 2	4939796,17	-340273,50	4858784,97
Semana 3	4952995,32	-353472,65	4800751,48
Semana 4	4967661,87	-368139,20	4731236,33
Semana 5	4966392,82	-366870,15	4659005,29
Semana 6	4964711,54	-365188,87	4573508,24
Semana 7	4963948,61	-364425,94	4500504,63
Semana 8	4964249,39	-364726,72	4420271,77
Semana 9	4963519,26	-363996,59	4352980,05
Semana 10	4921150,29	-321627,62	4235597,16
Semana 11	4889143,72	-289621,05	4132466,11
Semana 12	4890014,87	-290492,20	4126955,88
Semana 13	4884566,54	-285043,87	4105260,42
Semana 14	4879043,01	-279520,34	4082660,38
Semana 15	4873552,76	-274030,09	4060608,63
Semana 16	4868066,09	-268543,42	4038092,59
Semana 17	4862878,25	-263355,58	4015713,33
Semana 18	4876324,89	-276802,22	4018756,82
Semana 19	4864279,11	-264756,44	3955523,81
Semana 20	4857619,47	-258096,80	3905713,29
Semana 21	4845434,54	-245911,87	3842776,99
Semana 22	4825711,39	-226188,72	3779141,66
Semana 23	4810748,32	-211225,65	3705961,61
Semana 24	4790943,60	-191420,93	3621983,45

Tabla 6. Estimaciones calculadas en base a las tendencias de ejecución de todas las actividades del proyecto. Fuente: elaboración propia.

Una vez aplicada la técnica de Valor Ganado a la totalidad de las actividades del proyecto en 24 semanas, se pretende dar un paso más allá, y se aplica la Gestión del Valor Ganado pero sobre la ruta crítica. Este experimento es el objeto de cuestión de la primera parte de la investigación.

2.3 Matriz de confrontaciones

Como último paso ante de cerrar el marco práctico, se ha elaborado una matriz de confrontaciones entre los principios de Lean Construction y los componentes del método de Valor Ganado que quizás sea una de las partes más interesantes de este presente trabajo.

En esta matriz se argumenta las conclusiones de este trabajo y sobre todo, lo interesante, es que queda abierta para seguir creciendo en la investigación de este estudio y da muestras de que se puede seguir estudiando en este sentido.

Tabla 7. Matriz de confrontaciones Lean-VG. Fuente.- propia

P.Lean Comp. VG	Eliminación pérdidas	Valor del cliente	Mejora continua	Cultura y personas	Estandariz.
Desviaciones	1*	5, 6*	9*	12*	13*
Índices de comportamiento	2	5, 6*	9*	12*	13*
% Completado	3*	5, 6*		12*	13*
Control semanal y mensual	4	7	10		
I. necesidad de mejora			11	12*	13*
Programación ganada		8*		12*	13*
Est. duración final		8*		12*	13*

*Interrelaciones de carácter negativo

Tabla 8. Definición de los componentes del método de Valor Ganado.

Fuente.- Propia

Definiciones de los componentes del método de Valor Ganado	
Desviaciones	Desviaciones de tiempo y costes del presupuesto respecto a lo estimado en cada uno de los puntos de control.
Índices de comportamiento	Valores que indican en tiempo y coste cómo se está ejecutando el proyecto con respecto a lo estimado.
% Completado	Indica el porcentaje de proyecto completado hasta la fecha en términos de costes
Control semanal y mensual	Son los periodos en que se realizan los puntos de control habitualmente en el método de valor Ganado
I. necesidad de mejora	Valores que indican una necesidad de mejoría con los recursos restantes
Programación ganada	Sitúa en forma de tiempo al proyecto respecto de la estimación de duraciones realizada
Est. duración final	Reajuste de la estimación para la finalización de la ejecución del proyecto.

Tabla 9. Definición de los principios Lean Construction. Fuente.- Propia

Definiciones de los principios Lean Construction	
Eliminación pérdidas	Consiste eliminar todo aquello que añade coste sin añadir valor al producto final.
Valor del cliente	Conocer la necesidades del cliente, lo que busca y lo que requiere de nuestra organización.
Mejora continua	Mediante una mejora radical eliminaremos todos los desperdicios que podamos identificar con facilidad de la organización, sin embargo la mayoría de estos

	irán apareciendo poco a poco e iremos aplicando una Mejora Continua.
Cultura y personas	Conseguir de los trabajadores personas capaces, comprometidas e implicadas en el proceso y la mejora continua. Así como la mentalización en el trabajo en equipo. Reta a la gente a pensar y mejorar
Estandarización	Todas las medidas y procesos que se van analizando y probando deben ser estabilizadas cuando se vaya comprobando que funcionan de acuerdo a la filosofía del sistema.

Tabla 10. Definición de las interrelaciones entre Lean y VG. Fuente.- Propia

Interrelaciones entre el método de Valor Ganado y la filosofía Lean	
1	Si bien es cierto que VG busca las desviaciones de costes y Lean pretende eliminar los desperdicios, para este último es imprescindible que dichos desperdicios sean localizados para que no vuelvan a ocurrir y VG no consigue esto.
2	Pese a que no sea una interrelación completamente directa, si podemos decir que gracias a estos índices podemos localizar desnivelaciones en la ejecución y por tanto si conseguimos eliminar el desnivelado, podremos eliminar todo aquello que no tenga valor añadido.
3	Al conocer el % de proyecto completado y comparándolo en donde nos tendríamos que encontrar con lo programado podremos saber en una mala situación que tenemos desperdicios de carácter temporal, pero como se ha indicado en la interrelación 1, no podemos localizar esta pérdida y por tanto no cumple con el principio Lean.
4	Los puntos de control de VG coinciden con los niveles de corto y medio plazo del Last Planner System. Esto es muy interesante

	de cara a una posible integración de VG dentro de esta herramienta ya consagrada del Lean Construction que pretende eliminar las pérdidas.
5	Los costes y los plazos son quizás los principales valores para cliente en el campo construcción, al menos en la experiencia vivida estos años atrás, y el método de Valor Ganado emplea sus recursos en ajustar estos dos valores.
6	Si bien es cierto que VG controla los valores principales del cliente que son coste y plazo, en ningún caso controla un valor fundamental en Lean y cada vez más tenido en cuentas por parte de la sociedad, la calidad del producto final.
7	Es muy importante para el cliente estar informado en todo momento del estado del proyecto.
8	Como ya se cita en la interrelación 8, uno de los principales valores para el cliente según la experiencia es el cumplimiento de los plazos. VG reajusta semanalmente y estima la finalización de la ejecución. Para Lean, sin embargo, es fundamental la aplicación de un sistema tipo Pull y estas estimaciones responden a un sistema Push donde los retrasos y adelantos van empujando las posteriores tareas.
9	En ningún caso podemos decir que VG contribuye a una mejora continua del proceso. Sin embargo, se plantea una futura línea de investigación que desarrolle un sistema capaz de guardar e interpretar la información obtenida en la aplicación de VG en proyectos, la cual permita reducir los errores cometidos en ejecuciones anteriores. Esto en cierto modo podríamos considerarlo una mejora continua del proceso y del sistema.
10	Al tratarse de controles a corto y medio plazo, permite acercarse al concepto de la mejora continua que pretende realizar análisis del proceso de una forma constante y repetida en el tiempo.

11	Pese a que como hemos dicho en las interrelaciones 1 y 3 VG no es capaz de encontrar los desperdicios, si aboga, con sus limitaciones, por realizar mejoras en el proceso cuando este no funciona. Este lo realiza mediante índices que quizás puedan resultar interesantes incorporar al PAC (Porcentaje de Asignaciones Completadas), índice muy característico del LPS. Esto se plantea como una futura línea de investigación, donde ambos índices se interrelacionen en un caso real.
12	Ninguno de los diferentes componentes del método de Valor Ganado tiene en cuenta la integración o bienestar de las personas en el proceso constructivo a la hora de valorar si los diferentes problemas podrían provenir de estos o causa de no tenerlos en cuenta. Tampoco tiene en cuenta la seguridad y salud de los trabajos en el caso de tener que reajustar los recursos.
13	El método de Valor Ganado no contempla la estandarización del proceso por lo que “ejecución a ejecución” se tiende a encontrar con los mismos problemas y unos índices similares, eso sí, salvando las diferencias. Sin embargo, se plantea una futura línea de investigación que desarrolle una base de datos capaz de guardar, clasificar y ordenar las medidas tomadas tras la aplicación y análisis de valor ganado de tal forma que resulte más sencillo encontrar soluciones técnicas en futuros proyectos en los que sea aplicado VG.

Capítulo 2.

Conclusiones

Cuando comenzamos a reflexionar sobre la idea de realizar este trabajo apenas conocía el término Lean y únicamente tenía algunas nociones del método de Valor Ganado.

Tras asistir a varios congresos sobre Lean Manufacturing, leer los libros de Toyota Way y Lean Thinking e infinidad de artículos científicos al respecto, creo haber empezado a entender que significa Lean y que pretende conseguir.

En cuanto al método de Valor Ganado, gracias a la experimentación realizada, he comprendido, en un caso más complejo, que cantidad de datos requiere para poder ser llevado a cabo y cuanta información nos devuelve realmente.

Así, puedo agrupar mis conclusiones en 3 grupos: **Conclusiones experimentales, conclusiones académicas y conclusiones de cara a futuras líneas de investigación.**

I. Conclusiones experimentales.

Considero que el método de Valor ganado por sí solo no cumple con las bases de los principios de la filosofía Lean y por tanto no puedo entenderlo como una herramienta Lean, sin embargo, podría llegar a ser una herramienta complementaria y de ayuda

para el Last Planner System u otra herramienta Lean. Los motivos que me han llevado a esta conclusión son:

- a) Valor Ganado es un método que solo se rige por los costes y el tiempo para conocer el estado de una obra, sin embargo, no tiene en cuenta factores imprescindibles para Lean como pueda ser la calidad con la que se está ejecutando o el bienestar/seguridad de los trabajadores.
- b) Es cierto que Valor Ganado es un método que es capaz de interpretar si la obra se está ejecutando por delante o por detrás de lo programado, así como indicarnos los incrementos y disminución de los costes con respecto a lo presupuestado y así podemos reajustarnos. Esto podría llevarnos a pensar en el concepto de detectar los desperdicios (*Muda*) y eliminarlos. A mi entender esto es un error. En mi opinión Valor Ganado no es capaz de localizar donde se está produciendo el desperdicio para poder solventarlo, ayudar a que no vuelva a ocurrir y por tanto, contribuir a la mejora continua. En su lugar, VG nos indica que hay desperdicio en algún lugar del proceso constructivo y por tanto nos obliga a reajustamos sea como sea para intentar que la obra llegue a lo acordado, recordándome, quizás, la famosa frase de *“el fin justifica los medios”*. Esto también conlleva a ocultar los errores antes de intentar solucionarlos, algo contra lo que luchaba constantemente el TPS. Todo esto contacta directamente con el siguiente motivo.
- c) VG fundamenta todas sus conclusiones en una serie de índices resultado de diversas operaciones matemáticas. Sin embargo Lean exige el Genchi Genbutsu, es decir, gestión

visual. Esto es porque las tablas y los números pueden medir resultados pero no revelar detalles del proceso real que se sigue día a día, lo que nos lleva a la conclusión del punto b, se sabe que hay un problema, pero no donde y así optamos por taparlo.

A pesar de todo esto, no pretendo sacar a VG fuera de un sistema Lean sino que abro la posibilidad de que pueda ser un método de ayuda y complementario a una herramienta Lean como es el LPS porque, eso sí, VG necesitaría ir acompañado de un control visual para poder considerarse Lean, al menos en el aspecto de eliminar *Muda*. Además debería poder estudiarse a la par con métodos para el control de la calidad y la seguridad de los trabajadores, es decir, que los reajustes no permitan reducir la calidad o las medidas de seguridad para reducir costes y las tablas nos indiquen que la obra ha mejorado su productividad. Quizás una posibilidad sería utilizarlo a modo de *Andon*, es decir, como si fuera un dispositivo de alarma que avisa de que algo no ha funcionado y estudiar mediante los indicadores Lean como el PAC (Porcentaje de actividades completadas) y la gestión visual donde se encuentra dicho problema para poder solucionarlo.

También deberían proponerse sistemas más ilustrativos, pues no resulta sencilla la visualización de tantísimos índices que provoca en muchos casos errores de interpretación, apliquemos *Jidoka* (anti-error).

Por último me gustaría hacer una reflexión sobre la aplicación de VG en ruta crítica, que se ha realizado en el otro trabajo de esta investigación, desde el punto de vista Lean:

El principio de Heijunka es uno de los cimientos del Lean y consiste en nivelar los procesos, por lo que en un proceso constructivo donde está aplicado Lean de una forma idílica, no debería resultar una única ruta crítica o dicho de otra forma, todas las actividades serían ruta crítica. Por tanto, si nos lo tomamos desde un punto de vista totalmente teórico, no tendría sentido hablar de esta aplicación. Sin embargo, de momento esto no se da en la vida real y por tanto, de momento, podríamos aceptar las conclusiones obtenidas en el otro trabajo, aunque como “sistema *andon*” no avisaría de desperdicios en actividades no críticas.

II. Conclusiones académicas.

Tras hacer un estudio de la filosofía Lean, intentando comprender cuáles su sentido y su meta y tras el paso por una carrera técnica en una Universidad española que concluye con este presente trabajo, he reflexionado y me veo en la obligación de intentar motivar con estas líneas, a los académicos de la universidad y concretamente a los de la ETSIE (Valencia).

Nos encontramos ante un mundo donde la globalización lleva años estando a la orden del día y que desde la invención de tecnologías como Internet la información llega a todo los puntos del planeta en cuestión de segundos. Después de mi paso por la Universidad considero que, en términos generales, los conocimientos que se imparten a los alumnos se centran en aspectos ya completamente

consolidados en el mundo profesional lo cual es totalmente necesario pero conlleva graves problemas para el alumnado como, en ocasiones, la enseñanza de técnicas obsoletas y la más importante, no permite a los alumnos desarrollar nuevas técnicas ni la investigación de nuevos procedimientos que será lo que en su futuro profesional les servirá para ofrecer algo nuevo y diferente a un cliente concreto. Considero que además de la enseñanza de técnicas y conocimientos tradicionales, se debería motivar y guiar al alumnado a desarrollar y conocer técnicas nuevas.

En mi caso concreto, he podido investigar, gracias a este trabajo, un sistema de gestión del cual apenas había oído hablar durante mi formación académica, y que al menos me da la oportunidad de ofrecer algo diferente en unas semanas cuando salga al mercado laboral. Cosa que por desgracia no podrán hacer muchos compañeros míos con muchísimo talento, ya sea dentro de este campo de la gestión o de cualquier otro campo.

III. Conclusiones de cara a futuras líneas de investigación.

Como ya se concretó en el punto 3 de los objetivos específicos para este trabajo, se trata de un análisis cualitativo de la consideración del VG como herramienta Lean, a lo cual hemos respondido en las conclusiones experimentales que por sí solo no lo sería sino que podría ser un complemento para otras herramientas Lean.

Por tanto sería muy interesante la utilización de Valor Ganado dentro del Last Planner System en complemento al PAC (Porcentaje de actividades completadas) y a modo de sistema de aviso de problemas en un caso real para poder concluir este estudio desde un punto de vista cuantitativo.

A su vez, se han podido obtener una serie de líneas de investigación de la matriz de confrontaciones que se resumen en:

1. Desarrollar un sistema capaz de guardar e interpretar la información obtenida en la aplicación de VG en proyectos, la cual permita reducir los errores cometidos en ejecuciones anteriores.
2. Desarrollar una base de datos capaz de guardar, clasificar y ordenar las medidas tomadas tras la aplicación y análisis de valor ganado de tal forma que resulte más sencillo encontrar soluciones técnicas en futuros proyectos en los que sea aplicado VG.
3. Continuar con el desarrollo de la matriz de confrontación, reargumentado las interrelaciones expuestas y añadiendo nuevas con más principios y/o componentes de Valor Ganado.

También se proponen otras líneas de investigación a raíz del estudio de la literatura:

1. Estudio y demostración de interrelaciones dentro de la matriz entre principios Lean y funcionalidades BIM.
2. Estudio y análisis de aceptación de la filosofía Lean dentro del campo de la construcción en España mediante cuestionarios tipo, mencionados en el artículo de “Lean Construction Conformance among Construction Contractors in Turkey”.

Capítulo 3.

Referencias Bibliográficas

ANDRADE, M., ARRIETA, B. (2011) *Last planner en subcontrato de empresa constructora*. Revista de la Construcción (Chile), vol. 10, núm. 1, 36-52.

ASHTON, J.E. y COOK, F.X. Jr. (1989) *Time to Reform Job Shop Manufacturing*. Harvard Business Review. Ed. March-April. 106 - 111.

BALLARD, H. G. (2000) *The Last Planner System of Production Control*. Tesis. The University of Birmingham.

CAROLINA DEL CARMEN BURNEO PANTA, L. (2013) *Mejora de la productividad en el mantenimiento rutinario de una carretera aplicando filosofía Lean Construction*. Tesis de grado. Universidad de Piura (Perú).

CERVERÓ, F. (2013) *¿Que es Lean Construction? Evolución en España*. Jornada de la industria, reunión europea de construcción Lean. Celebrado en mayo de 2013 en Valencia.

DIEKMANN, J.E., BALONICK, J., KREWEDL, M. y TROENDLE, L. (2003) *Measuring Lean conformance*. Proceedings 11th Annual Conference on Lean Construction. Virginia Polytechnic Institute and State University.

DIKMEN, M. Y BIRGONUL, M.T. (2003) *Strategic perspective of Turkish construction companies*. ASCE Journal of Management in Engineering, 33-40.

ENR (Engineering New Record) (2013) The top 250 International Contractor. Recuperado de la dirección:

<http://enr.construction.com/toplists/top-international-contractors/001-100.asp> (10/04/2014)

FONT, A. (2014) *Puntos clave del diseño de productos y Lean engineering en proyectos*. Conferencia presentada en la sede del INEDE (Business School). Celebrado el 5 de Junio de 2014 en Valencia.

HARRINGTON, H.J. (1991) *Business Process Improvement*. McGraw-Hill. New York. pag. 274.

JONES, D.T. Y WOMACK, J.P. (2003) *Lean Thinking*. Nueva York: Free Press. Versión Traducida.- Atmetlla, Emili (2005) *Lean Thinking*. Barcelona: Gestión 2000. Edición 2012.

KOSKELA, L. (1992) *Application of the new production philosophy to construction*. CIFE (Center for Integrated Facility Engineering). Stanford University.

KRAFCIK, J.F. (1988) *Triumph of the Lean Production System*. Sloan Management Review, Vol. 30, núm. 1, 41-52.

Lean Construction Enterprise (2013) Last Planner: Sistema de control de proyectos que aumenta el cumplimiento de plazos de actividades de construcción. Recuperado de la dirección:

<http://www.leanconstructionenterprise.com/documentacion/last-planner> (05/03/2014)

LINKER, J.K. (2003) *The Toyota Way*. Nueva York: Free Press. Versión traducida.- Cuatrecasas Lluís (2006) *Las claves del éxito de Toyota*. Barcelona: Gestión 2000.

MONDEN, Y. (1983) *Toyota Production System*. 1ª editorial. Industrial Engineering and Management Press. Norcross (EEUU).

MOSSMAN, A. (2013) *Sistema del Último planificador: conversaciones cruciales para un diseño y construcción fiable de infraestructuras*. The Change Business Ltd. Traducción Xavier Pallás y Victor Roig.

O'NEIL, D., GUNNIGAN, L., CLARKE, P. (2014) *Reducing the Cost of Upgrading Dublin City's Local Authority Housing Built Prior to the Introduction of the 1991 Building Regulation through Lean Thinking/Lean Construction*. Dublin Institute of Technology.

OHNO, T. (1988) *Toyota Production System*. Productivity Press Portland (EEUU) p. XIII.

PMI (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE) (2004) *Guía de los fundamentos de la dirección de proyectos, Guía del PMBOK*. Tercera edición.

POLAT, G. Y BALLARD, G. (2004) *Waste in Turkish construction: Need for Lean construction techniques*. Istanbul Technical University. Estambul (Turquía).

PONS ACHELL, J. F. (2014) *Introducción a Lean construction*. Edita: Fundación Laboral de la Construcción.

PUIGPELAT BARRADO, P. (2012) *Desarrollo de una herramienta para la implantación de Lean Construction*. Tesina de especialidad. Universidad Politécnica de Cataluña.

REINGOLD, E. (1999) *Toyota: People, Ideas, and the Challenge of the New*. Penguin Books. London

RODRIGUEZ MENÉNDEZ, L.M. (2014) *Lean Management*. Programa formativo impartido en la sede de antiguos alumnos de la UPV. Celebrado los días 20 y 21 de Junio de 2014.

SACKS, R., KOSKELA, L., BHARGAV A. DAVE Y OWEN, R. (2009) *The Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction*. Journal of Construction Engineering and Management 11/2009.

SANCHIS MESTRE, I. (2013) *Last Planner System: Un caso de estudio*. Trabajo Final de Grado. Universidad Politécnica de Valencia (ETSIE).

SHINGO, S. (1981) *Study of Toyota Production System from Industrial Engineering Viewpoint*. Japan Management Association. Tokio (Japón).

TERÁN, L. (2013) *Implantación de LPS en 7 proyectos de México*. Jornada de la industria, reunión europea de construcción Lean. Celebrado en mayo de 2013 en Valencia.

TEZEL, A. y NIELSEN, Y. *Lean Construction among construction contractors in Turkey* (2013). Journal of Management in Engineering of ASCE (Julio 2013).

Capítulo 4.

Índice de Figuras

TABLA 1. EXPLICACIÓN DE INTERACCIONES ENTRE BIM Y LEAN (1). FUENTE.- SACKS, R., KOSKELA, L., BHARGAV A. DAVE Y OWEN, R. (2009). TRADUCCIÓN.- PROPIA.....	57
TABLA 2. MATRIZ DE INTERACCIONES ENTRE BIM Y LEAN (2). FUENTE.- SACKS, R., KOSKELA, L., BHARGAV A. DAVE Y OWEN, R. (2009). TRADUCCIÓN.- PROPIA	58
TABLA 3. PRINCIPIOS LEAN. FUENTE.- SACKS, R., KOSKELA, L., BHARGAV A. DAVE Y OWEN, R. (2009). TRADUCCIÓN.- PROPIA	59
TABLA 4. FUNCIONALIDADES DE BIM. FUENTE.- SACKS, R., KOSKELA, L., BHARGAV A. DAVE Y OWEN, R. (2009). TRADUCCIÓN.- PROPIA.....	60
TABLA 5. EXPLICACIÓN DE INTERACCIONES ENTRE BIM Y LEAN. FUENTE.- SACKS, R., KOSKELA, L., BHARGAV A. DAVE Y OWEN, R. (2009). TRADUCCIÓN.- PROPIA.....	61
TABLA 6. ESTIMACIONES CALCULADAS EN BASE A LAS TENDENCIAS DE EJECUCIÓN DE TODAS LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	106
TABLA 7. MATRIZ DE CONFRONTACIONES LEAN-VG. FUENTE.- PROPIA	107
TABLA 8. DEFINICIÓN DE LOS COMPONENTES DEL MÉTODO DE VALOR GANADO. FUENTE.- PROPIA	108
TABLA 9. DEFINICIÓN DE LOS PRINCIPIOS LEAN CONSTRUCTION. FUENTE.- PROPIA	108
TABLA 10. DEFINICIÓN DE LAS INTERRELACIONES ENTRE LEAN Y VG. FUENTE.- PROPIA	109

ILUSTRACIÓN 1. F. TAYLOR Y H. FORD. FUENTE.- HTTP://WWW.MAKINGTHEMODERNWORLD.ORG.UK/STORIES/THE_AGE_ OF_THE_MASS/05.ST.06/?SCENE=2&TV=TRUE	17
ILUSTRACIÓN 2. TAIICHI OHNO, 1950. FUENTE.- HTTP://WWW.TOYOTA.EU ..	18
ILUSTRACIÓN 3. PRIMERA APARICIÓN ESCRITA DEL TERMINO LEAN. FUENTE.- ARTÍCULO “TRIUMPH OF THE LEAN PRODUCTION SYSTEM”, REVISTA “SLOAN MANAGEMENT REVIEW”, 1988	21
ILUSTRACIÓN 4. LA PIRÁMIDE 4P DEL MODELO TOYOTA FUENTE.- “LAS CLAVES DEL EXITO DE TOYOTA”, JEFFREY K.LIKER	24
ILUSTRACIÓN 5. LA CASA DEL TPS. FUENTE.- “LAS CLAVES DEL ÉXITO DE TOYOTA”, JEFFREY K.LIKER	28
ILUSTRACIÓN 6. LAS TRES M. FUENTE.- PROPIA	31
ILUSTRACIÓN 7. LAS 5S. FUENTE.- PROPIA	32
ILUSTRACIÓN 8. PRINCIPIOS LEAN POR DIEKMANN, BALONICK, KREWEDL Y TROENDLE. FUENTE.- “MEASURING LEAN CONFORMANCE” (2003). TRADUCCIÓN PROPIA.	36
ILUSTRACIÓN 9. SITUACIÓN GENERAL DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN. FUENTE.- LEAN CONSTRUCTION ENTERPRISE	41
ILUSTRACIÓN 10. SITUACIÓN DE PROYECTOS CON MEJOR PLANEACIÓN. FUENTE.- LEAN CONSTRUCTION ENTERPRISE	42
ILUSTRACIÓN 11. SITUACIÓN DEL PROYECTO CON LA APLICACIÓN DEL LASTPLANNER. FUENTE.- LEAN CONSTRUCTION ENTERPRISE	42
ILUSTRACIÓN 12. VALOR GANADO, VALOR PLANIFICADO Y COSTO REAL.2013. FUENTE: 5ª EDICIÓN DE LA GUÍA DEL PMBOK	52
ILUSTRACIÓN 12.- CNC DURANTE EL PERÍODO ANTERIOR A LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA. FUENTE.- GRÁFICO Nº5, LAST PLANNER EN SUBCONTRATO DE EMPRESA CONSTRUCTORA, REVISTA DE LA CONSTRUCCIÓN VOLUMEN 10 Nº1 – 2011, ANDRADE, M. Y ARRIETA, B.90	
ILUSTRACIÓN 13.- CNC DURANTE TODO EL PERÍODO DE TRABAJO DEL SUBCONTRATO.- GRÁFICO Nº6, LAST PLANNER EN SUBCONTRATO DE EMPRESA CONSTRUCTORA, REVISTA DE LA CONSTRUCCIÓN VOLUMEN 10 Nº1 – 2011, ANDRADE, M. Y ARRIETA, B.....	91

ILUSTRACIÓN 14.- CNC DURANTE EL PERÍODO POSTERIOR A LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.- GRÁFICO Nº7, LAST PLANNER EN SUBCONTRATO DE EMPRESA CONSTRUCTORA, REVISTA DE LA CONSTRUCCIÓN VOLUMEN 10 Nº1 – 2011, ANDRADE, M. Y ARRIETA, B.	92
ILUSTRACIÓN 15. SIMULACIÓN LPS. FUENTE PROPIA.....	96
ILUSTRACIÓN 16. SIMULACIÓN LPS. FUENTE PROPIA.....	97
ILUSTRACIÓN 17. SIMULACIÓN LPS. FUENTE PROPIA.....	98
ILUSTRACIÓN 18. SIMULACIÓN LPS. FUENTE PROPIA.....	99
ILUSTRACIÓN 19. SIMULACIÓN LPS. FUENTE PROPIA.....	100
GRÁFICO 1. PV, EV Y AC DE TODAS LAS ACTIVIDADES EN 24 SEMANAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	101
GRÁFICO 2. DESVIACIÓN DE COSTES (CV).FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA...	102
GRÁFICO 3. DESVIACIÓN DEL CRONOGRAMA (SV). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	103
GRÁFICO 4. ÍNDICE DE DESEMPEÑO DE COSTE (CPI). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	104
GRÁFICO 5. ÍNDICE DE DESEMPEÑO DEL CRONOGRAMA (SPI). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	105

Anexo I

Actas Pull Sessions

Obra del edificio para la futura ETSIE Pull Session 1 (Fase ejecución)

29 de diciembre del 2006

I. Llamada al orden

David Delgado Alfaro ha llamado al orden a la Pull Session 1 de la obra del edificio para la futura Escuela de la Ingeniería de la Edificación en la Universidad Politécnica de Valencia a las 16:00 horas del 29-12-1006 en el despacho de reuniones 1 de la sede de la constructora principal situado en Valencia.

II. Pasar lista

David Delgado Alfaro pasó lista. Las siguientes personas estuvieron presentes:

(Nombre) **Jefe de Obra**

(Nombre) **Director de la Obra**

(Nombre) **Director de la Ejecución de la obra**

(Nombre) **Coordinador de Seguridad y Salud**

(Nombre) **Encargado obra**

(Nombre) **Encargado obra**

(Nombre) **Encargado empresa instalación Grúa**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa estructurista**

(Nombre) **Encargado de la empresa estructurista**

III. Aprobación de las actas de la última Pull Session

David Delgado Alfaro leyó las actas de la reunión anterior (Fase previa a la ejecución). Las actas se aprobaron una vez leídas.

IV. Comprobación de actividades realizadas

a) **Permisos de la obra.**

Se chequeó nuevamente todos los permisos de la obra comprobando que no había ningún impedimento para poder realizar el acta de replanteo y el inicio de la obra la siguiente semana.

V. Nuevas actividades

a) **Señalización y seguridad.**

Se estudió el plano de implantación propuesto, se acordó de forma definitiva todas señalizaciones, medidas de seguridad de las próximas actividades y la instalación de los servicio de higiene y bienestar en el trabajo.

b) **Grúa-torre.**

Se estudió el procedimiento para el montaje de la grúa-torre de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

c) **Estructura.**

Se estudió el procedimiento para la ejecución de la estructura desde los “enanos” hasta el forjado 2 del edificio de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

VI. Ruegos y preguntas

David Delgado Alfaro suspendió la reunión a las **21:00 horas**.

Obra del edificio para la futura ETSIE Pull Session 2 (Fase ejecución)

9 de febrero del 2007

I. Llamada al orden

David Delgado Alfaro ha llamado al orden a la Pull Session 2 de la obra del edificio para la futura Escuela de la Ingeniería de la Edificación en la Universidad Politécnica de Valencia a las **16:00 horas** del **09-02-1007** en el despacho de reuniones 1 de la sede de la constructora principal situado en Valencia.

II. Pasar lista

David Delgado Alfaro pasó lista. Las siguientes personas estuvieron presentes:

(Nombre) Jefe de Obra

(Nombre) Director de la Obra

(Nombre) Director de la Ejecución de la obra

(Nombre) Coordinador de Seguridad y Salud

(Nombre) Encargado obra

(Nombre) Encargado obra

(Nombre) Jefe encargado de la empresa estructurista

(Nombre) Encargado de la empresa estructurista

III. Aprobación de las actas de la última Pull Session

David Delgado Alfaro leyó las actas de la Pull Session 1. Las actas se aprobaron una vez leídas.

IV. Comprobación de actividades realizadas

a) Estructura.

Se estudió el estado actual de la estructura exponiendo los problemas habidos durante la ejecución y previendo futuras soluciones para la mejora de este proceso.

V. Nuevas actividades

a) Estructura.

Se estudió el procedimiento para la ejecución de la estructura desde los pilares de planta primera hasta el los pilares de planta tercera, inclusive, del edificio de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

b) Peldañado.

Se estudió el procedimiento para la ejecución del peldañado total del edificio de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra. Importante la coordinación con el equipo estructurista en la ejecución de la losa de escalera.

c) Hoja interior del cerramiento de fachada.

No se estudió esta actividad en esta reunión debido a que la próxima sesión (Pull Session 3) se adelantará una semana por estudiar esta actividad.

VI. Ruegos y preguntas

David Delgado Alfaro suspendió la reunión a las **21:00 horas**.

Obra del edificio para la futura ETSIE Pull Session 3 (Fase ejecución)

16 de marzo del 2007

I. Llamada al orden

David Delgado Alfaro ha llamado al orden a la Pull Session 3 de la obra del edificio para la futura Escuela de la Ingeniería de la Edificación en la Universidad Politécnica de Valencia a las **16:00 horas** del **16-03-1007** en el **despacho de reuniones 1 de la sede de la constructora principal situado en Valencia**.

(*) Nota: Se adelantó una semana la reunión para estudiar la actividad de la hoja interior de la fachada.

II. Pasar lista

David Delgado Alfaro pasó lista. Las siguientes personas estuvieron presentes:

(Nombre) **Jefe de Obra**

(Nombre) **Director de la Obra**

(Nombre) **Director de la Ejecución de la obra**

(Nombre) **Coordinador de Seguridad y Salud**

(Nombre) **Encargado obra**

(Nombre) **Encargado obra**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa estructurista**

(Nombre) **Encargado de la empresa estructurista**

(Nombre) **Encargado empresa instalación Andamio**

Cremallera

III. Aprobación de las actas de la última Pull Session

David Delgado Alfaro leyó las actas de la Pull Session 2. Las actas se aprobaron una vez leídas.

IV. Comprobación de actividades realizadas

a) **Estructura.**

Se estudió el estado actual de la estructura exponiendo los problemas habidos durante la ejecución y previendo futuras soluciones para la mejora de este proceso.

b) **Peldañeado.**

Se analizó la coordinación entre la ejecución del peldañeado y la losa de hormigón y se resolvieron los dilemas entre los equipos de ambas actividades para mejorar futuras obras.

V. Nuevas actividades

a) **Estructura.**

Se estudió el procedimiento para la ejecución del forjado 5 del edificio de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

b) **Instalación Andamio Cremallera**

Se estudió el procedimiento para el montaje del Andamio Cremallera de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

c) **Hoja interior del cerramiento de fachada.**

Se estudió el procedimiento para la ejecución de la hoja interior de la fachada ventilada completamente, incluido antepecho, del edificio de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

d) Aislamiento proyectado

No se estudió esta actividad en esta reunión debido a que la próxima sesión (Pull Session 4) se adelantará una semana para estudiar esta actividad.

e) Cubierta no transitable protección grava.

No se estudió esta actividad en esta reunión debido a que la próxima sesión (Pull Session 4) se adelantará una semana para estudiar esta actividad.

VI. Ruegos y preguntas

David Delgado Alfaro suspendió la reunión a las **21:00 horas**.

Obra del edificio para la futura ETSIE

Pull Session 4 (Fase ejecución)

27 de abril del 2007

I. Llamada al orden

David Delgado Alfaro ha llamado al orden a la Pull Session 3 de **la obra del edificio para la futura Escuela de la Ingeniería de la Edificación en la Universidad Politécnica de Valencia** a las **16:00 horas del 27-04-1007** en el **despacho de reuniones 1 de la sede de la constructora principal situado en Valencia**.

(*) Nota: Se adelanta una semana la reunión para estudiar las actividades de aislamiento proyectado y cubierta no transitable con protección de grava.

II. Pasar lista

David Delgado Alfaro pasó lista. Las siguientes personas estuvieron presentes:

(Nombre) **Jefe de Obra**

(Nombre) **Director de la Obra**

(Nombre) **Director de la Ejecución de la obra**

(Nombre) **Coordinador de Seguridad y Salud**

(Nombre) **Encargado obra**

(Nombre) **Encargado obra**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa estructurista**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa especializada en ejecución de cubiertas**

(Nombre) **Encargado de la empresa especializada en ejecución de cubiertas**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa especializada en ejecución de fachadas ventiladas**

(Nombre) **Encargado de la empresa especializada en ejecución de fachadas ventiladas**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa de carpintería**

(Nombre) **Encargado especialista en soldaduras**

III. Aprobación de las actas de la última Pull Session

David Delgado Alfaro leyó las actas de la Pull Session 3. Las actas se aprobaron una vez leídas.

IV. Comprobación de actividades realizadas

a) Estructura.

Se analizó el proceso realizado, exponiendo los problemas habidos durante la ejecución, estableciendo mejoras en obras futuras en seguridad, ejecución y calidad; y dando esta parte de la ejecución como cerrada.

b) Hoja interior del cerramiento de fachada.

Se analizó el proceso realizado, exponiendo los problemas habidos durante la ejecución y estableciendo mejoras en obras futuras en seguridad, ejecución y calidad.

V. Nuevas actividades**a) Aislamiento proyectado**

Se estudió el procedimiento para la colocación del aislante proyectado sobre la hoja exterior de la fachada del edificio de forma correcta, segura para la salud de los trabajadores y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

b) Cubierta no transitable protección grava.

Se estudió el procedimiento para la ejecución de la cubierta no transitable con protección de grava del edificio de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

c) Cubierta transitable.

Se estudió el procedimiento para la ejecución de la cubierta transitable del edificio de forma correcta, segura y en

coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

d) Hoja exterior del cerramiento de fachada.

Se estudió el procedimiento para la ejecución de la hoja exterior de la fachada ventilada, del edificio de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

e) Carpintería exterior

Se estudió el procedimiento para la ejecución de la carpintería exterior de planta baja y aproximadamente un tercio de la planta primera del edificio de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

f) Movimiento de tierras

Se estudió el procedimiento para el movimiento de tierras necesario para la ejecución del acceso de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

g) Zapatas y pilares metálicos

Se estudió el procedimiento para la ejecución de las zapatas del acceso por parte del equipo estructurista en coordinación con el equipo de montaje de los pilares metálicos ubicados sobre las zapatas, de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

h) Muretes de bloque de hormigón y losa de hormigón armado.

Se estudió el procedimiento para la ejecución de los muretes del acceso en coordinación con el equipo estructurista encargado de ejecutar la losa de hormigón, de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

VI. Ruegos y preguntas

David Delgado Alfaro suspendió la reunión a las **21:00 horas**.

**Obra del edificio para la futura ETSIE
Pull Session 5 (Fase ejecución)**

15 de junio del 2007

I. Llamada al orden

David Delgado Alfaro ha llamado al orden a la Pull Session 5 de la obra del edificio para la futura Escuela de la Ingeniería de la Edificación en la Universidad Politécnica de Valencia a las 16:00 horas del 15-06-1007 en el despacho de reuniones 1 de la sede de la constructora principal situado en Valencia.

II. Pasar lista

David Delgado Alfaro pasó lista. Las siguientes personas estuvieron presentes:

(Nombre) **Jefe de Obra**

(Nombre) **Director de la Obra**

(Nombre) **Director de la Ejecución de la obra**

(Nombre) **Coordinador de Seguridad y Salud**

(Nombre) **Encargado obra**

(Nombre) **Encargado obra**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa estructurista**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa especializada en ejecución de cubiertas**

(Nombre) **Encargado de la empresa especializada en ejecución de cubiertas**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa de carpintería**

(Nombre) **Encargado empresa instalación Grúa**

(Nombre) **Encargado especialista en soldaduras**

III. Aprobación de las actas de la última Pull Session

David Delgado Alfaro leyó las actas de la Pull Session 4. Las actas se aprobaron una vez leídas.

IV. Comprobación de actividades realizadas

a) Aislamiento proyectado.

Se analizó principalmente la exposición de los trabajadores al material proyectado.

b) Cubierta no transitable protección grava.

Se analizó el proceso realizado, exponiendo los problemas habidos durante la ejecución y estableciendo mejoras en obras futuras en seguridad, ejecución y calidad.

c) Cubierta transitable.

Se estudió el estado actual de la cubierta transitable exponiendo los problemas habidos durante la ejecución de

la misma y previendo futuras soluciones para la mejora de este proceso.

d) Hoja exterior del cerramiento de fachada.

Se analizó el proceso realizado, exponiendo los problemas habidos durante la ejecución y estableciendo mejoras en obras futuras en seguridad, ejecución y calidad.

e) Carpintería exterior.

Se estudió el estado actual de las carpinterías exteriores exponiendo los problemas habidos durante la ejecución de las mismas y previendo futuras soluciones para la mejora de este proceso.

f) Acceso al edificio.

Se analizó el proceso realizado, la relación/coordiación entre las distintas empresas intervinientes en la ejecución del acceso, exponiendo los problemas habidos y estableciendo mejoras en obras futuras en seguridad, ejecución y calidad. Así como análisis del estado actual para poder realizar la cubierta sobre los pilares metálicos.

V. Nuevas actividades

a) Cubierta transitable.

Se estudió el procedimiento para la continuación de la ejecución de la cubierta transitable del edificio de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra. Así como en coordinación con el equipo de montaje

de pilares metálicos en la zona de cubierta situada en el acceso.

b) Carpintería exterior

Se estudió el procedimiento para la continuación de la ejecución de la carpintería exterior en planta primera, plana segunda y aproximadamente un tercio de la planta tercera del edificio de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

c) Cubierta no transitable autoprotegida

Se estudió el procedimiento para la ejecución de la cubierta no transitable autoprotegida del edificio de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

d) Cubierta Ajardinada

Se estudió el procedimiento para la ejecución de la cubierta Ajardinada del edificio de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

e) Grúa-torre.

Se estudió el procedimiento para el desmontaje de la grúa-torre de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

f) Pavimento de granito

Se estudió el procedimiento para la ejecución del pavimento corrido de granito del edificio de forma correcta,

segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

VI. Ruegos y preguntas

David Delgado Alfaro suspendió la reunión a las **21:00 horas**.

Obra del edificio para la futura ETSIE Pull Session 6 (Fase ejecución)

27 de julio del 2007

I. Llamada al orden

David Delgado Alfaro ha llamado al orden a la Pull Session 6 de la obra del edificio para la futura Escuela de la Ingeniería de la Edificación en la Universidad Politécnica de Valencia a las **16:00 horas** del **27-07-1007** en el despacho de reuniones **1** de la sede de la constructora principal situado en Valencia.

II. Pasar lista

David Delgado Alfaro pasó lista. Las siguientes personas estuvieron presentes:

(Nombre) **Jefe de Obra**

(Nombre) **Director de la Obra**

(Nombre) **Director de la Ejecución de la obra**

(Nombre) **Coordinador de Seguridad y Salud**

(Nombre) **Encargado obra**

(Nombre) **Encargado obra**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa especializada en ejecución de cubiertas**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa de albañilería seca**

(Nombre) **Encargado de la empresa de albañilería seca**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa de carpintería**

III. Aprobación de las actas de la última Pull Session

David Delgado Alfaro leyó las actas de la Pull Session 5. Las actas se aprobaron una vez leídas.

IV. Comprobación de actividades realizadas

a) Cubierta transitable.

Se analizó el proceso realizado, exponiendo los problemas habidos durante la ejecución y estableciendo mejoras en obras futuras en seguridad, ejecución y calidad.

b) Cubierta no transitable autoprotegida.

Se analizó el proceso realizado, exponiendo los problemas habidos durante la ejecución y estableciendo mejoras en obras futuras en seguridad, ejecución y calidad.

c) Cubierta ajardinada.

Se analizó el proceso realizado, exponiendo los problemas habidos durante la ejecución y estableciendo mejoras en obras futuras en seguridad, ejecución y calidad.

d) Carpintería exterior.

Se estudió el estado actual de las carpinterías exteriores exponiendo los problemas habidos durante la ejecución de

las mismas y previendo futuras soluciones para la mejora de este proceso.

e) Pavimento de granito.

Se analizó el proceso realizado, exponiendo los problemas habidos durante la ejecución y estableciendo mejoras en obras futuras en seguridad, ejecución y calidad.

V. Nuevas actividades

a) Carpintería exterior

Se estudió el procedimiento para la continuación de la ejecución de la carpintería exterior en la planta tercera del edificio de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

b) Particiones secas

Se estudió el procedimiento para la ejecución de las particiones secas del edificio del edificio en planta baja, planta primera y aproximadamente la mitad de la planta segunda, de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra, en particular con el equipo de ejecución del pavimento corrido.

c) Trasdoso de fachada con albañilería seca.

Se estudió el procedimiento para la ejecución del trasdoso de fachada en todo el edificio, salvo aproximadamente la mitad de la última planta, de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la

obra, en particular con el equipo de ejecución del pavimento corrido y el equipo de instalación de la carpintería exterior.

VI. Ruegos y preguntas

David Delgado Alfaro suspendió la reunión a las **21:00 horas**.

Obra del edificio para la futura ETSIE

Pull Session 7 (Fase ejecución)

7 de septiembre del 2007

I. Llamada al orden

David Delgado Alfaro ha llamado al orden a la Pull Session 7 de la obra del edificio para la futura **Escuela de la Ingeniería de la Edificación en la Universidad Politécnica de Valencia** a las **16:00 horas del 7-09-1007** en el **despacho de reuniones 1 de la sede de la constructora principal situado en Valencia**.

II. Pasar lista

David Delgado Alfaro pasó lista. Las siguientes personas estuvieron presentes:

(Nombre) **Jefe de Obra**

(Nombre) **Director de la Obra**

(Nombre) **Director de la Ejecución de la obra**

(Nombre) **Coordinador de Seguridad y Salud**

(Nombre) **Encargado obra**

(Nombre) **Encargado obra**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa de albañilería seca**

(Nombre) **Encargado de la empresa de albañilería seca**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa de carpintería**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa de instalación de la climatización**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa de instalación de la fontanería**

III. Aprobación de las actas de la última Pull Session

David Delgado Alfaro leyó las actas de la Pull Session 6. Las actas se aprobaron una vez leídas.

IV. Comprobación de actividades realizadas

a) Particiones secas.

Se estudió el estado actual de las particiones secas del interior del edificio, exponiendo los problemas habidos durante la ejecución del mismo y previendo futuras soluciones para la mejora de este proceso.

b) Trasdoso de fachada con albañilería seca.

Se estudió el estado actual del trasdoso de fachada, exponiendo los problemas habidos durante la ejecución del mismo y previendo futuras soluciones para la mejora de este proceso.

c) Carpintería exterior.

Se analizó el proceso realizado, exponiendo los problemas habidos durante la ejecución y estableciendo mejoras en obras futuras en seguridad, ejecución y calidad.

V. Nuevas actividades

a) **Trasdosado de fachada con albañilería seca.**

Se estudió el procedimiento para la finalización de la ejecución del trasdosado de albañilería de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

b) **Particiones secas**

Se estudió el procedimiento para la continuación de la ejecución de las particiones secas en la mitad de la planta segunda y la planta tercera del edificio de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

c) **Instalación de la climatización. Fase conducción.**

Se estudió el procedimiento para la instalación de la climatización, en lo que se refiera las conducciones, de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

d) **Instalación de la fontanería. Fase conducción.**

Se estudió el procedimiento para la instalación de la fontanería, en lo que se refiera las conducciones, de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

VI. Ruegos y preguntas

David Delgado Alfaro suspendió la reunión a las **21:00 horas**.

Obra del edificio para la futura ETSIE Pull Session 8 (Fase ejecución)

19 de octubre del 2007

I. Llamada al orden

David Delgado Alfaro ha llamado al orden a la Pull Session 8 de la obra del edificio para la futura Escuela de la Ingeniería de la Edificación en la Universidad Politécnica de Valencia a las 16:00 horas del 19-10-1007 en el despacho de reuniones 1 de la sede de la constructora principal situado en Valencia.

II. Pasar lista

David Delgado Alfaro pasó lista. Las siguientes personas estuvieron presentes:

(Nombre) **Jefe de Obra**

(Nombre) **Director de la Obra**

(Nombre) **Director de la Ejecución de la obra**

(Nombre) **Coordinador de Seguridad y Salud**

(Nombre) **Encargado obra**

(Nombre) **Encargado obra**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa de albañilería seca**

(Nombre) **Encargado de la empresa de albañilería seca**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa de instalación de la climatización**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa de instalación de la fontanería**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa de instalación eléctrica**

III. Aprobación de las actas de la última Pull Session

David Delgado Alfaro leyó las actas de la Pull Session 7. Las actas se aprobaron una vez leídas.

IV. Comprobación de actividades realizadas

a) **Trasdosado de fachada con albañilería seca.**

Se analizó el proceso realizado, exponiendo los problemas habidos durante la ejecución y estableciendo mejoras en obras futuras en seguridad, ejecución y calidad.

b) **Particiones secas.**

Se analizó el proceso realizado, exponiendo los problemas habidos durante la ejecución y estableciendo mejoras en obras futuras en seguridad, ejecución y calidad.

c) **Instalación de la climatización. Fase conducción.**

Se estudió el estado actual de la conducción de la climatización, exponiendo los problemas habidos durante la ejecución del mismo y previendo futuras soluciones para la mejora de este proceso.

d) **Instalación de la fontanería. Fase conducción.**

Se estudió el estado actual de la conducción de la fontanería, exponiendo los problemas habidos durante la ejecución del mismo y previendo futuras soluciones para la mejora de este proceso.

V. Nuevas actividades

a) **Instalación de la climatización. Fase conducción.**

Se estudió el procedimiento para la continuación de la instalación de la climatización, de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

b) Instalación de la fontanería. Fase conducción.

Se estudió el procedimiento para la continuación de la instalación de la fontanería, de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

c) Instalación eléctrica. Fase conducción.

Se estudió el procedimiento para la instalación de las conducciones eléctricas, de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra, en particular con el equipo de fontanería para no solapar ambos trabajos.

d) Particiones secas

Se estudió el procedimiento para la ejecución del segundo panel de las particiones secas del edificio de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra, en particular con los equipos de instalación eléctrica y fontanería, pues hasta no acabar estos, no se podrá cerrar el tabique.

e) Instalaciones. Fase conducción tomas.

Se estudió el procedimiento para la instalación de las tomas de las instalaciones eléctricas y de fontanería, de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas

tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra, en particular con el equipo de particiones secas.

f) Falsos techos.

Se estudió el procedimiento para la ejecución de los falsos techos de planta baja, de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra, en particular con el equipo de particiones secas.

VI. Ruegos y preguntas

David Delgado Alfaro suspendió la reunión a las **21:00 horas**.

**Obra del edificio para la futura ETSIE
Pull Session 9 (Fase ejecución)**

30 de noviembre del 2007

I. Llamada al orden

David Delgado Alfaro ha llamado al orden a la Pull Session 9 de **la obra del edificio para la futura Escuela de la Ingeniería de la Edificación en la Universidad Politécnica de Valencia** a las **16:00 horas del 30-11-1007** en el **despacho de reuniones 1 de la sede de la constructora principal situado en Valencia**.

II. Pasar lista

David Delgado Alfaro pasó lista. Las siguientes personas estuvieron presentes:

(Nombre) **Jefe de Obra**

(Nombre) **Director de la Obra**

(Nombre) **Director de la Ejecución de la obra**

(Nombre) **Coordinador de Seguridad y Salud**

(Nombre) **Encargado obra**

(Nombre) **Encargado obra**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa de albañilería seca**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa de instalación de la climatización**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa de instalación de la fontanería**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa de instalación eléctrica**

III. Aprobación de las actas de la última Pull Session

David Delgado Alfaro leyó las actas de la Pull Session 8. Las actas se aprobaron una vez leídas.

IV. Comprobación de actividades realizadas

a) Instalaciones, fases de conducciones y tomas.

Se analizó el proceso realizado, exponiendo los problemas habidos durante la ejecución y estableciendo mejoras en obras futuras en seguridad, ejecución y calidad.

b) Particiones secas. Segunda placa de yeso.

Se analizó el proceso realizado, exponiendo los problemas habidos durante la ejecución y estableciendo mejoras en obras futuras en seguridad, ejecución y calidad.

c) Falsos techos.

Se estudió el estado actual de los falsos techos, exponiendo los problemas habidos durante la ejecución del mismo y previendo futuras soluciones para la mejora de este proceso.

V. Nuevas actividades

a) **Pavimento de Gres.**

Se estudió el procedimiento para la ejecución del pavimento de gres de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

b) **Falsos techos.**

Se estudió el procedimiento para la continuación de la ejecución de los falsos techos de todo el edificio, de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

VI. Ruegos y preguntas

David Delgado Alfaro suspendió la reunión a las **21:00 horas**.

Obra del edificio para la futura ETSIE Pull Session 10 (Fase ejecución)

11 de enero del 2008

I. Llamada al orden

David Delgado Alfaro ha llamado al orden a la Pull Session 10 de la obra del edificio para la futura Escuela de la Ingeniería de la Edificación en la Universidad Politécnica de Valencia a las **16:00 horas del 11-01-1008** en el **despacho de reuniones 1 de la sede de la constructora principal situado en Valencia.**

II. Pasar lista

David Delgado Alfaro pasó lista. Las siguientes personas estuvieron presentes:

(Nombre) **Jefe de Obra**

(Nombre) **Director de la Obra**

(Nombre) **Director de la Ejecución de la obra**

(Nombre) **Coordinador de Seguridad y Salud**

(Nombre) **Encargado obra**

(Nombre) **Encargado obra**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa de albañilería seca**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa de carpintería**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa de pinturas**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa de instalación de vidrios**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa de instalación de aparatos sanitarios**

(Nombre) **Jefe encargado de la empresa de instalación de la alarma anti intrusión.**

III. Aprobación de las actas de la última Pull Session

David Delgado Alfaro leyó las actas de la Pull Session 9. Las actas se aprobaron una vez leídas.

IV. Comprobación de actividades realizadas

c) **Falsos techos.**

Se analizó el proceso realizado, exponiendo los problemas habidos durante la ejecución y estableciendo mejoras en obras futuras en seguridad, ejecución y calidad.

d) **Pavimento de gres.**

Se estudió el estado actual del pavimento de gres, exponiendo los problemas habidos durante la ejecución del mismo y previendo futuras soluciones para la mejora de este proceso.

V. Nuevas actividades

a) **Pavimento de Gres.**

Se estudió el procedimiento para la terminación de la ejecución del pavimento de gres de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

b) **Mamparas.**

Se estudió el procedimiento para la ejecución de las mamparas de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

c) **Carpintería interior.**

Se estudió el procedimiento para la instalación de la carpintería interior de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

d) Pintura.

Se estudió el procedimiento pintar el edificio de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

e) Vidrios.

Se estudió el procedimiento para la instalación de los vidrios de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

f) Aparatos sanitarios.

Se estudió el procedimiento para la instalación de los aparatos sanitarios de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

g) Alarma anti intrusión

Se estudió el procedimiento para la instalación de la alarma anti intrusión de forma correcta, segura y en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

h) Acabados finales y limpieza

Se estudió el procedimiento para la ejecución de los acabados finales y la limpieza de forma correcta, segura y

en coordinación de todas las personas tanto intervinientes en la actividad como ubicadas en la obra.

VI. Ruegos y preguntas

David Delgado Alfaro suspendió la reunión a las **21:00 horas**.

Obra del edificio para la futura ETSIE Pull Session 11 (Fase después de ejecución)

25 de febrero del 2008

I. Llamada al orden

David Delgado Alfaro ha llamado al orden a la Pull Session 11 de la obra del edificio para la futura Escuela de la Ingeniería de la Edificación en la Universidad Politécnica de Valencia a las **16:00 horas** del **25-02-1008** en el **despacho de reuniones 1 de la sede de la constructora principal situado en Valencia**.

II. Pasar lista

David Delgado Alfaro pasó lista. Las siguientes personas estuvieron presentes:

(Nombre) **Jefe de Obra**

(Nombre) **Director de la Obra**

(Nombre) **Director de la Ejecución de la obra**

(Nombre) **Coordinador de Seguridad y Salud**

(Nombre) **Encargado obra**

(Nombre) **Encargado obra**

III. Aprobación de las actas de la última Pull Session

David Delgado Alfaro leyó las actas de la Pull Session 10. Las actas se aprobaron una vez leídas.

IV. Comprobación de actividades realizadas

a) **Obra del edificio para la futura Escuela de la Ingeniería de la Edificación en la Universidad Politécnica de Valencia.**

Se hizo un análisis completo del proceso constructivo de la obra en materia de calidad, seguridad, orden y limpieza, comprobando los objetivos cumplidos, exponiendo los problemas habidos durante la ejecución y estableciendo mejoras en obras futuras. Cada uno de los asistentes pudo exponer su opinión y se establecieron nuevas bases para conseguir con ello la mejora continua.

V. Nuevas actividades

a) **Nuevos proyectos/obras.**

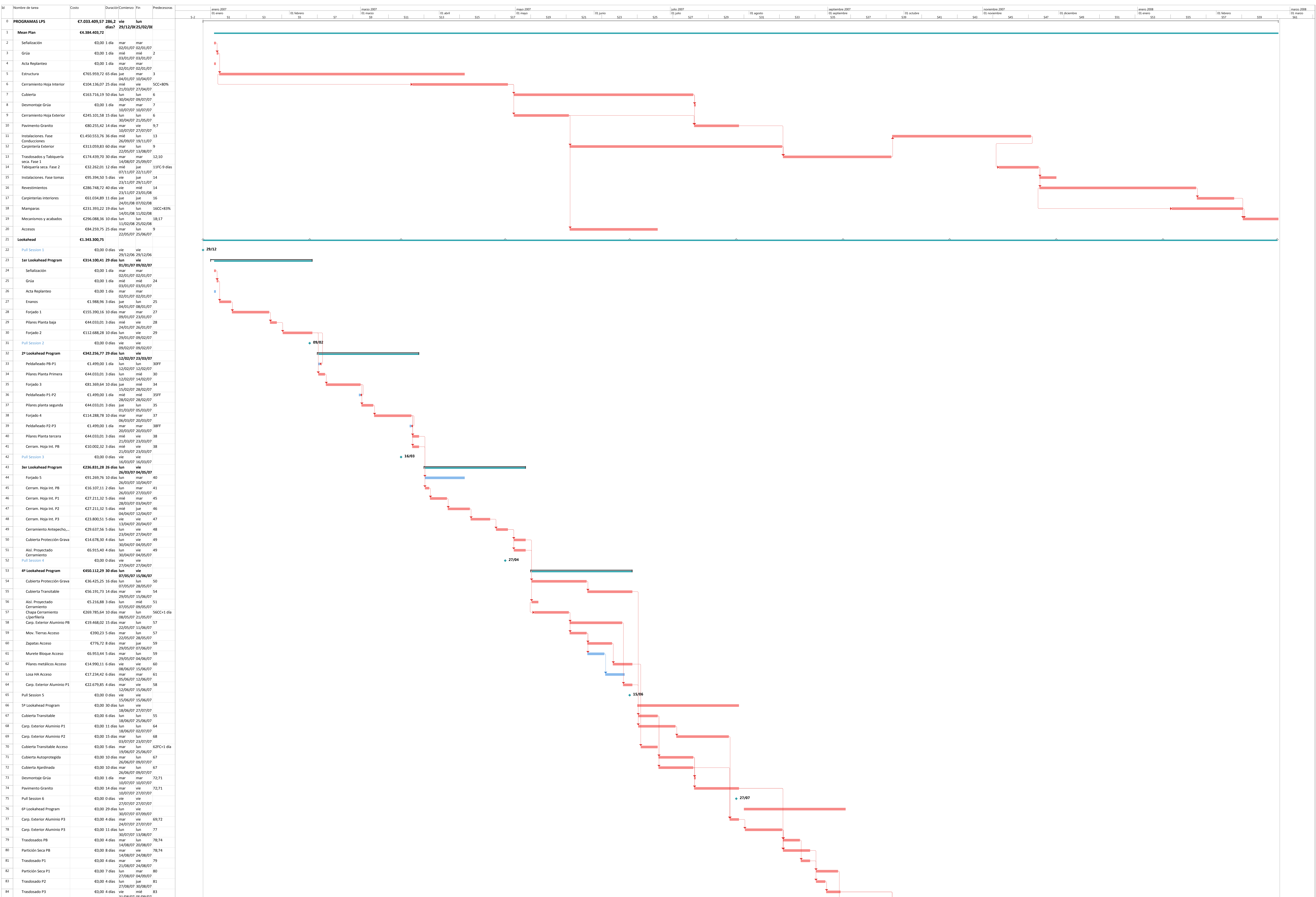
Se estudiaron futuros proyectos y obras.

VI. Ruegos y preguntas

David Delgado Alfaro suspendió la reunión a las **21:00 horas**.

Anexo II

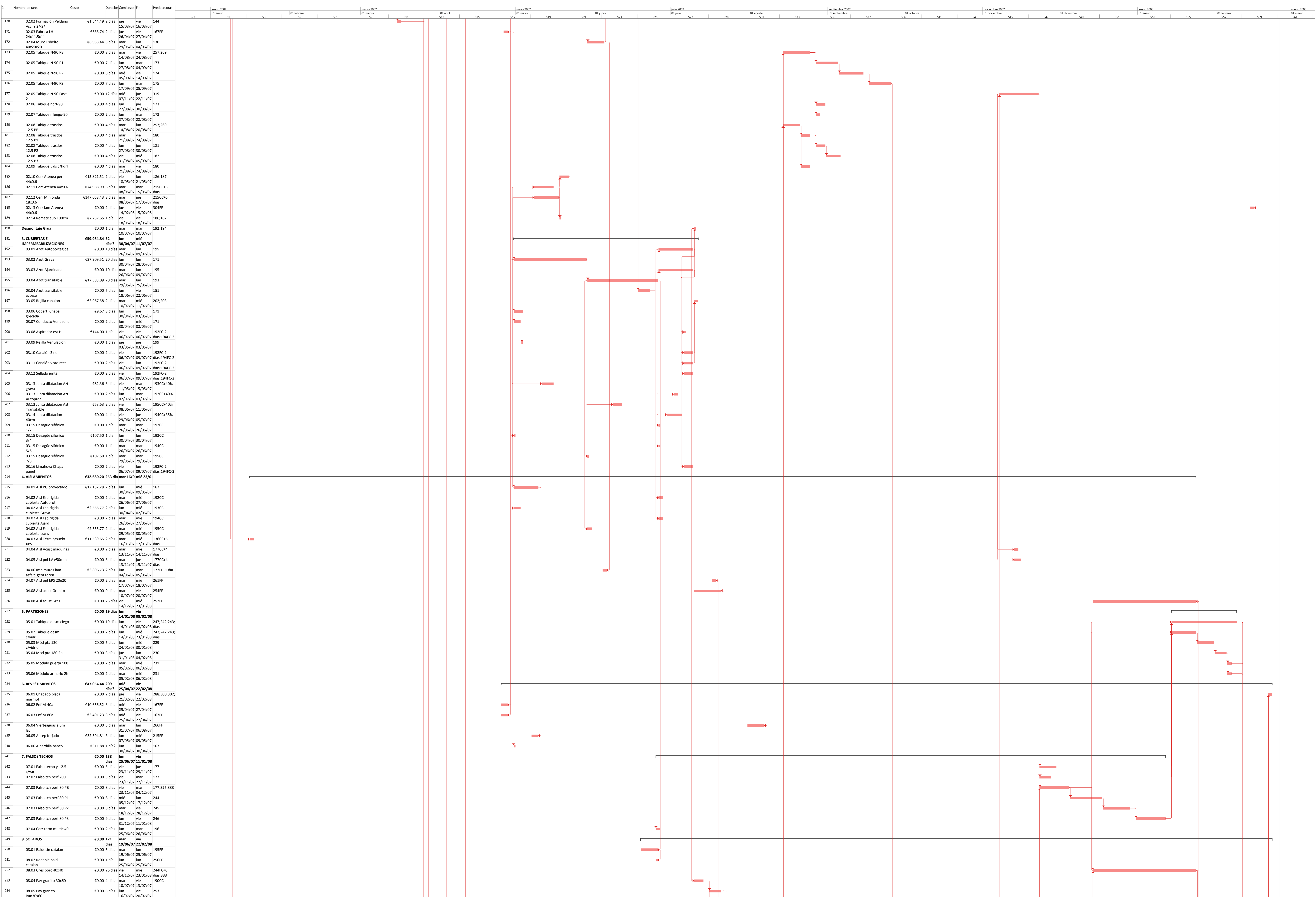
Programación obra



ID	Nombre de tarea	Costo	Duración/Comienzo	Fin	Predecesoras
0	PROGRAMAS LPS	€7.033.409,57	286,2	vie	lun
1	Mean Plan	€4.384.403,72			29/12/07 25/02/08
2	Señalización	€0,00	1 día	mar	mar
3	Grúa	€0,00	1 día	mié	mié
4	Acta Replanteo	€0,00	1 día	mar	mar
5	Estructura	€765.959,72	65 días	jue	mar
6	Cerramiento Hoja Interior	€104.136,07	25 días	mié	vie
7	Cubierta	€163.716,19	50 días	lun	lun
8	Desmontaje Grúa	€0,00	1 día	mar	mar
9	Cerramiento Hoja Exterior	€245.101,58	15 días	lun	lun
10	Pavimento Granito	€80.255,42	14 días	mar	vie
11	Instalaciones. Fase	€1.450.553,76	36 días	mié	lun
12	Condiciones Carpintería Exterior	€313.059,83	60 días	mar	lun
13	Trasdosados y Tabiquería seca. Fase 1	€174.439,70	30 días	mar	mar
14	Tabiquería seca. Fase 2	€32.262,01	12 días	mié	jue
15	Instalaciones. Fase tomas	€95.394,50	5 días	vie	jue
16	Revestimientos	€286.748,72	40 días	vie	mié
17	Carpinterías interiores	€61.034,89	11 días	jue	jue
18	Mamparas	€231.393,22	19 días	lun	lun
19	Mecanismos y acabados	€296.088,36	10 días	lun	lun
20	Accesos	€84.259,75	25 días	mar	lun
21	Lookahead	€1.343.300,75			
22	1º Pull Session	€0,00	0 días	vie	vie
23	1er Lookahead Program	€314.100,41	29	lun	vie
24	Señalización	€0,00	1 día	mar	mar
25	Grúa	€0,00	1 día	mié	mié
26	Acta Replanteo	€0,00	1 día	mar	mar
27	Enanos	€1.988,96	3 días	jue	lun
28	Forjado 1	€155.390,16	10 días	mar	mar
29	Pilares Planta baja	€44.033,01	3 días	mié	vie
30	Forjado 2	€112.688,28	10 días	lun	vie
31	2º Pull Session	€0,00	0 días	vie	vie
32	2º Lookahead Program	€342.256,77	29	lun	vie
33	Peldaño PB-P1	€1.499,00	1 día	lun	lun
34	Pilares Planta Primera	€44.033,01	3 días	lun	mié
35	Forjado 3	€81.369,64	10 días	jue	mié
36	Peldaño P1-P2	€1.499,00	1 día	mié	mié
37	Pilares planta segunda	€44.033,01	3 días	jue	lun
38	Forjado 4	€114.288,78	10 días	mar	mar
39	Peldaño P2-P3	€1.499,00	1 día	mar	mar
40	Pilares Planta tercera	€44.033,01	3 días	mié	vie
41	Cerram. Hoja Int. PB	€10.002,32	3 días	mié	vie
42	3º Pull Session	€0,00	0 días	vie	vie
43	3er Lookahead Program	€236.831,28	26	lun	vie
44	Forjado 5	€91.269,76	10 días	lun	mar
45	Cerram. Hoja Int. PB	€16.107,11	2 días	lun	mar
46	Cerram. Hoja Int. P1	€27.211,32	5 días	mié	mar
47	Cerram. Hoja Int. P2	€27.211,32	5 días	mié	jue
48	Cerram. Hoja Int. P3	€23.800,51	5 días	vie	vie
49	Cerramiento Astepecho	€29.637,56	5 días	lun	vie
50	Cubierta Protección Grava	€14.678,30	4 días	lun	vie
51	Aisl. Proyecto Cerramiento	€6.915,40	4 días	lun	vie
52	4º Pull Session	€0,00	0 días	vie	vie
53	4º Lookahead Program	€450.112,29	30	lun	vie
54	Cubierta Protección Grava	€36.425,25	16 días	lun	lun
55	Cubierta Transitable	€56.191,73	14 días	mar	vie
56	Aisl. Proyecto Cerramiento	€5.216,88	3 días	lun	mié
57	Chapa Cerramiento c/peffieria	€269.785,64	10 días	mar	lun
58	Carp. Exterior Aluminio PB	€19.468,02	15 días	mar	lun
59	Mov. Tierras Acceso	€390,23	5 días	mar	lun
60	Zapatillas Acceso	€776,72	8 días	mar	jue
61	Murete Bloque Acceso	€6.953,44	5 días	mar	lun
62	Pilares metálicos Acceso	€14.990,11	6 días	vie	vie
63	Losa HA Acceso	€17.234,42	6 días	mar	mar
64	Carp. Exterior Aluminio P1	€22.679,85	4 días	mar	vie
65	5º Pull Session	€0,00	0 días	vie	vie
66	5º Lookahead Program	€0,00	30	lun	vie
67	Cubierta Transitable	€0,00	6 días	lun	lun
68	Carp. Exterior Aluminio P1	€0,00	11 días	lun	lun
69	Carp. Exterior Aluminio P2	€0,00	15 días	mar	lun
70	Cubierta Transitable Acceso	€0,00	5 días	mar	lun
71	Cubierta Autoprotégida	€0,00	10 días	mar	lun
72	Cubierta Agradada	€0,00	10 días	mar	lun
73	Desmontaje Grúa	€0,00	1 día	mar	mar
74	Pavimento Granito	€0,00	14 días	mar	vie
75	6º Pull Session	€0,00	0 días	vie	vie
76	6º Lookahead Program	€0,00	29	lun	vie
77	Carp. Exterior Aluminio P3	€0,00	4 días	mar	vie
78	Carp. Exterior Aluminio P3	€0,00	11 días	lun	lun
79	Trasdosados PB	€0,00	4 días	mar	lun
80	Partición Seca PB	€0,00	8 días	mar	vie
81	Trasdosado P1	€0,00	4 días	mar	vie
82	Partición Seca P1	€0,00	7 días	lun	mar
83	Trasdosado P2	€0,00	4 días	lun	jue
84	Trasdosado P3	€0,00	4 días	vie	mié



ID	Nombre de tarea	Costo	Duración/Comienzo	Fin	Predecesoras
85	Pull Session 7	€0,00	0 días	vie 07/09/07	07/09/07
86	7ª Lookahead Program	€0,00	28 días	lun 10/09/07	07/09/07
87	Partición Seca P2	€0,00	3 días	mié 05/09/07	10/09/07
88	Partición Seca P2	€0,00	5 días	lun 05/09/07	10/09/07
89	Partición Seca P3	€0,00	7 días	lun 10/09/07	05/09/07
90	Inst. Climat. Fase Conduc	€0,00	16 días	mié 26/09/07	10/09/07
91	Inst. Climat. Fase Conduc	€0,00	20 días	lun 22/10/07	10/09/07
92	Inst. Font. Fase Conduc	€0,00	16 días	mié 26/09/07	10/09/07
93	Pull Session 8	€0,00	0 días	vie 19/10/07	19/10/07
94	8ª Lookahead Program	€0,00	29 días	lun 22/10/07	19/10/07
95	Inst. Font. Fase Conduc	€0,00	4 días	lun 22/10/07	19/10/07
96	Inst. Elect. Fase Conduc	€0,00	11 días	lun 22/10/07	19/10/07
97	Partición seca Fase 2	€0,00	12 días	mié 07/11/07	22/10/07
98	Instalaciones. Fase tomas	€0,00	5 días	vie 23/11/07	07/11/07
99	Falso Techo P8	€0,00	6 días	vie 23/11/07	17/11/07
100	Pull Session 9	€0,00	0 días	vie 30/11/07	30/11/07
101	9ª Lookahead Program	€0,00	27 días	lun 03/12/07	30/11/07
102	Falso Techo P8	€0,00	2 días	lun 03/12/07	03/12/07
103	Falso Techo P1	€0,00	8 días	mié 05/12/07	03/12/07
104	Falso Techo P2	€0,00	8 días	mar 18/12/07	05/12/07
105	Falso Techo P3	€0,00	9 días	lun 31/12/07	18/12/07
106	Gres P8	€0,00	6 días	vie 14/12/07	31/12/07
107	Gres P1	€0,00	7 días	lun 24/12/07	14/12/07
108	Gres P2	€0,00	6 días	vie 04/01/08	24/12/07
109	Pull Session 10	€0,00	0 días	vie 11/01/08	11/01/08
110	10ª Lookahead Program	€0,00	29 días	lun 14/01/08	11/01/08
111	Gres P3	€0,00	7 días	lun 14/01/08	14/01/08
112	Mamparas P8	€0,00	5 días	lun 14/01/08	14/01/08
113	Mamparas P1	€0,00	4 días	lun 21/01/08	14/01/08
114	Mamparas P2	€0,00	5 días	lun 28/01/08	21/01/08
115	Mamparas P3	€0,00	5 días	lun 04/02/08	28/01/08
116	Carpintería interior	€0,00	11 días	jue 24/01/08	04/02/08
117	Pintura	€0,00	8 días	lun 11/02/08	24/01/08
118	Vidrios	€0,00	5 días	lun 11/02/08	11/02/08
119	Aparatos Sanitarios	€0,00	6 días	lun 11/02/08	11/02/08
120	Alarma Antintrusión	€0,00	1 día	jue 21/02/08	11/02/08
121	Varios y limpieza	€0,00	2 días	jue 21/02/08	21/02/08
122	Pull Session 10	€0,00	0 días	lun 25/02/08	21/02/08
123	Weekly Plan	€1.305.705,10			
124	Previo	€0,00	2 días	mar 02/01/07	02/01/07
128	1. ESTRUCTURA	€775.384,09	111 días	jue 04/01/07	04/01/07
129	01.01 Excav duros	€100,69	3 días	mar 22/05/07	22/05/07
130	01.02 Excav zanja	€108,45	2 días	vie 25/05/07	25/05/07
131	01.03 Transporte tierra Retro	€294,14	5 días	mar 22/05/07	22/05/07
132	01.04 HM 10 prep limp	€1.710,76	4 días	mar 05/06/07	05/06/07
133	01.05 HA 35 Losa 30cm	€7.603,33	2 días	mar 05/06/07	05/06/07
134	01.06 HA prep rtr 8500 S	€1.630,33	1 día	mar 05/06/07	05/06/07
135	01.07 Zapata 80x80x40	€663,67	8 días	mar 29/05/07	29/05/07
136	01.08 Forjado Reticular (Forjado 1)	€135.486,20	13 días	mar 09/01/07	09/01/07
137	01.08 Forjado Reticular (Forjado 2)	€135.486,20	13 días	lun 29/01/07	29/01/07
138	01.08 Forjado Reticular (Forjado 3)	€135.486,20	13 días	jue 15/02/07	15/02/07
139	01.08 Forjado Reticular (Forjado 4)	€135.486,20	13 días	mar 06/03/07	06/03/07
140	01.08 Forjado Reticular (Forjado 5)	€135.486,20	10 días	mar 26/03/07	26/03/07
141	01.09 HA-35 prep arm Foto Ascensor	€1.513,92	3 días	jue 04/01/07	04/01/07
142	01.09 HA-35 prep arm Escalera Ppal, asc y PB-1ª	€2.448,99	5 días	mié 31/01/07	31/01/07
143	01.09 HA-35 prep arm Alcorque. Escalera ppal y asc 1ª-2ª	€2.493,52	5 días	lun 19/02/07	19/02/07
144	01.09 HA-35 prep arm Alcorque. Escalera ppal y asc 2ª-3ª	€2.448,99	5 días	jue 08/03/07	08/03/07
145	01.10 HA 35 arm TM20 Foto Ascensor	€1.009,37	2 días	jue 04/01/07	04/01/07
146	01.10 HA 35 arm TM20 Alcorque	€1.009,37	2 días	vie 16/02/07	16/02/07
147	01.11 Forjado Unid	€4.981,56	4 días	mié 11/04/07	11/04/07
148	01.12 Losa HA-35 Malla	€9.676,94	6 días	mar 05/06/07	05/06/07
149	01.13 Placa Anclaje 90x80x1,8	€128,52	2 días	mié 06/06/07	06/06/07
150	01.14 Placa Anclaje 20x20x1,2	€101,52	2 días	mié 06/06/07	06/06/07
151	01.15 Acero est espe Lamin	€35.411,22	6 días	vie 08/06/07	08/06/07
152	01.16 Cargadero 2 IPN P8	€2.363,52	2 días	vie 23/03/07	23/03/07
153	01.16 Cargadero 2 IPN P1	€2.363,52	2 días	vie 30/03/07	30/03/07
154	01.16 Cargadero 2 IPN P2	€2.363,52	2 días	mar 10/04/07	10/04/07
155	01.16 Cargadero 2 IPN P3	€2.363,52	2 días	mié 18/04/07	18/04/07
156	01.17 Trames Colocado (Fase1)	€1.869,02	2 días	lun 05/02/07	05/02/07
157	01.17 Trames Colocado (Fase2)	€1.869,02	2 días	jue 22/02/07	22/02/07
158	01.17 Trames Colocado (Fase3)	€1.869,02	2 días	mar 13/03/07	13/03/07
159	01.18 Plancha Neopreno	€3.495,20	2 días	mié 10/01/07	10/01/07
160	01.19 Correa chapa perfilada	€2.562,26	2 días	mar 12/06/07	12/06/07
161	01.20 Esparrago anclaje	€3.499,20	1 día	mié 06/06/07	06/06/07
162	2. CERRAMIENTOS	€331.423,60	255 días	mié 07/02/07	07/02/07
163	02.01 Fábrica LP 24x11.5x9 PB y 50x PB	€14.834,07	5 días	mié 21/03/07	21/03/07
164	02.01 Fábrica LP 24x11.5x9 P1 c/patinillos	€14.834,07	5 días	mié 28/03/07	28/03/07
165	02.01 Fábrica LP 24x11.5x9 P2 c/patinillos	€14.834,07	5 días	mié 04/04/07	04/04/07
166	02.01 Fábrica LP 24x11.5x9 P3 c/patinillos	€14.834,07	5 días	vie 13/04/07	13/04/07
167	02.01 Fábrica LP 24x11.5x9 Antepecho, Banco, lucernarios	€14.834,07	5 días	lun 23/04/07	23/04/07
168	02.02 Formación Peldaño Asc. YPB-1ª	€1.499,00	2 días	mié 07/02/07	07/02/07
169	02.02 Formación Peldaño Asc. Y 1ª-2ª	€1.499,00	2 días	lun 26/02/07	26/02/07



Proyecto:	Tarea:	Hito	Resumen del proyecto	Hito inactivo	Tarea manual	Informe de resumen manual	solo el comienzo	Tareas externas	Fecha limite	División critica	Progreso manual
PROGRAMAS LPS	División	Resumen	Tarea inactiva	Resumen inactivo	solo duracion	Resumen manual	solo fin	Hito externo	Tareas criticas	Progreso	Progreso manual

