



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos

Gestión de la información generada en Last Planner®
System durante la construcción de 36 viviendas en
Rocafort (Valencia).

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Espinosa Mora, William David

Tutor/a: Jiménez Ayala, Jaime

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE
CAMINOS, CANALES Y
PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

Gestión de la información generada en el Last Planner® System durante la construcción de 36 viviendas en Rocafort - Valencia

Presentado por

Espinosa Mora, William David

Para la obtención del

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

Curso: 2022/2023

Fecha: septiembre 2023

Tutor: Jiménez Ayala, Jaime



Dedicatoria

A mis padres, Rosa María y William Ricardo, quienes me han enseñado que los logros se consiguen con esfuerzo, compromiso, disciplina y honestidad. A ellos que son mi ejemplo y mi guía. Con su dedicación y amor me han inculcado el valor del conocimiento y el estudio, sin su constante apoyo y enseñanzas, nada de esto hubiera sido posible. Esta dedicatoria es un testimonio de mi profunda gratitud hacia ellos.

Agradecimientos

A todo el equipo de trabajo en la empresa donde tuve el privilegio de realizar mis prácticas, por brindarme la oportunidad y la confianza para seleccionar la obra como caso de estudio, su apoyo fue fundamental para mi crecimiento y éxito en este proyecto. A mi tutor, cuya guía y asesoramiento fueron invaluable en cada etapa de este camino. Mi más profundo agradecimiento y aprecio a todas aquellas personas que formaron parte de este proceso, a aquellos amigos que me acompañaron en largas jornadas de estudio, a familiares y amigos quienes me brindaron motivación y aliento a lo largo de este tiempo, cada palabra de ánimo fue el motor que me impulsó día tras día





RESUMEN

El presente Trabajo de Fin de Máster (TFM) aborda la gestión de la información en la construcción, especialmente a través de enfoques de la metodología Lean Construction, con un énfasis en el Last Planner ® System, teniendo en cuenta que se aplica a la producción en proyectos de construcción y busca establecer flujos de trabajo predecibles entre diversos agentes, garantizando resultados confiables.

Este sistema se centra en aumentar la confiabilidad de la planificación a lo largo de sus diversas etapas, mediante un flujo constante de información. Por consiguiente, la información generada a partir de la implementación de este sistema en proyectos del sector construcción, adquiere una importancia relevante. Por ello gestionar esta información de manera adecuada se vuelve esencial para prevenir pérdidas de valor y facilita la toma de decisiones durante la ejecución de estos, además de promover un aprendizaje continuo para futuros proyectos.

En consecuencia, con este TFM se busca comprender el proceso de gestión de la información derivada de la aplicación del Last Planner ® System, utilizando como caso de estudio la construcción de un edificio de 36 viviendas multifamiliares en la Comunidad Valenciana. La implementación del sistema en este contexto permitió gestionar datos e información a lo largo del proceso constructivo mediante un flujo de trabajo estructurado. Este enfoque de gestión desarrollado en el marco de este trabajo sienta las bases para futuros proyectos en la empresa.

Palabras claves: Last Planner System; Gestión de la Información; Implementación Last Planner System; Construcción; Edificación





ABSTRACT

The Master's Thesis (TFM) on this document addresses information management in construction, especially through Lean Construction methodology approaches, with an emphasis on the Last Planner® System, considering that it is applied to production in construction projects and seeks to establish predictable workflows among various agents, ensuring reliable results.

This system focuses on increasing the reliability of planning throughout its various stages, through a constant flow of information. Therefore, the information generated from the implementation of this system in projects of the construction sector, acquires a relevant importance. Thus, managing this information in an adequate manner becomes essential to prevent value losses and facilitates decision making during the execution of these projects, as well as promoting continuous learning for future projects.

Consequently, this TFM seeks to understand the information management process derived from the application of the Last Planner ® System, using as a case study the construction of a building of 36 multifamily dwellings in the Valencian Community. The implementation of the system in this context made it possible to manage data and information throughout the construction process by means of a structured workflow. This management approach developed in the framework of this work lays the foundation for future projects in the company.

Palabras claves: Last Planner System; Management information; Implementation Last Planner System; Construction; Building





RESUM

El present Treball de Fi de Màster (TFM) aborda la gestió de la informació en la construcció, especialment a través d'enfocaments de la metodologia Lean Construction, amb un èmfasi en el Last Planner ® System, tenint en compte que s'aplica a la producció en projectes de construcció i cerca establir fluxos de treball predictibles entre diversos agents, garantint resultats de confiança.

Aquest sistema es centra en augmentar la confiabilitat de la planificació al llarg de les seues diverses etapes, mitjançant un flux constant d'informació. Per consegüent, la informació generada a partir de la implementació d'aquest sistema en projectes del sector construcció, adquireix una importància rellevant. Per això gestionar aquesta informació de manera adequada es torna essencial per a previndre pèrdues de valor i facilita la presa de decisions durant l'execució d'aquests, a més de promoure un aprenentatge continu per a futurs projectes.

En conseqüència, amb aquest TFM es busca comprendre el procés de gestió de la informació derivada de l'aplicació del Last Planner ® System, utilitzant com a cas d'estudi la construcció d'un edifici de 36 habitatges multifamiliars a la Comunitat Valenciana. La implementació del sistema en aquest context va permetre gestionar dades i informació al llarg del procés constructiu mitjançant un flux de treball estructurat. Aquest enfocament de gestió desenvolupat en el marc d'aquest treball estableix les bases per a futurs projectes en l'empresa.





RESUMEN EJECUTIVO

TÍTULO DE TFM: GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN GENERADA EN EL LAST PLANNER® SYSTEM DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE 36 VIVIENDAS EN ROCAFORT - VALENCIA

AUTOR: WILLIAM DAVID ESPINOSA MORA

RESUMEN EJECUTIVO

1. Planteamiento del problema	El LPS ofrece una solución eficaz para mejorar la colaboración y eficiencia en proyectos de construcción, contrarrestando la falta de comunicación y gestión adecuada de información, un problema común en el sector. A pesar de su efectividad comprobada en casos de estudio y su fácil implementación, se enfrentan desafíos en la normalización de la gestión de información y compromisos, análisis de datos organizado y mejora continua. Para abordar esta cuestión, se examina la gestión de información en un caso de estudio implementando el LPS en un proyecto de edificación, utilizando el flujo de trabajo de Fontana (2020) como base. Buscando mejorar la implementación del LPS y abrir nuevas líneas de investigación en este campo.
2. Objetivos	Objetivo General Gestionar la información generada en un edificio de 36 viviendas en construcción con implementación Last Planner® System. Objetivos específicos <ul style="list-style-type: none">➤ Analizar el marco teórico.➤ Estudiar los procesos de gestión de información tradicional y del Last Planner® System en el sector de la construcción.➤ Determinar la información generada en cada etapa del flujo de trabajo de Last Planner® System.➤ Aplicar la gestión de la información y flujo de trabajo del Last Planner® System en la construcción de un edificio de 36 viviendas como caso de estudio.➤ Analizar los resultados obtenidos luego de implementar la gestión de la información Last Planner® System en el caso de estudio.
3. Estructura organizativa	Introducción Antecedentes: En este capítulo se explora el cambio significativo en la ingeniería y gestión de la construcción durante la década de 1990, que condujo a la aparición del concepto Lean Construction (LC). Planteamiento del problema: En este capítulo se destaca el Last Planner System (LPS) como una solución efectiva para mejorar la colaboración, eficiencia y comunicación en proyectos de construcción, aunque se identifica la falta de comunicación e información adecuada como un problema común en el sector. Se enfatiza la necesidad de abordar más profundamente la gestión de la información del LPS, ya que su implementación exitosa ha demostrado ser efectiva para identificar causas de desviaciones y mejorar a través de acciones correctivas.



	<p>Marco teórico: En este capítulo, se abordan los fundamentos esenciales para una comprensión integral del LPS. Se analiza el contexto del LC, se profundiza en el concepto de pérdidas y se proporciona una definición detallada de los elementos que conforman el LPS. Además, se realiza un breve repaso del estado actual del conocimiento sobre el LPS, basado en investigaciones previas.</p> <p>Metodología de trabajo: Se establece un enfoque secuencial mediante la definición de una serie de etapas. En primer lugar, se examina el proceso de gestión de la información en el contexto tradicional. Posteriormente, se analiza el proceso de gestión en el marco del LPS. Durante este análisis, se estudian minuciosamente los flujos de información de entrada y salida del sistema. Finalmente, se aplica esta comprensión a un caso de estudio específico para ilustrar la aplicación práctica de la metodología y de la gestión de la información.</p> <p>Caso de estudio: Se presenta una descripción detallada de cada etapa a lo largo del proceso constructivo del proyecto, comenzando desde la fase inicial de la estructura, continuando con la etapa inicial de los acabados y por último abarcando la implementación del LPS. Posterior, se analizan en detalle los resultados obtenidos después de la implementación del LPS. Esta sección proporciona una visión integral de la aplicación del sistema en el contexto real del proyecto y sus efectos en cada fase del mismo.</p> <p>Conclusiones: En esta sección, se presentan las conclusiones derivadas del TFM realizado, las cuales se alinean de manera coherente con los objetivos que se abordaron en el desarrollo de este trabajo. Las conclusiones reflejan de manera precisa los principales hallazgos y las contribuciones del TFM.</p> <p>Referencias: Se lista todas aquellas bases teóricas citadas en el documento.</p>
4. Método	<p>El estudio de la gestión de la información del LPS en el caso de estudio se llevó a cabo siguiendo un método compuesto por las siguientes fases:</p> <ul style="list-style-type: none">➤ Fase de Estructura e Inicial de Instalaciones y Acabados: En esta etapa, se examinó detalladamente la gestión de toda la información generada mediante la metodología tradicional.➤ Fase de Implementación: Se procedió a analizar la gestión de la información generada durante la implementación del LPS, evaluando en detalle cada uno de los indicadores del sistema.
5. Cumplimiento de objetivos	<p>Se han alcanzado exitosamente tanto el objetivo general como los objetivos específicos propuestos, estableciendo una base sólida en la gestión de la información en la implementación del LPS para proyectos de edificación. Este logro se sustenta en el análisis detallado de cada etapa del TFM y en un método riguroso de recopilación de datos durante la implementación del LPS. Este enfoque destaca las ventajas claves de la gestión de información para los diversos agentes involucrados en el proceso.</p>



6. Contribuciones	<p>Este TFM aporta significativamente al conocimiento de la gestión de información en la implementación del LPS en proyectos del sector de la construcción, centrándose especialmente en el ámbito de la edificación con implementaciones tempranas del LPS.</p> <p>Estas contribuciones servirán como referencia valiosa para futuros proyectos, facilitando la implementación exitosa del LPS y mejorando la gestión de la información en el camino hacia implementaciones más maduras y efectivas.</p>
7. Recomendaciones	<p>A partir de las etapas desarrolladas en este TFM, se destaca la importancia de llevar a cabo implementaciones más exhaustivas que abarquen un conjunto más amplio de información, lo que permitiría obtener datos aún más relevantes.</p> <p>Se sugiere considerar implementaciones que utilicen la estructura de trabajo más completa propuesta por Fontana (2020) e integren otras metodologías Lean y BIM, con el fin de lograr resultados más óptimos y una información más precisa en futuros proyectos.</p>
8. Limitaciones	<p>Durante el desarrollo de este TFM, se identificaron algunas limitaciones significativas. Estas limitaciones incluyen la cantidad limitada de indicadores analizados, la estructura de trabajo básica utilizada en la implementación y análisis, así como el enfoque en una parte específica del proyecto.</p> <p>Para futuros trabajos, se sugiere abordar proyectos a mayor profundidad y considerar la inclusión de un conjunto más amplio de datos e información, especialmente en el contexto de proyectos de construcción en España.</p>



Índice de contenidos

1	Introducción	14
1.1	Antecedentes	14
1.2	Planteamiento del problema.....	14
1.3	Alcance	15
1.4	Objetivo	15
1.5	Objetivos específicos	15
2	Marco teórico	16
2.1	Lean Construction (LC).....	16
2.2	Concepto de desperdicio o pérdidas	19
2.3	Last Planner® System (LPS).....	21
2.3.1	Primer nivel - Plan maestro (master schedule) y plan de fases (phases schedule)	22
2.3.2	Segundo nivel - Planificación intermedia (Lookahead planning)	23
2.3.3	Tercer nivel - Planificación semanal de trabajo (Weekly work plan)	25
2.4	Estado del Arte de la gestión de la información del LPS.....	26
3	Gestión de la información en proyectos de construcción	31
3.1	Gestión tradicional	31
3.1.1	Gestión temporal.....	31
3.1.2	Proceso de gestión temporal	31
3.1.3	Seguimiento y control temporal	35
3.2	Gestión del LPS	36
3.2.1	Primer nivel – Compromiso a través de planificación colaborativa.....	36
3.2.2	Segundo nivel – Planificación basada en restricciones	38
3.2.3	Tercer nivel – Gestión de promesas	39
3.3	Análisis de la información generada en LPS	41
3.3.1	Información de entrada y salida del sistema.....	42
3.3.2	Indicadores del sistema.....	44
3.3.3	Captación de información y herramientas de gestión.....	45
4	Caso de estudio	47
4.1	Descripción general del proyecto	47
4.2	Información inicial	50
4.2.1	Fase de estructura	50
4.2.2	Fase inicial de acabados e instalaciones	64
4.3	Implementación LPS.....	83
4.3.1	Implementación plan maestro – sesión pull	83
4.3.2	Implementación planificación intermedia	94
4.3.3	Implementación planificación semanal	96
4.4	Gestión de la información generada	99
4.4.1	Gestión de la información planificación maestra	100
4.4.2	Gestión de la información planificación intermedia.....	106
4.4.3	Gestión de la información planificación semanal.....	109

4.5	Indicadores de gestión.....	116
4.5.1	Porcentaje requerido completado (RPC) y variación de actividades respecto al plan maestro.....	116
4.5.2	Variación de los hitos	122
4.5.3	Confiabilidad del plan	122
4.5.4	Porcentaje de restricciones eliminadas (PCR).....	125
4.5.5	Porcentaje de plan completo (PPC).....	127
4.5.6	Índice de productividad del proyecto (PPI).....	130
4.5.7	Factor de productividad (FP).....	130
4.5.8	Causas de no cumplimiento (CNC).....	133
5	Conclusiones.....	136
6	Referencias	137



Índice de tablas

Tabla 2-1. Generalidades investigaciones estado del arte LPS	27
Tabla 2-2. Compatibilidad artículos con TFM.....	30
Tabla 3-1. Criterios de calidad para liberar actividades LPS	39
Tabla 3-2. Causas de no cumplimiento	40
Tabla 3-3. Simbología utilizada en el flujo de trabajo	41
Tabla 4-1. Información base planificación inicial.....	48
Tabla 4-2. Definición de actividades fase de estructura	52
Tabla 4-3. Recursos estimados ejecución de estructura.....	52
Tabla 4-4. Cronograma de estructura, planificación de obra	53
Tabla 4-5. Comparativo línea base de tiempo y estado real de la obra estructura	61
Tabla 4-6. Comparativo porcentaje acumulado planificado y real estructura.....	62
Tabla 4-7. Porcentaje de variación de planificación respecto a real estructura	63
Tabla 4-8. Definición de actividades fase de acabados e instalaciones inicial	66
Tabla 4-9. Asignación de las actividades a los oficios (recursos).....	72
Tabla 4-10. Cronograma de acabados e instalaciones, planificación de obra.....	74
Tabla 4-11. Comparativo línea base de tiempo y estado real de la obra acabados e instalaciones iniciales	77
Tabla 4-12. Comparativo porcentaje acumulado planificado y real acabados e instalaciones iniciales	81
Tabla 4-13. Porcentaje de variación de planificación respecto a real acabados e instalaciones iniciales	82
Tabla 4-14. Causas de no cumplimiento generales aplicadas a la obra	97
Tabla 4-15. Listado de restricciones sesión pull	106
Tabla 4-16. Resultados de gestión semana 8	111
Tabla 4-17. Cantidad de CNC semana 8.....	111
Tabla 4-18. Fragmento evaluación semanal de subcontratistas	112
Tabla 4-19. Fragmento evolución global de indicadores de obra	113
Tabla 4-20. Fragmento evolución global de CNC de obra	113
Tabla 4-21. Fragmento evolución global del PPC por subcontratistas	114
Tabla 4-22. Fragmento evolución global del FP por subcontratistas.....	114
Tabla 4-23. Fragmento evolución global del FP por subcontratistas.....	115
Tabla 4-24. Datos de porcentaje acumulado ejecutado semanal y variación de actividades respecto al plan maestro	117
Tabla 4-25. Variación de los hitos de obra	122
Tabla 4-26. Porcentaje de plan completo semanal por subcontratista	129
Tabla 4-27. Factor de productividad semanal por subcontratista.....	131

Índice de figuras

Figura 1. Paradigma actual de la colaboración y cooperación.....	19
Figura 2. Relación causa - efecto entre las diferentes categorías de pérdidas.	20
Figura 3. Ciclo de planificación Last Planner System	22
Figura 4. Fragmento del ciclo de planificación del LPS Nivel 1.	23
Figura 5. Fragmento del ciclo de planificación del LPS Nivel 2.	24
Figura 6. Fragmento del ciclo de planificación del LPS Nivel 3.	25
Figura 7. Artículos encontrados por año.....	28
Figura 8. Forma de obtención de datos	28
Figura 9. Artículos por categoría	29
Figura 10. Artículos por tipo de obra.....	29
Figura 11. Artículos por fase del proyecto.....	30
Figura 12. Proceso de gestión temporal	33
Figura 13. Flujo de información proceso de gestión temporal.....	34
Figura 14. Flujo de información proceso de seguimiento y control temporal	35
Figura 15. Ciclo del compromiso.....	37
Figura 16. Proceso de gestión de la planificación intermedia.....	38
Figura 17. Flujo de trabajo con simbología estándar LPS	42
Figura 18. Flujo de información en LPS.....	43
Figura 19. Principales indicadores del LPS por nivel de planificación	45
Figura 20. Primeras herramientas de soporte LPS.....	46
Figura 21. Localización proyecto respecto a Valencia ciudad.....	47
Figura 22. Disposición general del proyecto	48
Figura 23. Diagrama de Gantt planificación de obra	49
Figura 24. Etapas de análisis de la obra	50
Figura 25. Distribución de zonas de la obra para ejecución de estructura	51
Figura 26. Fotografía etapa de estructura con distribución de zonas	51
Figura 27. Orden lógico general actividades de estructura	52
Figura 28. Cronograma de estructura en diagrama Gantt	56
Figura 29. Flujo de información implementado en fase de estructura	57
Figura 30. Ejemplo del seguimiento gráfico de ejecución de estructura	58
Figura 31. Fragmento cuadro de control de desperdicios de hormigón	59
Figura 32. Fragmento cuadro de control pedidos de acero de refuerzo	60
Figura 33. Porcentaje acumulado completado de la estructura.....	63
Figura 34. Fotografía etapa inicial de acabados con distribución de bloques.....	65
Figura 35. Imagen de plataformas de elevación y descarga en obra.....	65
Figura 36. Secuencia lógica de actividades en viviendas bloque A, B y C	68
Figura 37. Secuencia lógica de actividades en zonas comunes bloque A, B y C	69
Figura 38. Secuencia lógica de actividades en cubiertas bloque A, B y C	69
Figura 39. Secuencia lógica de actividades en medianeras bloque A y C	69
Figura 40. Secuencia lógica de actividades en fachadas interiores A, B y C.....	70
Figura 41. Secuencia lógica de actividades en fachadas exteriores bloque A, B y C	70
Figura 42. Secuencia lógica de actividades en urbanización y piscina.....	71
Figura 43. Secuencia lógica de actividades en sótano	71
Figura 44. Ejemplo del seguimiento gráfico de ejecución de acabados.....	76
Figura 45. Etapa de acabados.....	80
Figura 46. Porcentaje acumulado completado fase acabados e instalaciones iniciales	82
Figura 47. Flujo de trabajo etapa de compromiso – Planificación de la obra	83
Figura 48. Convención de oficios para flujo de producción	84
Figura 49. Tren de producción de viviendas.....	85
Figura 50. Tren de producción de zonas comunes.....	85
Figura 51. Tren de producción de cubiertas.....	86
Figura 52. Trenes de producción de fachadas.....	86
Figura 53. Tren de producción de sótano.....	87



Figura 54. Tren de producción de urbanización.....	87
Figura 55. Preparación y adecuación de sala pull o Big room.....	88
Figura 56. Formato de tarjetas para sesión pull	89
Figura 57. Charla de introducción director general filosofía Lean	90
Figura 58. Objetivos de la sesión pull.....	90
Figura 59. Distribución logística de la obra.....	91
Figura 60. Explicación panel pull por el jefe de obra	91
Figura 61. Ejemplo de metodología LPS con participantes en sesión pull.....	92
Figura 62. Fotografía participación de todos los responsables de subcontratistas	93
Figura 63. Fragmento de la planificación general o plan maestro	94
Figura 64. Flujo de trabajo etapa de flujo	95
Figura 65. Panel de planificación intermedia tres semanas vistas y tablero de restricciones	95
Figura 66. Flujo de trabajo etapa de promesas.....	96
Figura 67. Ejemplo de paneles de planificación semanal	96
Figura 68. Reunión semanal de obra.....	97
Figura 69. Estado del plan maestro luego de realizar reuniones semanales	98
Figura 70. Indicadores de gestión utilizados en el proyecto	99
Figura 71. Fragmento de planificación maestra en Microsoft Project	101
Figura 72. Fragmento de la digitalización del tablero pull en Microsoft Excel.....	102
Figura 73. Porcentaje completado esperado obra general.....	103
Figura 74. Porcentaje completado esperado tren de producción de viviendas.....	103
Figura 75. Porcentaje completado esperado tren de producción de zonas comunes.....	104
Figura 76. Porcentaje completado esperado tren de producción de fachadas interior y exterior.....	104
Figura 77. Compromiso de flujo de personal por subcontratista a lo largo de la obra	105
Figura 78. Fragmento de listado de restricciones planificación intermedia.....	108
Figura 79. Fragmento de digitalización y gestión de planificación semanal	110
Figura 80. Comparación entre RPC y porcentaje acumulado ejecutado semanal del proyecto en general.....	118
Figura 81. Comparación entre RPC y porcentaje acumulado ejecutado semanal de viviendas Bloque A	118
Figura 82. Comparación entre RPC y porcentaje acumulado ejecutado semanal de viviendas Bloque B	119
Figura 83. Comparación entre RPC y porcentaje acumulado ejecutado semanal de viviendas Bloque C	119
Figura 84. Comparación entre RPC y porcentaje acumulado ejecutado semanal de zonas comunes. 120	120
Figura 85. Comparación entre RPC y porcentaje acumulado ejecutado semanal de fachada interior 120	120
Figura 86. Comparación entre RPC y porcentaje acumulado ejecutado semanal de fachada exterior 121	121
Figura 87. Replanificación inicial plan maestro mes de febrero 2023.....	123
Figura 88. Segunda replanificación plan maestro mes de mayo 2023	124
Figura 89. Porcentaje de restricciones no removidas a priorizar	125
Figura 90. Porcentaje de restricciones removidas semanal.....	126
Figura 91. Porcentaje de plan completo semanal del proyecto	128
Figura 92. Índice de productividad del proyecto semanal	132
Figura 93. Cantidad por tipo de causas de no cumplimiento	133
Figura 94. Porcentaje del total de cada causa de no cumplimiento.....	134
Figura 95. Cantidad de causas de no cumplimiento semanal.....	135

1 Introducción

1.1 Antecedentes

En la década de 1990, se produjo un cambio significativo en la ingeniería y gestión de la construcción, con una reevaluación de procesos e interacciones organizacionales. En consecuencia, surge el concepto de Lean Construction (LC) como parte fundamental para mejorar la productividad, calidad y valor agregado en la construcción, beneficiando a clientes y usuarios de la infraestructura. En ese periodo, las prácticas de gestión de calidad cobraron relevancia, considerando la construcción como un proceso de fabricación. Koskela presentó la teoría de Transformación-Flujo-Valor (TFV) como una nueva filosofía de producción, desafiando el statu quo y abogando por una reconceptualización de la producción en este campo (Tzortzopoulos et al., 2020).

El Grupo Internacional de Lean Construction (IGLC) ha sido un motor para importantes desarrollos y nuevos conocimientos en el sector de la construcción. Gracias a sus contribuciones, se han implementado procesos de gestión eficientes que aseguran resultados positivos para las empresas de este sector, el cual desempeña un papel crucial en la economía de cualquier país (Cerveró, 2010). Hasta la fecha, el control de proyectos ha estado fundamentado en la visión de conversión o transformación de estos (Ballard, 2000). Es importante considerar esta perspectiva y buscar enfoques innovadores que permitan mejorar la gestión y el rendimiento de los proyectos en el ámbito de la construcción, reconociendo que la planificación y control se lleva a cabo realizado por diferentes agentes, en diferentes lugares dentro de la organización y en diferentes momentos (Tzortzopoulos et al., 2020). En este contexto, surge el Last Planner System® (LPS) como una herramienta de gestión que busca aumentar la productividad de los proyectos de construcción (Pellicer, 2021).

1.2 Planteamiento del problema

El LPS se presenta como una alternativa eficaz para mejorar la colaboración, la eficiencia y la comunicación en la planificación y ejecución de proyectos de construcción. Sin embargo, la falta de comunicación e información adecuada entre los agentes involucrados en el proceso productivo ha sido identificada como un problema común en el sector, una gran parte de profesionales del sector piensan que existe una falta de comunicación de la información durante la gestión de los proyectos (Cerveró, 2010). Esta carencia puede resultar en la toma tardía de acciones correctivas y pérdida de oportunidades de aprendizaje al finalizar los proyectos. A pesar de la relevancia del tema, aún no se ha profundizado lo suficiente en la gestión de la información del LPS.

En proyectos donde se ha implementado de forma exitosa es posible determinar de una manera más acertada las causas a profundidad de las desviaciones y mejorar mediante acciones correctivas (Lagos, 2017). Aunque las investigaciones más comunes se han basado en casos de estudio, debido a la efectividad y facilidad del enfoque cualitativo, se ha evidenciado que el LPS es un sistema efectivo para la gestión de proyectos de construcción, destacando su "fácil implementación". También se han realizado publicaciones sobre aspectos teóricos, herramientas de soporte, integración con otras metodologías e implementación en diseño (Hoyos & Botero, 2018). No obstante, algunas investigaciones señalan que ciertos aspectos importantes del LPS todavía enfrentan desafíos en cuanto a la implementación, como la normalización de la gestión de compromisos e información, el análisis organizado de datos y la mejora continua (Lagos, 2017). En este sentido también se ha discutido "la escasa difusión y aplicación del Lean Construction (LC) en España" (Alarcón & Pellicer, 2009).

Para abordar este tema de manera más profunda, se analiza la gestión de la información en un caso de estudio donde se implementa el LPS. Se examina el flujo de trabajo propuesto por Fontana (2020), que sirve como base para definir procesos que gestionen la información de manera eficiente y eviten pérdidas en el proceso. El objetivo es lograr una mejora continua en la implementación del LPS y la gestión de la información en futuros proyectos, así como abrir nuevas líneas de investigación para profundizar en este tema.



1.3 Alcance

Este TFM se enfoca en la gestión de la información generada durante la implementación del sistema Last Planner® System (LPS) en un edificio en construcción, teniendo en cuenta que la implementación del LPS se da cuando el proyecto se encontraba alrededor del 50% de ejecución. Debido a la magnitud del proyecto y el procesamiento de la información, no se examinan todos los escenarios ni la información al 100%, sino que se gestiona la información en tres etapas: estructura, acabados e implementación del LPS.

En esta última fase, se analiza exclusivamente la información generada en los flujos de producción de viviendas, zonas comunes y fachadas. Las actuaciones en sótanos, urbanización, piscina, así como la gestión de ensayos de calidad, inspección previa a la producción (PPI) y la gestión documental final quedan excluidas de este análisis. Está enfocado en examinar la gestión de la información en un contexto específico del proyecto y cómo esta información influye en la toma oportuna de decisiones.

1.4 Objetivo

Gestionar la información generada en un edificio de 36 viviendas en construcción con implementación Last Planner ® System.

1.5 Objetivos específicos

- Analizar el marco teórico.
- Estudiar los procesos de gestión de información tradicional y del Last Planner® System en el sector de la construcción.
- Determinar la información generada en cada etapa del flujo de trabajo de Last Planner® System.
- Aplicar la gestión de la información y flujo de trabajo del Last Planner ® System en la construcción de un edificio de 36 viviendas como caso de estudio.
- Analizar los resultados obtenidos luego de implementar la gestión de la información Last Planner® System en el caso de estudio.



2 Marco teórico

2.1 Lean Construction (LC)

Es importante establecer el origen, los fundamentos teórico – prácticos y cómo ha evolucionado el Lean Construction (LC), teniendo en cuenta que es el punto de partida y fundamento principal del Last Planner® System (LPS), objeto de estudio en el presente trabajo. Es así como el fundamento de la filosofía del LC se encuentra principalmente en el sistema conocido como Lean Production (LP), estructurado a partir del Sistema de Producción de Toyota (TPS).

El TPS es el resultado de un proceso no planificado de innovaciones y mejoras, que agrupa en cuatro áreas un conjunto de prácticas y técnicas basadas en producción justo a tiempo (just-in-time), gestión completa de la calidad, mantenimiento efectivo y gestión del recurso humano. Con base en lo anterior es posible identificar los fundamentos teóricos y filosóficos del LP en el TPS (Koskela, 2020).

El origen del TPS se remonta al análisis de los sistemas de producción occidentales, identificando dos grandes problemas logísticos (Holweg, 2007):

1. La producción en grandes cantidades generaba un porcentaje alto de inventario, lo cual requería de capital y un espacio de almacenamiento que generaba altos costes y gran cantidad de defectos.
2. Falta de adaptación de los diferentes productos a los requerimientos de los clientes.

En consecuencia, el enfoque principal del TPS se basa en reducir los costes, mediante la eliminación de desperdicios. Por otra parte, describe los dos pilares fundamentales del sistema; la automatización y el montaje justo a tiempo (just-in-time). TPS encuentra que la mejor manera de trabajar es teniendo todas las piezas para el montaje al lado de la línea “justo a tiempo”, por lo tanto, para que este sistema funcione es necesario producir y recibir componentes y piezas en lotes más pequeños (Holweg, 2007).

Liker (2004) en su libro “*The Toyota Way*” propone los 14 principios del modelo desarrollado por Toyota (Cerveró, 2010), siendo estos la base fundamental de la filosofía LP:

1. Prevalecen las decisiones basadas en una visión a largo plazo, aunque afecte el corto plazo de las empresas.
2. Garantizar el flujo continuo en todos los procesos productivos.
3. Utilizar sistemas Pull para evitar producir en exceso.
4. Nivelar la carga de trabajo con la capacidad.
5. Crear una cultura de resolución de problemas.
6. Estandarizar, fundamento de la mejora continua y autonomía del trabajador.
7. Gestión de la información visual, todos tienen acceso y no se oculta la información.
8. Motivar a líderes que comprendan perfectamente el trabajo, vivan la filosofía y la enseñen a otros.
9. Utilizar tecnología fiable y probada.
10. Gestionar personas y equipos excepcionales que sigan la filosofía de su empresa.
11. Respetar a todos los socios y proveedores, desafiándoles y ayudándoles a mejorar.
12. Ir a verlo por uno mismo para comprender a fondo la situación.
13. Tomar decisiones en conjunto, considerando conscientemente todas las opciones e implementándolas rápidamente.
14. Convertirse en una organización que aprende mediante el aprendizaje constante y la mejora continua.

De acuerdo con lo anterior LP basa sus esfuerzos en la gestión de la producción, siendo los principales objetivos; la mejora continua y la reducción de costes a través de la eliminación constante de residuos, utilizando el sistema de “línea de montaje”. Esta gestión de la producción se basa en el concepto de transformación (transformación de insumos en productos), esto compone la tarea productiva total y de

esta forma, lo que busca LP es descomponer sucesivamente la tarea productiva total en actividades más pequeñas, que permitan la fácil gestión y asignación a operarios o empresas en la cadena de suministro (Koskela, 2020).

Esta forma de producción de Toyota adaptada por LP altera la lógica convencional de la producción en grandes lotes, TPS no solo identificó problemas en la producción tradicional occidental, si no también tuvo la capacidad de aprender de las experiencias de otras industrias, lo que fundamentó el conjunto de prácticas y técnicas de su sistema. Por lo tanto, el sistema de Toyota “no ha sido ni puramente original, ni totalmente imitativo” (Holweg, 2007), con base en esta premisa LC tiende a seguir analógicamente la misma filosofía utilizada por Toyota, aprendiendo, adaptando y aplicando prácticas y técnicas del LP en la industria de la construcción. Este sistema de gestión de producción sin pérdidas desafía la estructura de los sistemas convencionales de producción (Alarcón & Pellicer, 2009).

Como se ha mencionado anteriormente LP surge a partir de la fabricación de automóviles, por lo que la filosofía tiende hacia la “fabricación en masa”, en condiciones estables de fábrica, garantizando la poca variabilidad, mientras que el sector de la construcción se caracteriza por tener ciertas condiciones particulares (Koskela, 2020):

- Los productos son únicos y artesanales.
- La producción se realiza directamente en obra (en sitio)
- La organización y logística es temporal.

Es común encontrar en la construcción un sistema de producción fundamentado en proyectos, estos con una gran incertidumbre en la planificación y una mala concepción de la producción (Porrás et al., 2014). Es entonces que surge Lean Construction (LC), como una “solución de problemas locales en la gestión de la producción”, ejecutando y adaptando prácticas hasta llegar a ser un sistema mucho más integral, abarcando diferentes áreas organizacionales. Entonces LC se podría definir como; la adaptación de un “modelo de producción contextual”, desarrollado con el fin de solucionar problemas específicos del sector de la construcción, aplicando diversos principios, métodos y herramientas del Lean Production (Koskela, 2020). De este modo la filosofía LC surge como una “nueva forma de entender la gestión de proyectos” (Cerveró, 2010), que pretenden ver el proceso de producción en el sector de la construcción, como un proceso de “transformación, de flujo y generador de valor” (Porrás et al., 2014).

En consecuencia, es necesario definir los principios básicos del LP, que estructuran la base filosófica y práctica del LC. En un principio se tiene el “Flujo de producción”, el cual estudia la línea de tiempo y lo que les sucede a los objetos de producción a través de esta y su relación con los agentes de la producción (Koskela, 2020). Por otra parte, está la “Generación de valor” al producto final, en donde el LP concentra principalmente sus esfuerzos, para lograr esto se requiere:

- Minimizar las posibles pérdidas o desperdicios (Cerveró, 2010).
- Aumentando la productividad, enfocándola en la gestión de la calidad, reducción del coste y aumento de la producción (Cerveró, 2010).
- A través de la colaboración, mejora continua y el aprendizaje práctico (Koskela, 2020).

Se encuentra que uno de los principales problemas del LP es el desperdicio o pérdida, debido a que “no generar ningún tipo de valor” (Koskela, 2020). Analógicamente, estos problemas se evidencian en el sistema de producción tradicional de la construcción. A diferencia del método de producción tradicional, el LC busca crear sistemas de producción eficientes, optimizando el proceso, eliminando todo aquello que no genera valor y mejorando los flujos de trabajo (Porrás et al., 2014). Por lo que se proponen los principios básicos del LC (Koskela, 1992):

- Disminución de la pérdida (*capítulo 2.2*)
- Disminución de la variabilidad
- Conocimiento de las fases en el tiempo
- Estandarización de los pasos
- Aumento de la flexibilidad
- Acceso abierto a la información
- Concentración en el proceso completo
- Aprendizaje a través de la mejora continua

Entendiendo que el LC aplica conceptos básicos del LP, se define la estructura de funcionamiento del sector de la construcción y se encuentran dos pilares fundamentales en todo el proceso productivo del sector, por un lado, está la cooperación, siendo esencial para conseguir los objetivos planteados en cada proyecto, teniendo en cuenta que el sector de la construcción es un proceso de interrelaciones multidisciplinar, de comunicación y un flujo constante de información (Cerveró, 2010). Si bien el espíritu cooperativo ha ido en aumento y trabajando para lograr intereses comunes, aún existen “intereses antagonistas” de agentes que intervienen en el proceso productivo, buscando el interés individual, evitando una colaboración efectiva entre todas las partes implicadas en el proceso, por lo que la colaboración es el segundo pilar fundamental para el sector (Cerveró, 2010). Por lo tanto, la filosofía planteada por LC utiliza como base principal la cooperación y colaboración entre las partes implicadas.

Según la investigación de Cerveró (2010) muchos problemas surgen a partir de la falta de colaboración, asimismo la falta de objetivos comunes incrementa la falta de cooperación, generando pensamientos individualistas, con lo cual no se consigue el objetivo final de coste, tiempo y calidad de los proyectos.

La investigación muestra, que la colaboración en los proyectos de construcción no funciona eficientemente, lo que promueve durante el proyecto la falta de información, planificaciones inadecuadas y descoordinadas, la cooperación entre las partes implicadas es prácticamente inexistente a causa del individualismo y el sistema contractual no fomenta las relaciones cooperativas. Entonces colaborar y cooperar es trabajar en conjunto, en pro de intereses y objetivos comunes y así “la cooperación, genera una motivación encaminada al logro de beneficios mutuos que la colaboración no consigue”. Por consiguiente, se encuentra que los tres problemas fundamentales del método de gestión tradicional y que busca el LC con su metodología y filosofía atacar son (Cerveró, 2010):

- La falta de información
- La falta de planificación
- Falta de coordinación entre los agentes intervinientes en el proceso.

Sin lugar a dudas la obra física siempre será el producto final del sector de la construcción, por lo que importante resaltar que el objetivo de toda gestión en el sector, será la entrega del producto con el “coste, plazo y alcance requerido”, sin embargo, como ya se ha mencionado los pensamientos individualistas de cada agente que interviene y la búsqueda del bien particular, tienden a buscar objetivos diferentes respecto a cada uno de los aspectos fundamentales de cada proyecto para conseguir el éxito, como lo son; precio final, plazo y calidad final (Cerveró, 2010).

Cerveró (2010) plantea un paradigma actual de cómo funcionan los intereses de cada agente que interviene en el proceso productivo mostrado en la *Figura 1*, donde cada flecha representa si se aleja o se acerca a cada concepto.

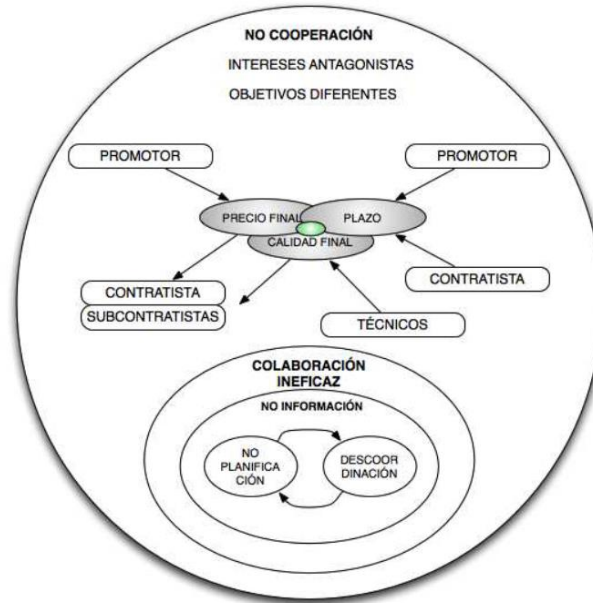


Figura 1. Paradigma actual de la colaboración y cooperación
Elaborado por (Cerveró, 2010)

En otras palabras el papel fundamental del LC como ya se ha mencionado, está relacionado a la eliminación de los desperdicios, por lo que el LC trabaja constantemente en la generación de valor, basándose en la colaboración y cooperación, por ello autores han definido el LC como “Construcción Sin Pérdidas” (Alarcón & Pellicer, 2009), varias investigaciones han definido los principales tipos de desperdicios o pérdidas, las cuales también serán caso de estudio del presente trabajo y se encuentran profundizadas en el *capítulo 2.2*.

2.2 Concepto de desperdicio o pérdidas

El desperdicio o pérdidas como ya se ha mencionado anteriormente se presentan como uno de los conceptos claves en el desarrollo del Lean Construction (LC), por lo cual es importante la comprensión de este concepto en el LC dado que su análisis y medición, generalmente permite encontrar áreas potencialmente mejorables y establecer principales causas de ineficiencia en el proceso (Torres et al., 2020), en consecuencia la generación de valor está relacionada con la eliminación del desperdicio (Cerveró, 2010), asimismo investigaciones han encontrado que los desperdicios están relacionados con las actividades que no generan valor, actividades que consumen tiempo, recursos y espacio (, entonces el objetivo principal es encontrar aquellos desperdicios que tienen un impacto significativo en el desempeño de todo el sistema de producción (Torres et al., 2020), de esta forma el LC establece las causas de problemas que afectan la eficiencia de la construcción y por ello focaliza sus esfuerzos en “la reducción de pérdidas a lo largo del flujo productivo” (Alarcón & Pellicer, 2009).

Teniendo en cuenta lo anterior Ohno (1988) propone siete desperdicios o pérdidas fundamentales (Torres et al., 2020) los cuales surgen del TPS y son aplicables al LC:

1. Sobreproducción
2. Retrabajos o trabajos no necesarios
3. Tiempo de espera o demoras
4. Transporte innecesario
5. Exceso de procesado
6. Inventario excesivo
7. Movimiento no útil
8. Defectos

Por lo tanto, las pérdidas en el sector de la construcción son posible definir las como una sucesión compleja de eventos, difíciles de entender completamente (Torres et al., 2020), es por esto que autores como Koskela, Bolviken y Rooke (2013) han definido dos tipos pérdidas “Core Waste” y “Lead Waste”; Un “Core Waste” es un “fenómeno” que puede ser desperdicio o pérdidas en sí mismo y también ser causante de otros tipos de desperdicios o pérdidas, entonces sí se elimina un “Core Waste” se pueden eliminar las pérdidas resultantes de este (Torres et al., 2020). Por otra parte, un “Lead Waste” es en sí un “Core Waste” que afecta negativamente el sistema de producción generando un impacto importante en este (Torres et al., 2020).

Basado en la relación causa–efecto entre las diferentes categorías de pérdidas mostrada en la **Figura 2** planteada por (Torres et al., 2020), en su investigación Torres (2020) propone cinco categorías de “Lead Waste” para proyectos de construcción.

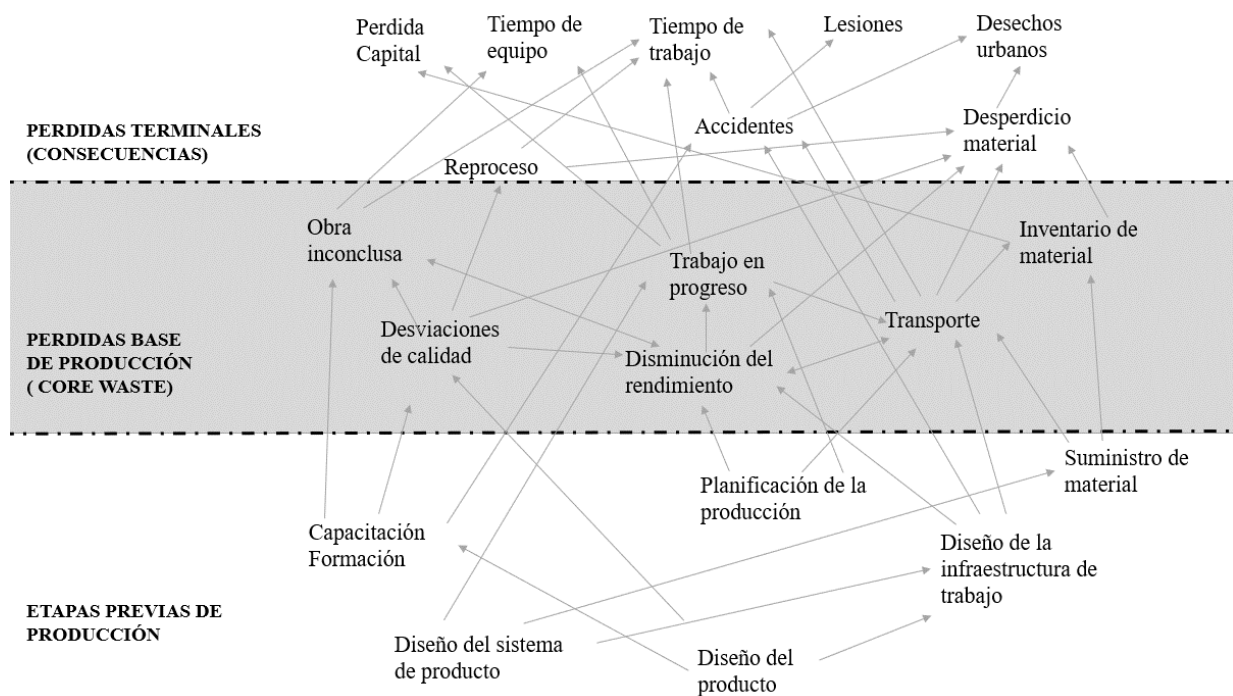


Figura 2. Relación causa - efecto entre las diferentes categorías de pérdidas.
Elaborada por (Torres et al., 2020)

Con base en lo anterior se muestra un breve resumen de cada “Lead Waste” aplicado a proyectos de construcción y la base conceptual de cada uno (Torres et al., 2020):

- Disminución del rendimiento (“Making – do”): Es la disminución de la productividad cuando se inicia o se finaliza alguna actividad, aun si no hay disponibilidad de los insumos necesarios.
- Trabajo en proceso (“Work in progress” WIP): Esta definido como aquellos inventarios de productos o actividades no terminadas, los cuales generan prácticamente los mismos impactos que cualquier tipo de inventario; no se identifican los problemas de calidad y produce actividades que no generan valor.
- Obra inconclusa: Esta definida por todas aquellas pequeñas actividades de acabado que no se ejecutan cuando el personal abandona el lugar de trabajo y no permiten completar las actividades del todo, esto se da por una falta de control detallada al finalizar cada proceso.
- Transporte: Son todos aquellos movimientos y/o manejo de materiales, herramienta, equipos o mano de obra, que generan algún tipo de coste y no agregan valor. Alarcón (1997) ha señalado que en la construcción el transporte consume en un alto porcentaje tiempo de trabajo, por ello pueden existir diferentes pérdidas a lo largo de toda la operación de transporte, encontrando no solo transportes innecesarios, sino también problemas logísticos, que afectan a todo el proceso

productivo.

- Desviaciones de calidad: Es un concepto que no puede evaluarse numéricamente y está completamente relacionado al producto, las desviaciones de calidad son un tipo importante de desperdicio caracterizados por una alta variabilidad, una identificación ineficiente de las desviaciones y poco conocimiento de los requerimientos del cliente.

Teniendo en cuenta todo lo anterior la eliminación de desperdicios o pérdidas juegan un papel fundamental en la búsqueda de la mejora continua, por lo que las empresas han optado por el Lean Construction (LC) en búsqueda de áreas de mejoras potenciales e identificación de “las principales causas de ineficiencia” (Torres et al., 2020).

2.3 Last Planner® System (LPS)

Como es evidente el sector de la construcción ha presentado problemas endémicos durante muchos años (Koskela, 2020). Ballard (2000) de forma inductiva y a partir de una serie de experimentos industriales (Koskela & Howell, 2002), propone el Last Planner ® System (LPS), encontrando que la manera más óptima de aumentar la eficiencia en el sector, es mejorando todo el proceso de planificación y control; por esta razón estos dos conceptos son la base de la filosofía LC. Por una parte, la planificación establece los criterios y genera estrategias para conseguir los objetivos del proyecto, mientras que, el control garantiza que cada actividad se desarrolle con la secuencia lógica establecida (Porrás et al., 2014). Entonces, LPS es una metodología basada en la filosofía LC que “complementa” los métodos tradicionales de planificación y control, introduciendo LC en la fase de ejecución, específicamente en proyectos de construcción (Alarcón & Pellicer, 2009).

LPS es una de las principales metodologías y una de las áreas de investigación más desarrolladas del LC (Ballard, 2020), en consecuencia, como se ha mencionado en el *capítulo 2.1*, LPS es un sistema utilizado en el sector de la construcción en un contexto de colaboración, cooperación y compromiso (Ballard, 2020), que permite aumentar valor y minimizar las pérdidas en el proceso productivo de los proyectos.

A continuación, se presentan las bases diferenciales con la planificación y control tradicional, los conceptos básicos y generalidades, adicional el detalle de todas las etapas que componen el sistema.

A simple vista LPS se desvía de las teorías tradicionales de gestión (teoría de planificación, ejecución y control) (Koskela & Howell, 2002), ya que identifica variaciones y a partir de ellas realizar ajustes a la planificación (Ballard, 2000), por el contrario, la gestión tradicional se ha encargado de identificar las variaciones temporales y económicas del proyecto, sin encargarse directamente de la “gestión de la producción” (Ballard, 2000). Por lo tanto, LPS se fundamenta en una “cadena jerárquica de planificadores”, donde el último planificador actúa directamente en la gestión de la producción (Koskela & Howell, 2002).

Busca incrementar la fiabilidad de la planificación (Andrade & Arrieta, 2010), utilizando herramientas de planificación y control efectivas, que mejoran el control de la incertidumbre propia de los proyectos de construcción y de esta forma garantizar la confiabilidad de los planes (Alarcón & Pellicer, 2009).

De este modo LPS se ocupa de gestionar interdependencias a través de planificación y control en cascada (Pellicer, 2021), identificando tres niveles de gestión (Plan maestro y Plan de fases, Planificación intermedia y Planificación Semanal de Trabajo), referenciados en la *Figura 3*, los cuales se desarrollan en los siguientes capítulos. En otros términos, Last Planner (Último Planificador) indica la cadena jerárquica de planificadores, en donde el Último Planificador interviene en la fase en que se ejecutan las asignaciones (Hoyos & Botero, 2018).

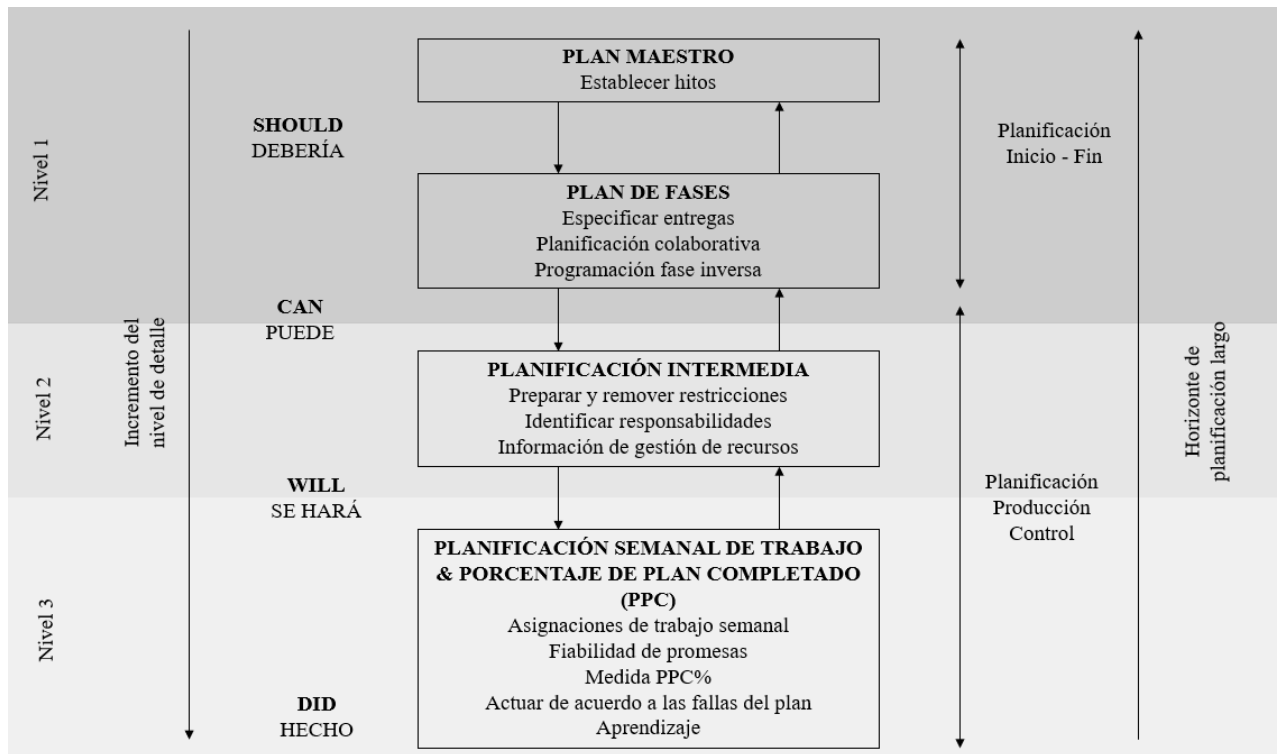


Figura 3. Ciclo de planificación Last Planner System
Traducido y adaptado del (Lean Construction Institute, 2007)

2.3.1 Primer nivel - Plan maestro (master schedule) y plan de fases (phases schedule)

En este primer nivel de gestión referenciado en la **Figura 4**, se agrupa el plan maestro y el plan de fases, estos dos planes generan una visión global del proyecto, obteniendo como resultado una planificación general (Cerveró, 2010). Por una parte, el plan maestro se da durante la planificación inicial, este plan introduce todo el proyecto en un calendario las diferentes etapas de este, desglosadas de acuerdo con la función, área o producto. En consecuencia, comprende actividades en un horizonte largo de planificación reflejando hitos importantes (Lean Construction Institute, 2007), en este nivel se establece inicio y fin del proyecto, por lo que se considera el punto de partida.

A partir del proyecto objetivo (plan maestro), se realiza el plan de fases, donde se ingresa información y se realiza la estructura de trabajo (Ballard, 2000). Es en este Plan donde se realiza una integración y coordinación entre los diferentes agentes especializados que intervienen en la producción. Por lo tanto, para definir el cronograma de cada fase del plan maestro, de una manera colaborativa y en equipo, se recomienda usar técnicas pull de planificación (Lean Construction Institute, 2007). Este sistema pull garantiza que todos los requisitos previos para iniciar una actividad estén disponibles y preparándose activamente (Koskela & Howell, 2002), adicional, este sistema permite introducir información en los procesos de producción solo si el proceso es capaz de hacer la actividad (Ballard, 2000), en la **Figura 4** se referencia el ciclo de planificación de este primer nivel. Una de las técnicas pull más utilizadas es la planificación pull o sesión pull (Ballard, 2000), donde se establece un compromiso general (Think Productivity, 2021), la cual se profundiza en el **capítulo 3.2**.

La planificación pull involucra a representantes de todas las organizaciones que participan en cada fase, y de manera colaborativa cada uno planifica las actividades que va a ejecutar, permitiendo que todos los agentes que intervienen entiendan y colaboraren para generar el Plan de Fases, en donde las actividades programadas se integran en el proceso de planificación (Lean Construction Institute, 2007), en consecuencia, se deja de gestionar actividades y se gestiona unidades productivas (equipos y/o personas) (Cerveró, 2010). Por otra parte, en esta planificación se realiza la estimación de carga y capacidad de las unidades productivas (UP), donde la carga es la cantidad esperada de trabajo realizado

por la UP en un determinado periodo de tiempo, mientras que, la capacidad es la cantidad de trabajo que puede realizar la UP en un determinado periodo de tiempo (Lean Construction Institute, 2007). Por consiguiente, es fundamental para la productividad hacer coincidir la carga con la capacidad (Ballard, 2000), variando la carga de tal forma que coincida con la capacidad, bajando o aumentando el flujo de trabajo (Cerveró, 2010).

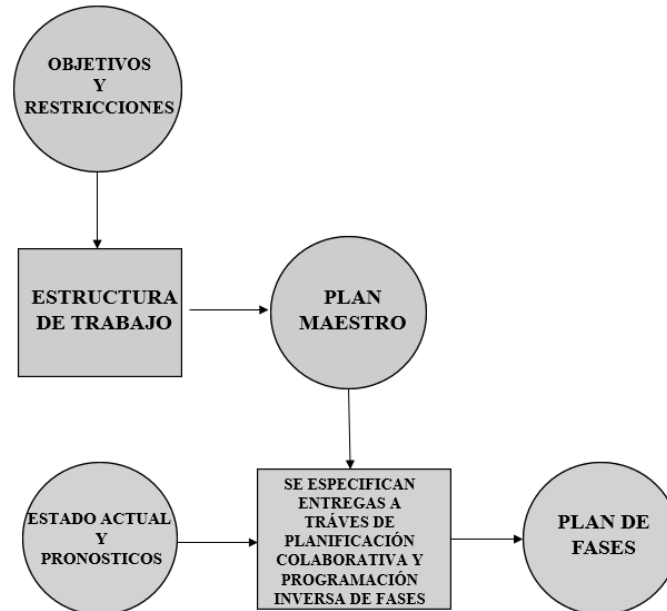


Figura 4. Fragmento del ciclo de planificación del LPS Nivel 1.
Traducido del (Lean Construction Institute, 2007)

En conclusión, en este primer nivel se relaciona la estructura de trabajo y el control de la producción, facilitando una serie de objetivos a cumplir (DEBERÍA), Sin este nivel no se tendría la certeza que las actividades se están preparando y realizando en el periodo establecido para conseguir los objetivos, lo que aumentaría la incertidumbre de la planificación y el control en la ejecución (Lean Construction Institute, 2007).

2.3.2 Segundo nivel - Planificación intermedia (Lookahead planning)

En este segundo nivel de gestión referenciado en la **Figura 3**, se controla el flujo de trabajo de todas las UP (Think Productivity, 2021), en otras palabras se administra y controla que las actividades se muevan entre UP con la secuencia y velocidad establecida en el plan de fases (Ballard, 2000), este comprende un periodo de análisis de seis a doce semanas vistas, a diferencia del nivel anterior que abarca todo el proyecto (Lean Construction Institute, 2007), este ciclo de planificación se ve reflejado en la **Figura 5**.

Es en este nivel se debe garantizar un proceso de flujo continuo (PFC), siendo este proceso una línea de producción a través de la cual el trabajo avanza de una UP a otra, consiguiendo equilibrar las tasas de procesamiento de cada UP alineadas a la secuencia establecida, para que todas las UP trabajen ininterrumpidamente (first – in – first – out). El objetivo es maximizar el rendimiento del sistema, mientras se disminuye el tiempo de inactividad de las UP y la cantidad de trabajo en curso o sin finalizar. Por lo tanto, en la planificación intermedia se controla todo el flujo de trabajo a través del sistema de producción. (Lean Construction Institute, 2007).

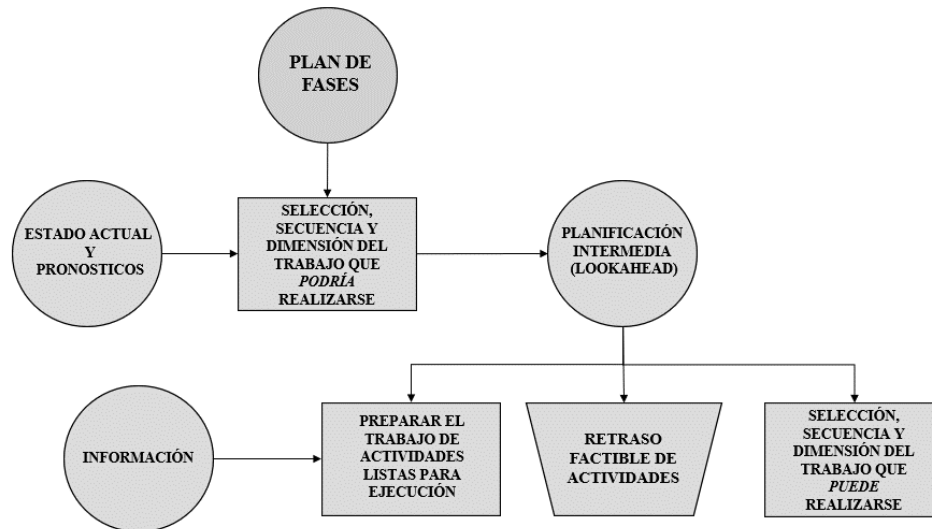


Figura 5. Fragmento del ciclo de planificación del LPS Nivel 2.
Traducido del (Lean Construction Institute, 2007)

Ballar (2000) propone las siguientes funciones del proceso de la planificación intermedia:

- Gestiona la secuencia y velocidad del flujo de trabajo.
- Combina el flujo de trabajo y la capacidad.
- Descompone las actividades del plan maestro y plan de fases en paquetes de trabajo y producción.
- Desarrolla métodos detallados para ejecutar actividades.
- Mantiene una acumulación de actividades listas para ejecutar o con un retraso factible.
- Actualiza y revisa los cronogramas del nivel superior de acuerdo con el análisis de restricciones.

Por consiguiente, la planificación intermedia agiliza el flujo de trabajo para el último planificador y de esta forma se determina el compromiso con lo que se va a hacer después de evaluar el DEBERÍA contra el PUEDE **Figura 3**, en función de la situación real de los recursos y la finalización de requisitos previos, también llamado análisis de restricciones (Lean Construction Institute, 2007).

Una restricción es una limitación que afecta directamente a las actividades, evitando que estas sean ejecutables (Lean Construction Institute, 2007), por lo tanto, las restricciones se refieren a todas aquellas pérdidas (Lead Waste) referenciadas en el **capítulo 2.2** que afectan significativamente la producción, también se encuentran las restricciones típicas de información, directivas y recursos de mano de obra o equipo (Lean Construction Institute, 2007). Las restricciones serán diferentes en el proceso de producción, por lo que hay que analizarlas, considerando que cada actividad tiene asociada una restricción (Ballard, 2000). Por otra parte, es importante que los agentes del proceso productivo gestionen sus compromisos (entregas) adquiridos en el plan de fases, ya que esto da una alerta temprana de problemas, definiendo actividades listas para empezar y desglosando cada tipo de restricción (Ballard, 2000).

Entonces, las restricciones de una actividad se deben eliminar para que esta pueda ser asignada a una UP, por ello cuando se han eliminado las restricciones, la actividad está lista para empezar y asignar. Una actividad lista para ejecutar aparecerá en la planificación semanal de Trabajo (tercer nivel de planificación del LPS) (Lean Construction Institute, 2007).

Según Alarcón & Pellicer (2009) la planificación semanal de trabajo es efectiva cuando cada asignación cumple criterios básicos de calidad: definición completa, consistencia, secuencia adecuada, tamaño óptimo y aprendizaje. Estos criterios, sirven para la selección, secuencia y dimensión del trabajo o actividades que pueden realizarse **Figura 5**, las cuales se verán reflejadas en la planificación semanal

de Trabajo (Alarcón & Pellicer, 2009). Tener un plan que cumpla con estos criterios de calidad no garantiza el éxito, un plan siempre podría fallar en la ejecución. Sin embargo, el propósito de la planificación intermedia es ayudar a minimizar las pérdidas para evitar fallos de ejecución innecesarios. (Lean Construction Institute, 2007).

En conclusión, la planificación intermedia mediante el conjunto de decisiones, constituye el control de la producción a corto plazo, se encuentra entre la planificación general de coordinación de proyecto y la planificación a nivel de compromiso de UP, para dar forma al flujo de trabajo y descarta actividades programadas que DEBERÍAN pero no se puede hacer y por lo tanto mejora la tasa de éxito al completar las actividades asignadas en planes semanales y diarios referenciados en el *capítulo 2.3.3* (Lean Construction Institute, 2007).

2.3.3 Tercer nivel - Planificación semanal de trabajo (Weekly work plan)

Este tercer y último nivel de gestión referenciado en la *Figura 3*, se caracteriza por ser una planificación de compromisos, analizados en un periodo de una semana vista, teniendo en cuenta que cada UP se compromete solo a trabajar en lo que PUEDE ejecutar (Lean Construction Institute, 2007), por ello en este nivel se realiza una “gestión de promesas” (Think Productivity, 2021). Con esta planificación se pretende proteger las UP de la incertidumbre y variabilidad de los niveles superiores de planificación y en consecuencia cada UP tendrá más probabilidades de cumplir los objetivos que se comprometieron a realizar (Lean Construction Institute, 2007). Lo que busca el LPS con este nivel es aumentar la confiabilidad de la planificación, para mejorar el rendimiento no solo de las UP que ejecutan el plan semanal, sino de todas las UP que ejecutan actividades posteriores (Alarcón & Pellicer, 2009), este proceso de planificación está reflejado en la *Figura 6*.

La planificación semanal de trabajo tiene el más alto nivel de detalle, antes de ejecutar la actividad por la UP, por lo tanto, potencia directamente el proceso productivo (Lean Construction Institute, 2007). Esta planificación se realiza por las partes que intervienen de forma directa en la ejecución de las actividades (jefe de obra, jefes de producción, encargados, capataces, trabajadores de subcontratistas, personal de supervisión, etc.), es decir que al hacer parte del proceso productivo y de planificación adquieren el compromiso de cumplir con las actividades y trabajos asignados. Desde luego estas obligaciones están enlazadas a la ejecución y realización en el nivel más bajo de planificación, lo que comprende la planificación a corto plazo u operativa (Alarcón & Pellicer, 2009). Entonces se definen las actividades y se planifica el trabajo a realizar en la siguiente semana, adquiriendo las UP la obligación de realizar estas actividades (SE HARÁ), asimismo se tiene en cuenta lo que se PUEDE hacer y lo que DEBERÍA hacerse, establecido en la planificación de los niveles superiores (Lean Construction Institute, 2007).

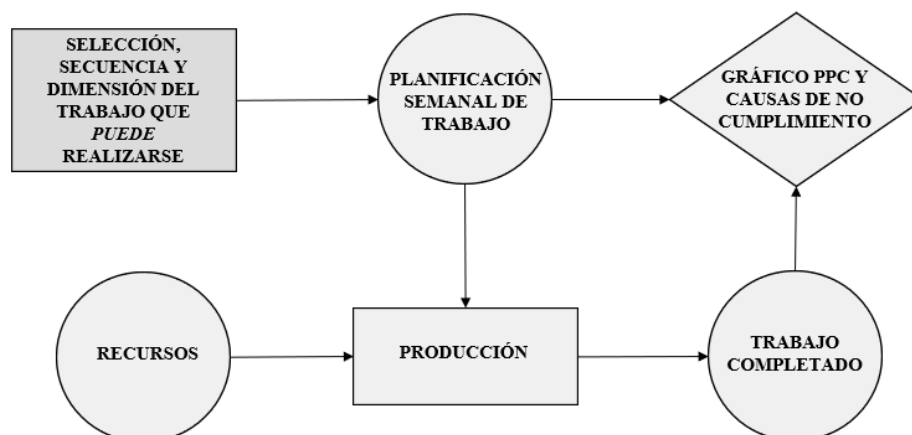


Figura 6. Fragmento del ciclo de planificación del LPS Nivel 3.
Traducido de (Lean Construction Institute, 2007)

El LPS requiere controlar y medir el rendimiento de cada plan semanal de trabajo, para obtener retroalimentación y aprendizaje de los errores, con el fin de identificar e implementar las posibles mejoras. A través del porcentaje del plan completo (PPC), se puede determinar el desempeño semanal, definido como el número de actividades finalizadas divididas por el número de actividades asignadas o programadas en la semana de análisis (Alarcón & Pellicer, 2009).

El PPC evalúa que tan capaz es de anticiparse el último planificador a las actividades que se ejecutará en la semana siguiente. En otras palabras, realiza una comparación entre lo que SE HARÁ según la planificación semanal de trabajo con lo realmente ejecutado, esto muestra la confiabilidad del sistema de planificación (Lean Construction Institute, 2007).

Asimismo, existe el factor de productividad (FP) de las UP, el cual analiza el porcentaje de ejecución de la actividad planificada, que en la semana de análisis no se completa, por lo que representa un trabajo en proceso (Lead Waste - **Figura 2**). Por lo tanto, hay que determinar y analizar las causas de no cumplimiento (CNC) del plan semanal, por lo que las actividades programadas en el plan semanal de trabajo no se completan en un cien por ciento (Andrade & Arrieta, 2010). Estas razones por las que se incumple la planificación están directamente relacionadas con las pérdidas o desperdicios (Lead Waste) mostrados en el **capítulo 2.2**, identificando dos grupos fundamentales; en el primero están las instrucciones de trabajo y recursos requeridos antes de iniciar y en el segundo se agrupan los fallos en el proceso productivo (Andrade & Arrieta, 2010).

El PPC se relaciona con la gestión por procesos, mientras que el FP se basa en la gestión por resultados, aunque no son comparables, estos indicadores permiten cuantificar mejoras en la fiabilidad de la planificación (Hoyos & Botero, 2018).

Por último, es posible medir la frecuencia de ocurrencia de las causas de no cumplimiento, para enfocar y mejorar los esfuerzos en las causas que más se repiten disminuyendo el impacto negativo en el proceso productivo, por lo que el último planificador debe identificar la causa raíz del origen de los problemas, ya permite generar una mejora inicial y a partir de esta tomar acciones correctivas que garanticen el proceso de flujo continuo (PFC) de las UP (Andrade & Arrieta, 2010).

2.4 Estado del Arte de la gestión de la información del LPS

El LPS se considera un sistema altamente efectivo para la gestión de proyectos de construcción debido a su facilidad de implementación. Aunque la mayoría de las investigaciones sobre LPS se han basado en casos de estudio, también existen publicaciones que abordan aspectos teóricos, herramientas de soporte, investigaciones sobre integración con otras metodologías y su implementación en diseño (Hoyos & Botero, 2018). Investigaciones argumenta que ciertos aspectos importantes del LPS no han logrado un alto nivel de implementación, que representan un desafío en áreas como normalizar la gestión de la información y permitir su análisis organizado (Lagos, 2017).

Por eso se hace un estudio general del estado del arte del LPS basado en investigaciones previas de Hoyos & Botero (2018) y Fontana (2021). Estas investigaciones destacan que los criterios de análisis que se utilizaron pueden aplicarse para identificar el estado del conocimiento en la gestión de la información que se generan al implementar el LPS en proyectos de construcción.

Es importante destacar que cada investigación presenta aspectos particulares, los cuales se resumen en la **Tabla 2-1**. Por un lado, la investigación de Hoyos & Botero (2018) brinda una visión general del LPS mientras que la investigación de Fontana (2021) se enfoca en un análisis más específico del estado del conocimiento respecto al flujo de trabajo del LPS.

Uno de los principales hallazgos de las investigaciones se fundamenta en que la falta de instrucciones y la falta de aplicación de un proceso estandarizado, son las principales causas de la deficiencia en los sistemas de planeación. Para que la herramienta de planeación sea efectiva, es necesario que las personas involucradas entiendan; el qué y el porqué del sistema, sepan cómo actuar y estén dispuestas

a hacerlo (Hoyos & Botero, 2018), ante esto la investigación desarrollada por Fontana (2021), sugiere la creación de un flujo de trabajo ampliamente adoptado que incorpore las nuevas contribuciones y propuestas presentadas en los artículos publicados desde la aparición del LPS, con el fin de crear un diagrama general que abarque el estado actual del conocimiento y las mejoras que esto conlleva; es decir, se propone crear un proceso de trabajo común que integre las últimas investigaciones y desarrollos relacionados con el LPS, con el objetivo de tener una representación clara y completa de las mejoras en el conocimiento y las prácticas actuales (Fontana, 2021), esto se profundiza en el **capítulo 3.2**. De lo anterior la importancia de gestionar toda la información generada en cada etapa del LPS.

Tabla 2-1. Generalidades investigaciones estado del arte LPS
Elaboración Propia

Autores Investigación	Filtro utilizado	Limitaciones	Periodo estudio artículos	Cantidad artículos analizados
(Hoyos & Botero, 2018)	Last Planner, planning, Lean Construction	Fundamentados en publicaciones de índole académica, revisión sistemática a la literatura académica en bases de datos internacionales y en el compendio de publicaciones del International Group for Lean Construction (IGLC), y el Lean Construction Institute (LCI), organizaciones académicas dedicadas a la divulgación de la filosofía lean, escritas en inglés o español en el sector de la construcción.	1996 - 2016	116
(Fontana, 2021)	Last Planner, Flujo de trabajo Subáreas: Ingeniería Negocios, gerencia y contabilidad, Ciencias de decisión, Matemáticas, Economía, econométrica y finanzas, Multidisciplinar	Búsqueda bibliométrica de los artículos en inglés o español de investigación que hacen referencia al LPS. Para detectar los artículos de interés se tomó como fuente de información de referencia la base de datos SCOPUS, limitando la búsqueda con artículos relacionados con el flujo de trabajo en el LPS.	1999 - 2021	107

Considerando la limitación temporal de las dos investigaciones anteriores, se realiza un estudio del estado actual del arte usando la base de datos SCOPUS, desde el año 2021 hasta la fecha del presente documento. Se utiliza un filtro de búsqueda que incluye palabras clave específicas y criterios de selección, como la inclusión de artículos en inglés y español, y la presencia de términos relacionados con el LPS y el "Control de Producción". Se identifican 29 artículos clasificados según los criterios establecidos por la investigación de Fontana (2021), para determinar cuáles aportan datos relevantes para la gestión de la información en el LPS.

Los datos previos a 2021 se obtuvieron de la investigación de Fontana (2021). Por lo tanto, cada gráfica es una adaptación de dicha investigación, y se utiliza como base la forma de clasificación de los artículos utilizada por Fontana (2021). Esta clasificación considera el año de publicación, la forma de obtención de los datos, la categoría de acuerdo con el área de estudio, el tipo de obra y la etapa del proyecto.

La **Figura 7** muestra claramente la evolución temporal de la cantidad de artículos publicados en especial después del estudio de Fontana (2019) (29 en total). Por ello la importancia de analizar y clasificar cada uno de estos artículos para determinar si contribuyen al conocimiento en la gestión de la información y sus posibles aplicaciones. Por otro lado, se observa que todavía predomina la obtención de datos a través de casos de estudio **Figura 8**, aunque también se utiliza la recopilación de datos mediante encuestas, entrevistas, observación y paneles de expertos. Estos últimos métodos son especialmente relevantes en el contexto del LPS, ya que su gestión depende en gran medida de las personas y de su perspectiva sobre el funcionamiento del sistema.

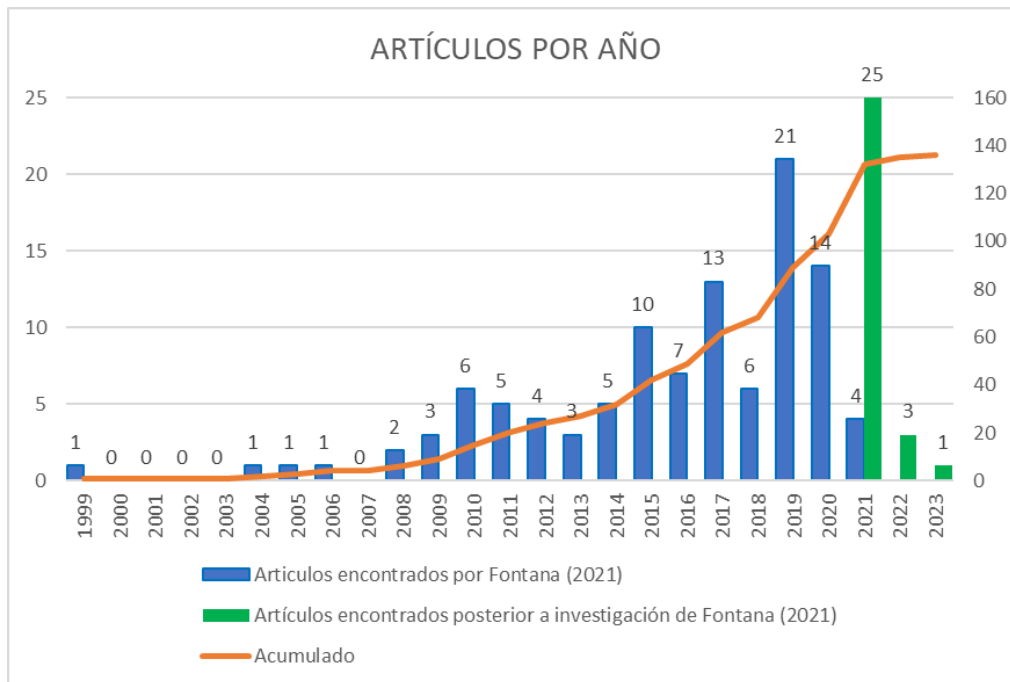


Figura 7. Artículos encontrados por año
Adaptado de investigación de (Fontana, 2021)

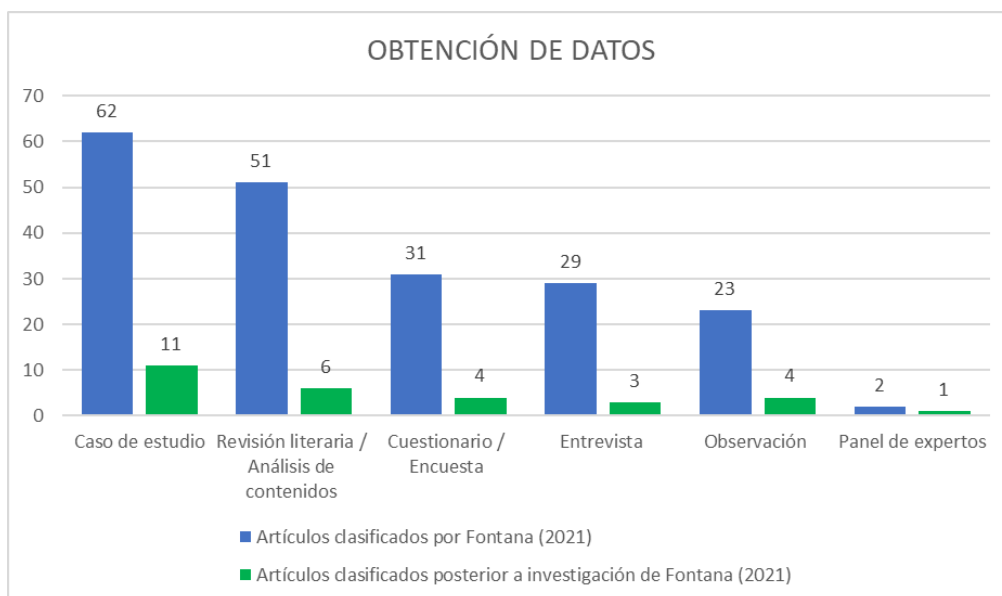


Figura 8. Forma de obtención de datos
Adaptado de investigación de (Fontana, 2021)

En la **Figura 9** se observa que la implementación del LPS sigue siendo fundamental en las investigaciones. Sin embargo, es importante destacar la proporción equilibrada que se ha logrado de investigaciones relacionadas con nuevas herramientas de gestión, la combinación del LPS con otras metodologías y la utilización de nuevas métricas. Todo esto demuestra una búsqueda constante de la mejora y optimización del LPS.

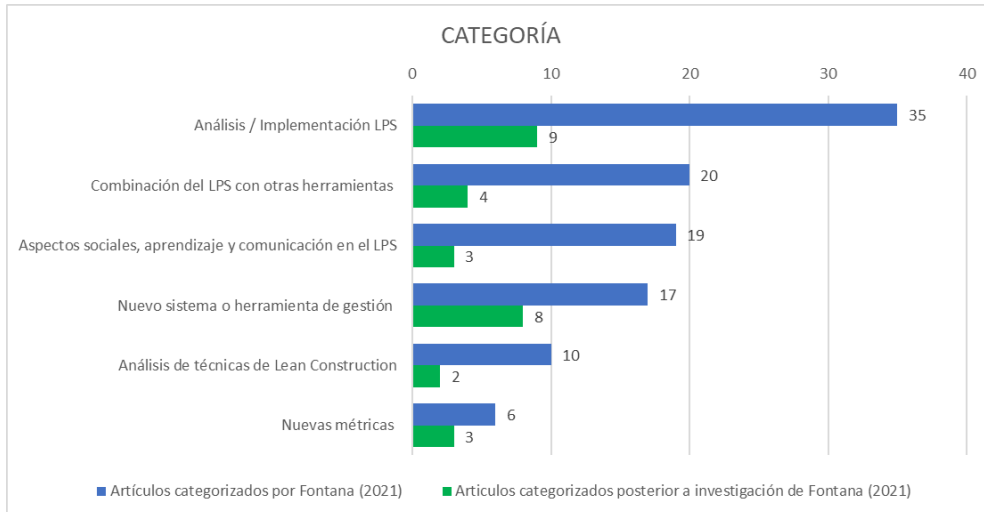


Figura 9. Artículos por categoría
Adaptado de investigación de (Fontana, 2021)

En cuanto al tipo de obra y la etapa del proyecto investigada **Figura 10** y **Figura 11**, no se observa una gran variación en la aplicación del LPS. En donde más se ha utilizado el LPS es en obras de edificación y en etapas de construcción. Sin embargo, se destaca el aumento significativo en la aplicación del LPS en la etapa de diseño en tan poco tiempo. Esto indica un interés creciente en profundizar en la implementación del LPS en estas etapas, que presentan un menor nivel de avance en comparación con la implementación en la etapa de construcción.

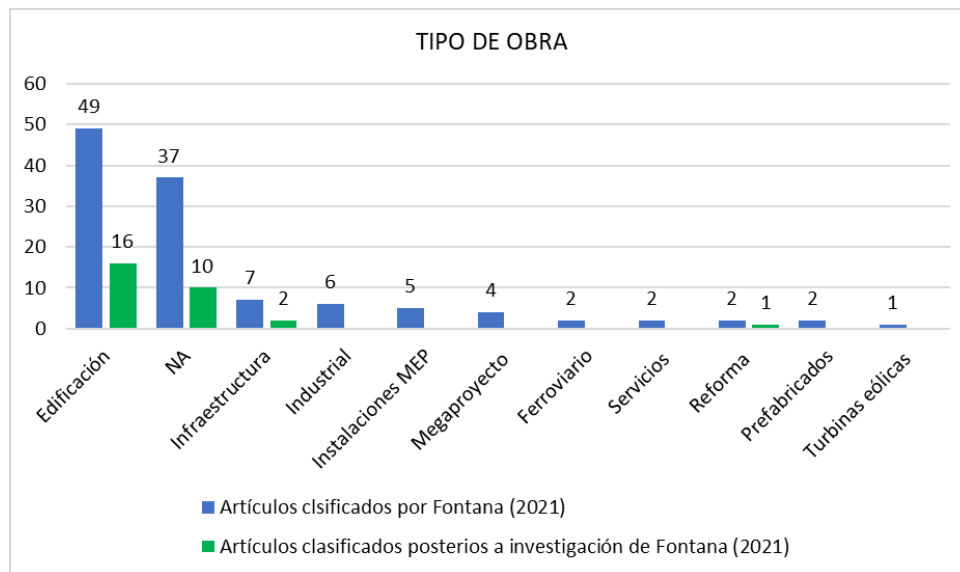


Figura 10. Artículos por tipo de obra
Adaptado de investigación de (Fontana, 2021)

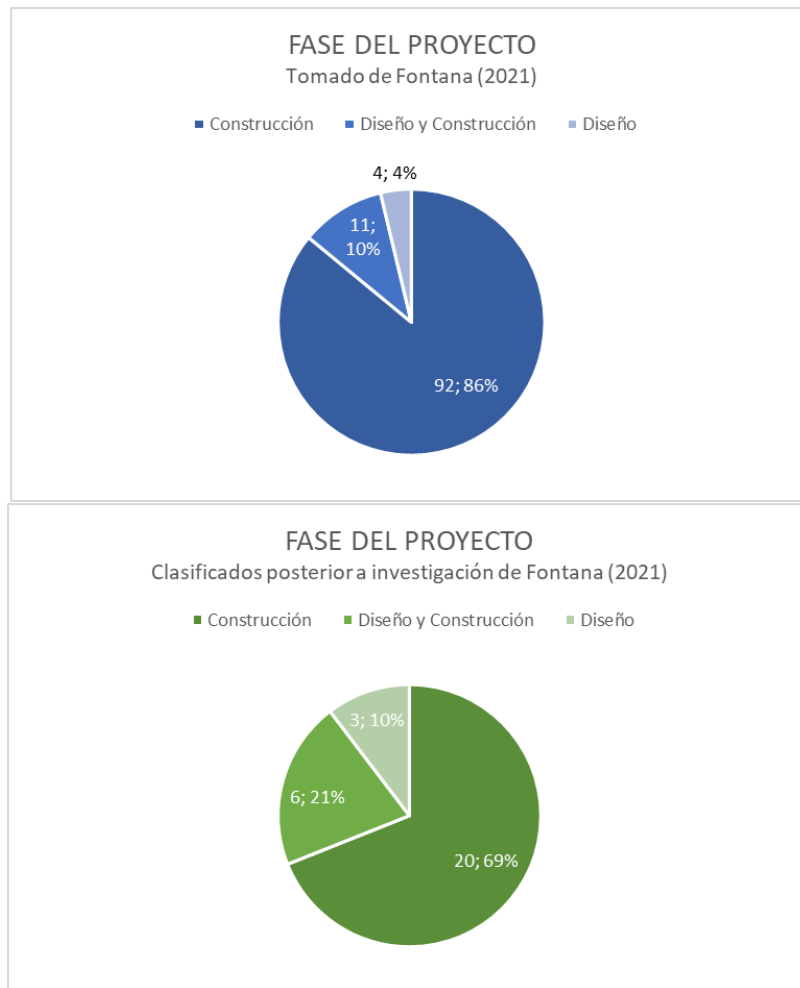


Figura 11. Artículos por fase del proyecto
Adaptado de investigación de (Fontana, 2021)

Después de analizar y clasificar el contenido de los 29 artículos, se determina la compatibilidad **Tabla 2-2** de cada uno con el presente trabajo. Se seleccionan los de alta y media compatibilidad, considerando que los de alta compatibilidad se relacionan directamente con la gestión de la información y los de media con herramientas de gestión de indicadores del LPS, mientras que los de baja no están relacionados con el objeto del TFM. El aporte de estos artículos se encuentra detallado en los **capítulos 3.2 y 3.3**.

Tabla 2-2. Compatibilidad artículos con TFM
Elaboración propia

Compatibilidad	Artículos	Referencia
Alta	3	(Hamerski et al., 2021) (Lagos & Alarcón, 2021) (Sharma & Trivedi, 2021)
Media	9	(De La Torre et al., 2021; Jürgen et al., 2021; McHugh et al., 2021; Mossman & Ramalingam, 2021; Nasserredine et al., 2022; Retamal et al., 2021; Robles et al., 2022; Salazar et al., 2021; Zhao et al., 2021)
Bajo	16	N.A.

3 Gestión de la información en proyectos de construcción

3.1 Gestión tradicional

Entendiendo que LPS es una metodología complementaria a la gestión tradicional, aplicada en las etapas de planificación y control del proceso productivo (*capítulo 2.3*), este capítulo se centra en el estudio de la gestión temporal de los proyectos, la cual se refiere a la distribución eficiente de tiempo, recursos y responsabilidades para alcanzar los objetivos establecidos durante su desarrollo (Lurueña, 2020). En consecuencia, se examina y contrasta la gestión de información en proyectos de construcción, haciendo uso de los métodos tradicionales de planificación y control.

3.1.1 Gestión temporal

En la gestión temporal se incluye los procedimientos requeridos para alcanzar la finalización del proyecto dentro del plazo previsto. Debido a la naturaleza de los proyectos de construcción donde existen actividades complejas y no continuas, se requiere la implementación de sistemas personalizados y adecuados para gestionar y dirigirlos de manera efectiva (Lurueña, 2020), de este modo es necesario realizar una planificación temporal del proyecto, en la cual se desarrolla un esquema detallado que indica cómo y cuándo el proyecto proporciona los productos, servicios y resultados definidos en el alcance del proyecto. Esta planificación sirve como medio para la comunicación, la gestión de las expectativas de los interesados y como base para informar sobre el rendimiento del proyecto (Project Management Institute, 2017), teniendo como objetivo principal concluir el proyecto consiguiendo el alcance del proyecto dentro de los plazos y los niveles de calidad exigidos por el cliente, sin exceder los riesgos intrínsecos del proyecto (Lurueña, 2020).

3.1.2 Proceso de gestión temporal

El proceso de gestión temporal del proyecto antes mencionado implica la creación de políticas, procedimientos y documentación para planificar, desarrollar, administrar, ejecutar y controlar su cronograma (Project Management Institute, 2017). Esto permite identificar en la *Figura 12* los seis procesos que intervienen en la gestión temporal de los proyectos, por lo tanto para lograr la efectividad del proyecto, es fundamental llevar a cabo acciones como: definir objetivos; identificar las actividades requeridas y sus duraciones; establecer un calendario con hitos importantes; planificar y asignar los recursos necesarios, estudiar las relaciones entre actividades, hacer seguimiento a la obra y llevar a cabo acciones correctivas si es necesario. Además, es esencial contar con una estructura adecuada e involucrar al equipo en la programación y resolución de problemas. (Lurueña, 2020).

3.1.2.1 Definición de actividades:

Es fundamental comprender claramente el alcance del proyecto antes de realizar cualquier análisis de la gestión del tiempo, ya que esto proporciona una base sólida para la planificación temporal. Un aspecto clave en este proceso es la descomposición jerárquica del alcance total del trabajo, conocida como Estructura de Desglose de Tareas (EDT). La EDT consiste en desglosar los entregables y trabajos del proyecto en actividades y componentes más pequeños, es decir identifica los entregables a nivel más detallado de EDT (Lurueña, 2020).

Asimismo, es fundamental identificar y documentar todas las actividades asociadas a cada paquete de trabajo. Esto permite cumplir con los entregables aprobados en el alcance del proyecto (Lledó, 2017). La principal ventaja de este enfoque reside en su capacidad para desglosar los paquetes de trabajo en actividades controlables dentro del cronograma. De esta manera, se establece una base sólida para la estimación, planificación, ejecución, supervisión y control de las actividades del proyecto. Este proceso se implementa en todas las etapas del proyecto, asegurando una gestión integral y exitosa (Project Management Institute, 2017).

3.1.2.2 Orden secuencial de actividades:

A partir de la definición de las actividades, es necesario establecer una relación lógica entre ellas mediante el proceso de secuenciación de actividades, el cual identifica las dependencias existentes entre las mismas (Lledó, 2017) y es fundamental documentar estas relaciones dentro del proyecto (Project Management Institute, 2017). La generación de un cronograma realista del proyecto requiere el diseño de relaciones lógicas entre las actividades. En algunas ocasiones, puede ser necesario incluir adelantos o retrasos entre las actividades para garantizar la viabilidad del cronograma. El proceso de secuencia de actividades se enfoca en transformar la lista de actividades del proyecto en un diagrama, lo cual constituye el primer paso para establecer la línea base del cronograma. La importancia de este proceso radica en la definición de una secuencia lógica de trabajo que asegure la máxima eficiencia, teniendo en cuenta todas las restricciones del proyecto (Project Management Institute, 2017).

3.1.2.3 Estimación de recursos de las actividades:

Para obtener una estimación precisa de una actividad dentro del cronograma, se requiere descomponer con mayor detalle el trabajo asociado a dicha actividad. De esta manera, se pueden estimar las necesidades de recursos para cada una de las partes más específicas del trabajo y luego sumarlas para obtener el total de recursos requeridos para la actividad en cuestión (Lurueña, 2020). La estimación de recursos para las actividades implica determinar los recursos del equipo, el tipo y la cantidad de materiales, equipos y suministros necesarios para el trabajo del proyecto. El principal beneficio de este proceso radica en identificar el tipo, la cantidad y las características de los recursos requeridos para concluir exitosamente el proyecto (Project Management Institute, 2017).

3.1.2.4 Estimación de duración de las actividades:

El proceso de estimación de la duración de las actividades del cronograma se basa en información relacionada con el alcance del trabajo, los tipos de recursos necesarios, las cantidades estimadas de recursos y los calendarios de disponibilidad. Esta estimación se desarrolla gradualmente y considera la calidad y disponibilidad de los datos de entrada (Project Management Institute, 2017). Para estimar la duración de las actividades, se deben evaluar tres aspectos principales: el esfuerzo de trabajo necesario, la cantidad prevista de recursos a utilizar y la cantidad de períodos de trabajo requeridos. En algunos casos, también se debe tener en cuenta el tiempo transcurrido necesario para actividades específicas (Lurueña, 2020).

Las estimaciones de duración se ven influenciadas por restricciones de duración, el nivel de esfuerzo involucrado, el tipo de recursos (por ejemplo, duración fija, esfuerzo fijo o número de recursos fijo) y la técnica de análisis de la red del cronograma utilizada. Las personas o equipos del proyecto más familiarizados con la actividad en cuestión proporcionan las entradas para estas estimaciones, es decir el proceso de estimación de la duración de las actividades implica evaluar el esfuerzo requerido y los recursos disponibles para cada actividad, utilizando los calendarios de proyecto y de recursos correspondientes para determinar la duración aproximada en períodos de trabajo necesarios para completar la actividad (Project Management Institute, 2017).

3.1.2.5 Desarrollo del cronograma

El proceso para desarrollar el cronograma implica analizar la secuencia de actividades, duraciones, requisitos de recursos y restricciones del cronograma para crear un modelo de programación que se utiliza en la ejecución, seguimiento y control del proyecto. Este proceso es iterativo, basándose en la mejor información disponible para determinar las fechas de inicio y finalización de las actividades, así como los hitos del proyecto. Durante el desarrollo del cronograma, se revisan y ajustan las estimaciones de duración y recursos para establecer un cronograma aprobado del proyecto. Este cronograma se utiliza como línea base para medir el progreso del proyecto. (Project Management Institute, 2017)

El PMBOK establece por regla general las fechas de inicio y finalización de una actividad, se asigna la responsabilidad de revisar al personal que ejecuta las actividades correspondientes. El objetivo de esta revisión es confirmar que las fechas de inicio y finalización no generen conflictos con los calendarios de recursos ni con las actividades asignadas en otros proyectos. De esta manera, se asegura que las fechas sigan siendo fiable y viables. Finalmente, se examina el cronograma para identificar posibles conflictos en las dependencias lógicas entre las actividades. En caso de detectar conflictos, se evalúa la necesidad de nivelar los recursos para resolverlos antes de aprobar el cronograma y establecerlo como línea base.

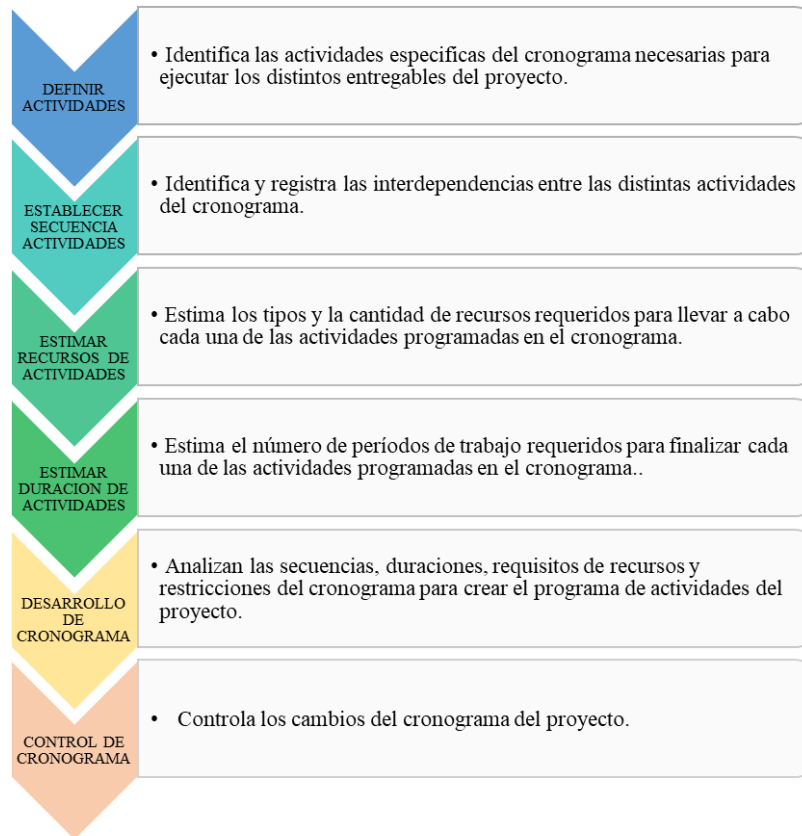


Figura 12. Proceso de gestión temporal
Adaptado de (Lurueña, 2020)

La **Figura 13** adaptada de la Guía del PMBOK, resume el flujo de información de entrada y salida, así como las herramientas y técnicas utilizadas en cada proceso de gestión temporal. Esto proporciona una visión global del proceso y una estructura general para la gestión de la información en el análisis temporal de proyectos de construcción.

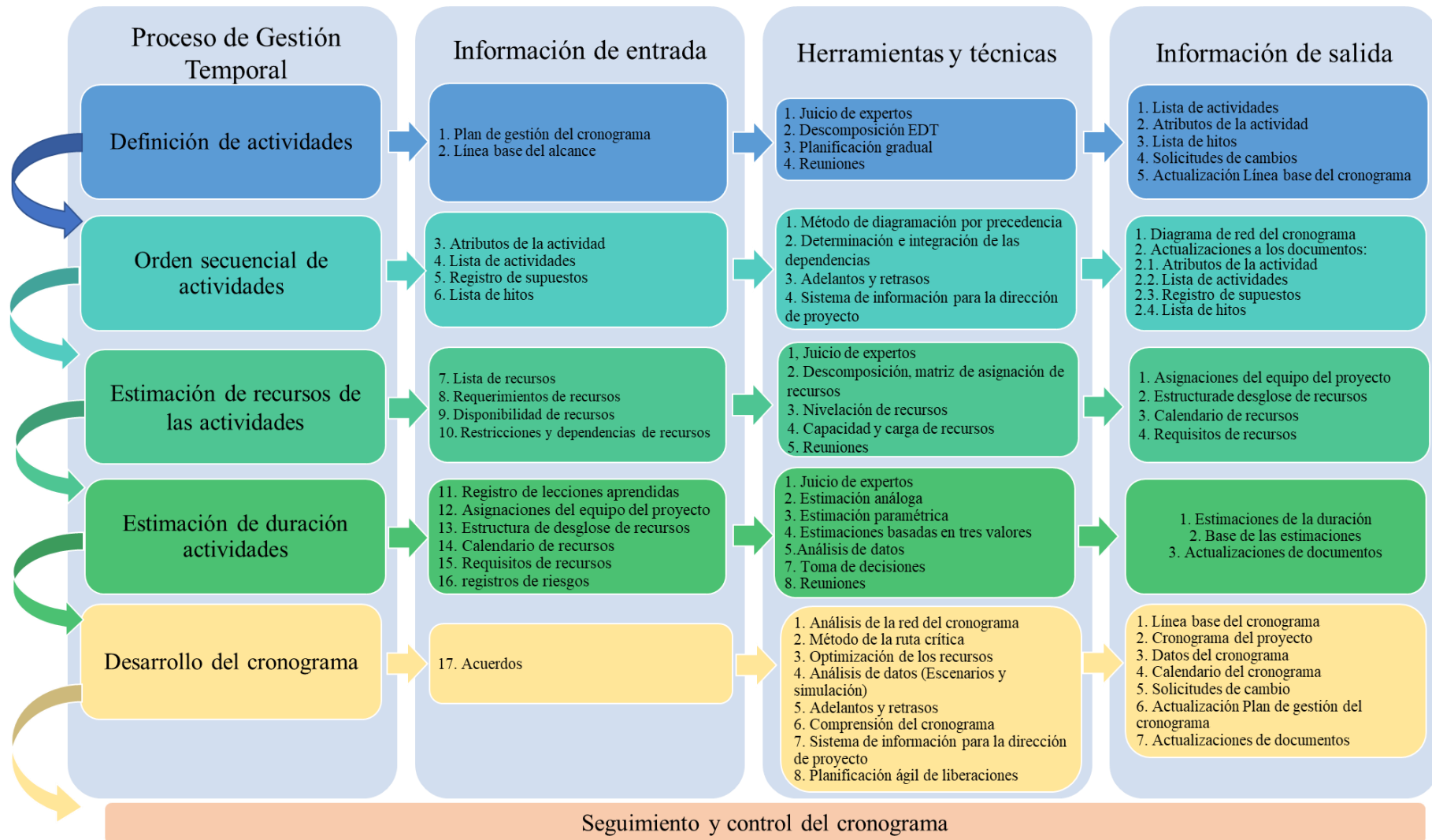


Figura 13. Flujo de información proceso de gestión temporal
Adaptado de (Project Management Institute, 2017)

3.1.3 Seguimiento y control temporal

Es fundamental realizar un seguimiento y control continuo del modelo de programación del proyecto para mantener un cronograma realista. Este proceso requiere monitorear el estado del proyecto, actualizar el cronograma y gestionar cualquier cambio en la línea base del cronograma (Project Management Institute, 2017). Esto se realiza con el objetivo de asegurar que el proyecto se ejecute dentro del plazo acordado (Lurueña, 2020). En la **Figura 14** se muestra el flujo de información generado en este proceso, según se indica en la guía del PMBOK.

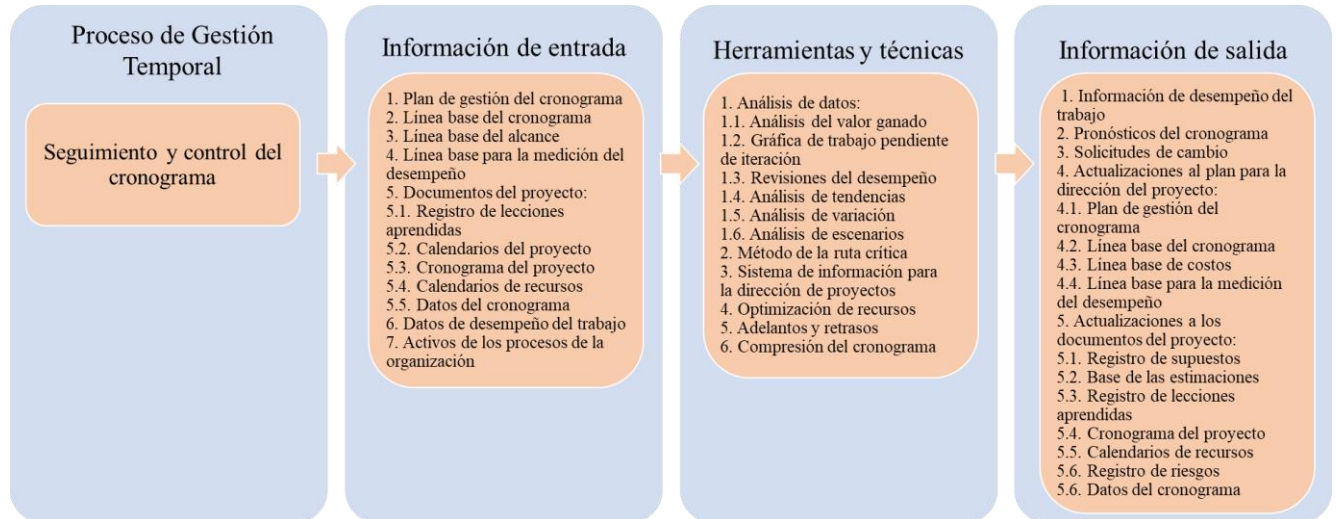


Figura 14. Flujo de información proceso de seguimiento y control temporal
Adaptado de (Project Management Institute, 2017)

Es importante destacar que el enfoque de control puede variar dependiendo de la metodología de planificación utilizada. En este sentido, es necesario adaptar las técnicas y prácticas de control para cumplir con los requisitos específicos de cada proyecto (Lurueña, 2020)

- En la metodología PERT, se asume que la duración de las actividades es determinista, lo que significa que se establece un valor fijo dentro de un margen de confianza específico durante la planificación. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo un control y tomar las medidas necesarias para garantizar que cada actividad se complete dentro del plazo definido para ella de manera individual (Lurueña, 2020).
- La metodología de la cadena crítica (CPM) adopta la premisa que la duración de las actividades no es determinista y se enfoca en asegurar que el proyecto en su totalidad cumpla con el plazo establecido. En este enfoque, se requiere controlar el progreso de las actividades del camino crítico, prestando especial atención a su protección evitando que retrasos en actividades no consideradas inicialmente en el camino crítico afecten su flujo (Lurueña, 2020).
- El control del cronograma mediante el método del valor ganado (Earned Value Management, EVM) es una técnica empleada para evaluar y supervisar el desempeño del cronograma. Esta metodología implica la comparación del valor ganado, que refleja el trabajo realizado hasta la fecha, con el valor planificado y el costo real del trabajo efectuado. EVM Utiliza indicadores que permiten la evaluación del rendimiento del proyecto en comparación con el cronograma planificado, para tomar acciones correctivas en caso de desviaciones significativas. EVM brinda una visión cuantitativa y objetiva del avance del proyecto, facilitando la detección temprana de problemas en el cronograma y la realización de ajustes necesarios para mantener el proyecto en curso. (Lledó, 2017).

Los indicadores que impactan el cronograma son: la variación del cronograma (SV) que evalúa el rendimiento del cronograma de un proyecto, al comparar el valor ganado (trabajo realizado)

con el valor planificado (trabajo programado planificado). Esta medida determina si el proyecto está adelantado o retrasado en relación con la fecha de entrega establecida en un momento específico, brindando una visión del desempeño del cronograma; y el índice de desempeño del cronograma (SPI) siendo una medida de eficiencia del cronograma que se calcula como la razón entre el valor ganado y el valor planificado. Este índice refleja la eficiencia con la que el equipo del proyecto está utilizando su tiempo programado. Un SPI mayor a uno indica una eficiencia en el avance del proyecto, mientras que un SPI inferior a uno indica un retraso en comparación con lo planificado. (Lurueña, 2020)

Por último, es importante mantener un seguimiento constante del progreso de las actividades contratadas. Las actualizaciones regulares de estado y los hitos proporcionados por los contratistas y proveedores son herramientas fundamentales para asegurar que el trabajo avance de acuerdo con lo acordado y mantener el control sobre el cronograma. Es recomendable llevar a cabo revisiones periódicas y detalladas para garantizar la precisión y la exhaustividad de los informes proporcionados, lo que contribuirá a mantener un control efectivo del cronograma. (Project Management Institute, 2017).

En conclusión, antes de la implementación del LPS, la planificación en el sector construcción se realizaba siguiendo principalmente enfoques de tipo push, desarrollada de manera secuencial, de principio a fin. Sin embargo, con la introducción del LPS, se ha dado un cambio significativo en dicha planificación (Álvarez Pérez et al., 2019) pasando a un sistema pull.

3.2 Gestión del LPS

En los proyectos tradicionales, como se ha referenciado en el *capítulo 3.1*, generalmente se asume que las instrucciones proporcionadas a los trabajadores o UP son suficientes para que comprendan lo que hay que ejecutar, utilizando sistemas de gestión tipo push, mientras que en los proyectos con implementación LPS, las UP deciden por sí mismas que actividades van a ejecutar, cuando y como. El nivel de detalle aumenta conforme se acerca el momento de realizar cada actividad. (Mossman & Ramalingam, 2021).

Una de las características principales del LPS es que promueve la participación de todos los agentes que intervienen en el proceso productivo, por lo que uno de los retos más importantes del LPS es la gestión de personas a través de conversaciones planificadas (Rooke, 2020). Estas conversaciones estructuradas permiten un flujo de información a lo largo de todo el sistema, en el que los datos tienen una presencia física, lo que contribuye al entendimiento compartido del proyecto. (Mossman & Ramalingam, 2021). Además, este enfoque garantiza la transparencia, ya que cualquier participante puede acceder a la información que necesita para el desarrollo del proyecto (Rooke, 2020). En consecuencia, hay que analizar la gestión de cada nivel del LPS descrito en el *capítulo 2.3*, para facilitar la extracción y análisis de la información generada en el LPS.

3.2.1 Primer nivel – Compromiso a través de planificación colaborativa

La gestión de este nivel se basa en la teoría del *capítulo 2.3.1*, donde se establece la planificación general del proyecto mediante el compromiso de las partes involucradas realizando una planificación colaborativa. Esta planificación se genera mediante la sesión pull, que es utilizada como método de cooperación y colaboración entre los participantes. Por lo tanto, en este capítulo se examina de manera general la gestión del primer nivel, analizando el ciclo de compromiso y la sesión pull.

Considerando la importancia de la participación de las personas en el LPS, es fundamental comprender el funcionamiento del ciclo del compromiso desarrollado por Flores (1983). La *Figura 15*, adaptada por Pellicer (2021), representa este ciclo, que se basa en la interacción de promesas y demandas entre las partes involucradas en el proceso productivo, abarcando la planificación, ejecución, seguimiento y control. Cada etapa de este ciclo establece un vínculo que genera un compromiso que debe ser respetado (Fontana, 2021).

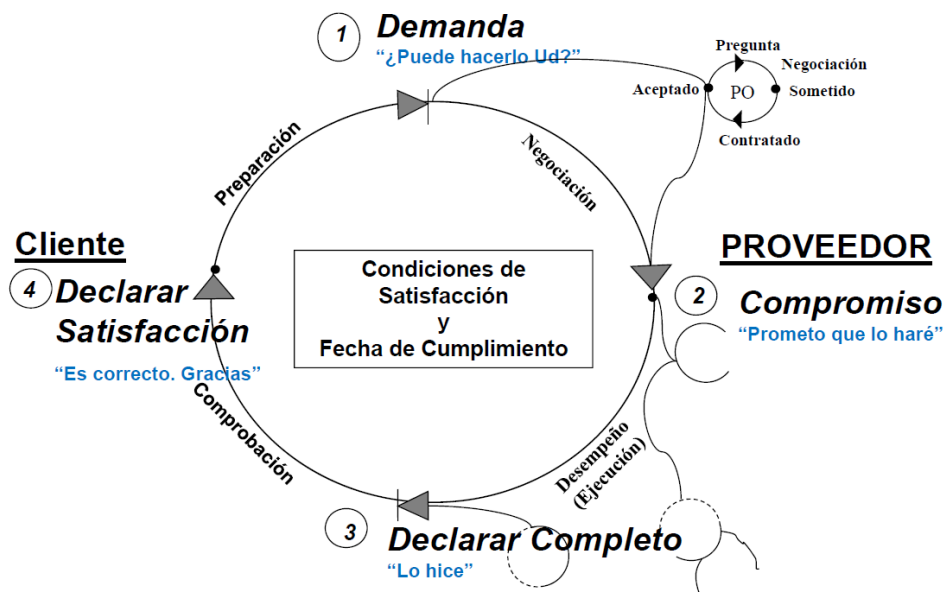


Figura 15. Ciclo del compromiso
Elaborado por (Pellicer, 2021) adaptado de Fernando Flores, (1983)

En el contexto de proyectos de construcción donde se implementa el LPS, se realiza una adaptación del ciclo del compromiso. En esta adaptación, se establece que la empresa constructora asume el rol de “cliente”, mientras que los subcontratistas actúan como “proveedores” con sus respectivas UP, lo cual resulta crucial para comprender y enfocar la gestión del LPS en el ámbito de la construcción.

Antes de realizar la sesión pull es fundamental entender la estructura de trabajo, la cual debe responder las siguientes preguntas (Lean Construction Institute, 2007):

- ¿A qué actividades se le asigna cada UP?
- ¿Cuál es la secuencia de las actividades?
- ¿Cómo se liberan las actividades de las UP a la siguiente?
- ¿Las UP ejecutan las actividades en un proceso de flujo continuo? o ¿se desvinculan de su actividad?
- ¿Dónde se necesitan actividades buffer o ejecutables?

Conociendo el flujo de trabajo y el ciclo del compromiso, se realiza la sesión pull, donde se identifican las actividades que generan flujo hacia la transformación. Esta se caracteriza por seguir una planificación tipo “pull”, la cual se desarrolla desde el final hasta el comienzo del proyecto. Este enfoque se fundamenta en los principios del TPS. En consecuencia, en la sesión pull se establece el compromiso general, mediante la planificación colaborativa y en equipo, utilizando sistemas visuales. Se debe tener en cuenta las siguientes condiciones para desarrollar la reunión (Álvarez Pérez et al., 2019):

1. Es necesario garantizar que estén presentes todos los implicados en la obra.
2. Se utiliza un tablero en blanco en donde todos los interesados puedan localizar temporalmente sus actividades y restricciones, para así analizar y determinar la secuencia inicial.
3. Cada actividad de obra tiene un paquete de tarjetas que se localiza en el panel, de acuerdo con las actividades previas necesarias para iniciar.
4. A cada responsable se le asigna un color, pudiendo tener diferentes actividades y UP, en esta tarjeta define actividad, duración y recursos necesarios (personal).
5. Con base en la secuencia inicial, sobre el extremo derecho del tablero que coincide con el fin de obra previsto, se localiza la última actividad a ejecutar, posterior a esto se localiza la actividad anterior a su izquierda teniendo en cuenta los tiempos establecidos, así sucesivamente

- cada responsable debe localizar su actividad hasta llegar al comienzo de obras previsto.
6. El ideal es llegar a la fecha exacta, pero por lo general no se consigue inicialmente, entonces inicia el proceso colaborativo y cooperativo entre todas las partes, opinando respecto a la fiabilidad de los tiempos de cada actividad y ajustando cada una para conseguir el objetivo.
 7. Cuando todas las partes se encuentran de acuerdo con la planificación, se ingresa en algún programa de planificación para generar el plan maestro de obra y se comparte a todos los interesados.
 8. Se establecen los hitos en los que se divide la obra.
 9. Durante la disposición de las tarjetas de actividades, si surgen restricciones que dificulten su ejecución, se registran en el tablero de restricciones. Estas restricciones deben resolverse antes de comenzar la actividad, asignándole un responsable para liberar cada una de ellas.
 10. Al final se tiene una planificación realizada entre todos los que participan en la obra, generando un compromiso unos con otros para trabajar de manera colaborativa dentro de los márgenes establecidos.

Es importante destacar que esta reunión debe tener una duración máxima de aproximadamente dos horas. La participación de todos los involucrados es crucial, ya que garantiza la plena implicación del equipo y asegura el correcto funcionamiento del sistema de planificación. Además, es esencial contar con la presencia de un facilitador experto en la aplicación del LPS para supervisar la reunión (Álvarez Pérez et al., 2019)

3.2.2 Segundo nivel – Planificación basada en restricciones

Después de la sesión pull, es necesario llevar a cabo revisiones periódicas del sistema en dos periodos de tiempo diferentes, con distintos niveles de detalle (planificación intermedia y planificación semanal) (Álvarez Pérez et al., 2019). En este capítulo se analiza la gestión de la planificación intermedia basada en restricciones, que generalmente se examina en un periodo de seis meses. El objetivo es controlar el estado de ejecución del proceso productivo en relación con el plan maestro y realizar los ajustes necesarios (Álvarez Pérez et al., 2019).

Por ello las actividades gestionadas en el segundo nivel deben ser cuidadosamente evaluadas en términos de su relación con las restricciones existente (Lean Construction Institute, 2007):

- Mayor nivel de detalle respecto a las entradas y salidas, para mejorar la evaluación de las restricciones y garantizar que las actividades estén listas para la fecha de inicio programada.
- Ajustar la programación o retrasar la actividad en el plan maestro según el estado de las restricciones y la probabilidad de resolverlas antes del inicio programado.
- Tomar todas las medidas necesarias para eliminar las restricciones de las actividades y asegurar que estén listas para su asignación en la planificación semanal de trabajo.

Este proceso de gestión de las restricciones de las actividades en la planificación intermedia se resume en la **Figura 16**.

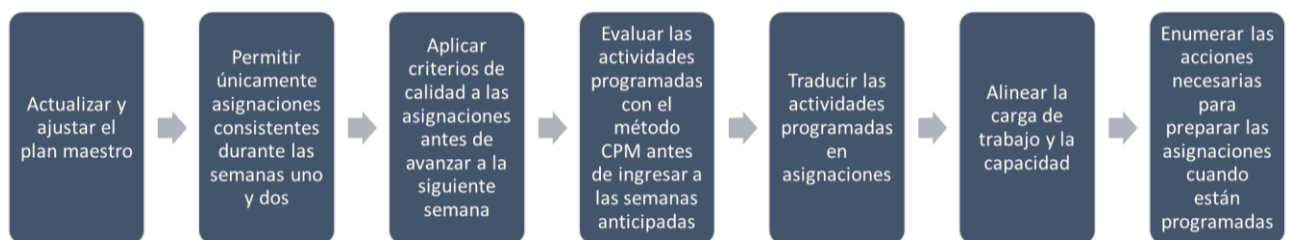


Figura 16. Proceso de gestión de la planificación intermedia
Traducido de (Lean Construction Institute, 2007)

Es importante considerar lo expuesto en el **capítulo 2.3.2**, donde se establece que solo las asignaciones que cumplan los cinco criterios de calidad pueden avanzar hacia la planificación semanal. Este enfoque protege las UP de la incertidumbre en el flujo de trabajo y mejora la confiabilidad del sistema (Alarcón & Pellicer, 2009), por lo tanto, En la **Tabla 3-1** se presenta los aspectos fundamentales a considerar para gestionar los criterios de calidad de las actividades de manera efectiva.

Tabla 3-1. Criterios de calidad para liberar actividades LPS
Tomado del (Lean Construction Institute, 2007)

Criterios de calidad	Preguntas clave
Definición completa	Las asignaciones deben ser lo suficientemente específicas para recopilar la información y materiales correctos, permitir la coordinación con otras disciplinas u oficios, y facilitar la evaluación al final de la semana para determinar si la asignación se completó exitosamente.
Consistencia	¿Son viables todas las asignaciones y se comprenden los requisitos? ¿Se cuenta con los materiales y recursos necesarios? ¿Se han completado las actividades previas y se ha coordinado con otros involucrados? Se busca finalizar la preparación antes de la semana de ejecución, pero algunos aspectos pueden requerir acciones adicionales durante la semana.
Secuencia adecuada	¿Se priorizan y seleccionan las asignaciones consistentes en orden de viabilidad? ¿Se considera la liberación de actividades para otros? ¿Se identifican actividades adicionales de calidad como respaldo en caso de fallos o alta productividad?
Tamaño optimo	¿Se dimensionan las asignaciones considerando la capacidad productiva de cada UP y se pueden completar dentro del período del plan establecido?
Aprendizaje	¿Se realiza un seguimiento de las actividades no completadas durante la semana, se identifican las causas de las desviaciones y se toman acciones correctivas?

En conclusión, en este nivel se realiza una gestión detallada de las limitaciones que impiden conseguir los objetivos, tomando las medidas necesarias para eliminarlas y mantener el avance del plan maestro, Como se menciona en el **capítulo 2.2**, la eliminación del desperdicio es uno de los principales objetivos del LC (Álvarez Pérez et al., 2019).

Entonces la eliminación de una restricción implica identificar al proveedor o subcontratista y evaluar su tiempo de entrega, asegurándose de que sea menor que la ventana de anticipación o la actividad no puede ser admitida en la planificación intermedia. La confirmación de los plazos de entrega se realiza durante la selección y se repite en las actualizaciones semanales de la planificación intermedia. En caso de que el tiempo de entrega sea demasiado largo, se asignan recursos adicionales para acortar dichos tiempos y de esta forma pasar a la planificación semanal (Lean Construction Institute, 2007).

3.2.3 Tercer nivel – Gestión de promesas

En este nivel se gestiona la planificación semanal, donde el LPS utiliza información sobre la disponibilidad de recursos para poder planificarlo y pasar al trabajo semanal, es el plan más detallado del sistema (Lean Construction Institute, 2007). Esta planificación se realiza todas las semanas y la respectiva reunión debe durar aproximadamente una hora, para controlar al igual que en la planificación intermedia el grado de ejecución de lo planificado y/o realizar los ajustes necesarios al plan maestro (Álvarez Pérez et al., 2019), impulsando directamente el proceso de producción (Lean Construction Institute, 2007).

Adicional como se ha descrito en el **capítulo 2.3.3**, se gestionan las promesas y se desarrolla seleccionando, secuenciando y dimensionando el trabajo que “se sabe se puede hacer” (Lean Construction Institute, 2007). Esto se logra a través de la comunicación clara y cooperativa en la reunión semanal, garantizando líneas de comunicación efectiva (Rooke, 2020). El objetivo es asegurar promesas confiables que permitan que las actividades del proyecto se mantengan en la secuencia deseada y avance

rápidamente (Lean Construction Institute, 2007). La promesa confiable puede explicarse analizando el ciclo del compromiso ilustrado en el **capítulo 3.2.1**. Este ciclo se basa en la “conversación para la acción” (Rooke, 2020). Entendiendo que los proyectos son promesas al cliente que se cumplen a través de la acción coordinada de promesas en todos los niveles (Lean Construction Institute, 2007), además, se implementa un “ciclo de mejora” basado en el aprendizaje para la mejora continua de las relaciones establecidas en el proyecto (Rooke, 2020).

Las cadenas de compromiso son esenciales para el flujo de producción en el LPS ya que representan la cadena de valor que dirige el flujo de trabajo (Rooke, 2020), esto permite la aplicación de la mejora continua, aplicando las siguientes preguntas (Álvarez Pérez et al., 2019):

- ¿Qué pasó y por qué?
- ¿Qué se debe hacer?
- ¿Qué se puede hacer?
- ¿Qué se hará?

A partir de las respuestas a estas preguntas, se generan los compromisos, que son promesas realizadas por los subcontratistas hacia las UP del proyecto y que pueden influir en el trabajo de los demás (Álvarez Pérez et al., 2019).

Adicional en este nivel se realizan reuniones diarias al inicio de la jornada, que complementan las reuniones semanales y su duración no debe superar los quince minutos. En estas reuniones se repasan los compromisos del día, se enfoca en las actividades inmediatas y se identifican nuevas restricciones o problemas que hayan surgido durante la planificación semanal (Álvarez Pérez et al., 2019). Esto promueve el aprendizaje diario y permite realizar mejoras diarias o semanales a lo largo del proyecto (Mossman & Ramalingam, 2021). Para medir el progreso, se utilizan herramientas descritas en el **capítulo 2.3.3** como el PPC, que evalúa el grado de compromiso de las UP y el CNC que analiza las causas de no cumplimiento (Álvarez Pérez et al., 2019).

El PPC evalúa si una actividad ha sido completada o no. Si una actividad no se ha completado al final de la semana, aunque haya sido iniciada, no se le da crédito en el plan semanal de trabajo. Esto se debe a que solo el trabajo completo puede ser transferido a la siguiente UP, asegurando un flujo continuo y confiable. (Lean Construction Institute, 2007).

Entonces, cuando una actividad no se finaliza dentro del período de la semana planificada, se debe documentar las razones de dicho incumplimiento. Las causas de los fracasos del plan se clasifican en categorías como directivas, trabajo de requisitos previos, recursos y problemas de proceso o de resultado de acuerdo con el concepto de desperdicio. Los subcontratistas pueden reconocer algunas de estas causas comunes mencionadas en la Tabla 3-2. Causas de no cumplimiento **Tabla 3-2** (Lean Construction Institute, 2007):

*Tabla 3-2. Causas de no cumplimiento
Tomado del (Lean Construction Institute, 2007)*

Aspectos	CNC en construcción
1. Directivas	<ul style="list-style-type: none">➤ Falta de definiciones➤ Falta de información
2. Trabajo de requisitos previos	<ul style="list-style-type: none">➤ Actividad previa no finaliza➤ Obra inconclusa➤ Falta de materiales➤ No hay acceso al área de trabajo
3. Recursos	<ul style="list-style-type: none">➤ Falta de herramienta y equipo➤ Escases de mano de obra

Aspectos	CNC en construcción
4. Problemas de proceso o de resultado	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Disminución de rendimiento de las UP ➤ Falta de coordinación ➤ Imprevistos (Clima, emergencias, huelgas, etc.)



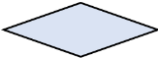
Al aprender de los errores cometidos, se reduce la probabilidad de repetir el mismo error o uno similar. Este enfoque fomenta una cultura de aprendizaje en los proyectos y permite que las mejoras implementadas se arraiguen como hábitos para proyectos futuros (Mossman & Ramalingam, 2021), como resultado, se logra un mayor control sobre el proceso de producción, se evita repeticiones en el futuro y se estabiliza el flujo de trabajo en condiciones óptimas (Hoyos & Botero, 2018).

Es importante destacar que la coordinación y control de proyectos en el LPS se basa en obtener promesas confiables y declaraciones de finalización de actividades que afectan a otras UP, lo cual implica diversas conversaciones entre las partes involucradas (Lean Construction Institute, 2007). Este proceso genera un flujo de datos significativo, tanto físicos como digitales, que se pueden utilizar para extraer información y mapear los flujos de información en un sistema integrado de gestión visual. Esto garantiza que la información no se limite solo a las personas, sino que esté disponible para todo el equipo (Mossman & Ramalingam, 2021)

3.3 Análisis de la información generada en LPS

La información generada en cada nivel del LPS se puede relacionar con el *flujo de trabajo con simbología estándar* que se muestra en la **Figura 17** adaptado por Fontana (2021) de Pellicer (2017). Este flujo se divide en los mismos tres niveles descritos en el **capítulo 2.3** y representa una síntesis adaptada de diferentes propuestas de flujo de trabajo de varios autores como Eugenio Pellicer, Luis F. Alarcón, Glenn Ballar, Fernando Cerveró, Greg Howell y Paulo Napolitano (Fontana, 2021). En este capítulo se analiza esta estructura de trabajo, que facilita la implementación del LPS y sirve como base para determinar y gestionar la información generada en el sistema.

Tabla 3-3. Simbología utilizada en el flujo de trabajo
Elaborado por (Fontana, 2021)

Tipo de Elemento	Símbolo
Proceso	
Entregable/Documento	
Decisión	

En la **Tabla 3-3** se clasifican los elementos del del flujo de trabajo, representados por un símbolo distintivo en la **Figura 17**. En cada elemento se genera un flujo de datos que contribuye a la gestión del sistema. Por un lado; el elemento “entregable/documento” puede considerarse como información generada del sistema (entrada o salida), los elementos identificados como “procesos” implican la transformación, el análisis y gestión de información y, por último, los elementos identificados como “decisión” son componentes que facilitan la colaboración, cooperación y mejora continua para la toma de decisiones basadas en la información generada.

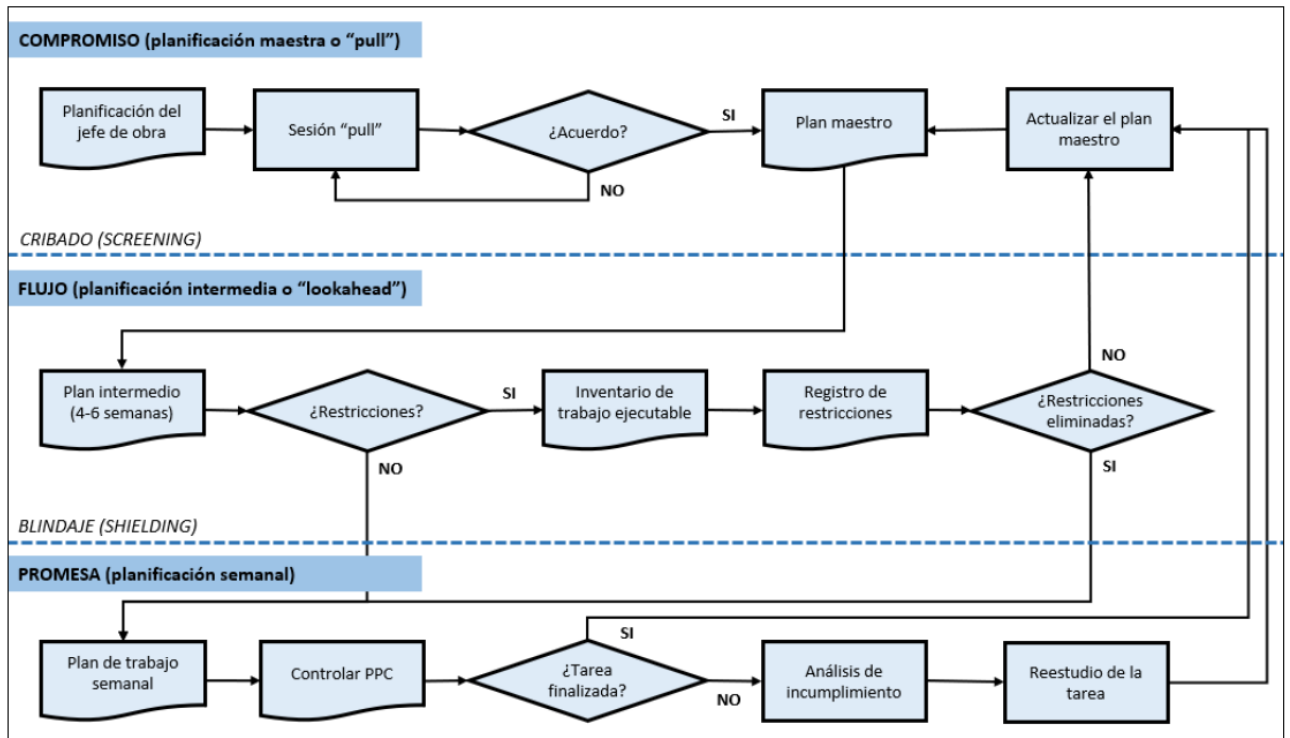


Figura 17. Flujo de trabajo con simbología estándar LPS
Adaptado por (Fontana, 2021) de Pellicer (2017)

De acuerdo con lo expuesto en capítulos anteriores y el flujo de trabajo presentado, se exponen los criterios fundamentales para la implementación y gestión de la información generada en el LPS (Ballard, 2000):

1. Las actividades no deben comenzar hasta que todos los elementos necesarios para completar la actividad estén disponibles.
2. La ejecución de las asignaciones se debe controlar, supervisar y medir.
3. Investigar permanentemente las causas de no cumplimiento y trabajar para su eliminación.
4. Disponer de actividades sólidas o buffer para que las UP puedan cambiar fácilmente a otra actividad cuando sea necesario
5. Antes de iniciar cualquier trabajo y ser asignado a la UP, gestionar activamente los requisitos previos de la cada actividad (planificación intermedia).
6. Garantizar el sistema pull: para el cumplimiento de los requisitos previos y disponibilidad para las actividades.

3.3.1 Información de entrada y salida del sistema

El conocimiento de las personas desempeña un papel clave en la organización y mejora de la producción. En el contexto del LPS, se reconoce que los procesos de producción dependen de la colaboración y cooperación de las personas. Por lo tanto, es importante que la gestión se realice físicamente en el lugar de producción, en donde se genera todos los datos del proceso. Esto facilita los flujos eficientes de información y toma de decisiones. En el LPS, el punto de toma de decisiones se encuentra generalmente en el punto de producción, y se delega la capacidad de decisión en aquellos miembros del equipo que poseen el conocimiento y son responsables de transmitir la información de manera efectiva (Rooke, 2020). Por lo tanto, es importante definir la información de entrada y de salida generada en cada nivel del LPS entendiendo la importancia de los datos obtenidos a partir del flujo de trabajo de Fontana (2021) trabajo y las bases teóricas del **capítulo 16, 2 y 3**. La **Figura 18** representa el flujo de información en todo el sistema.

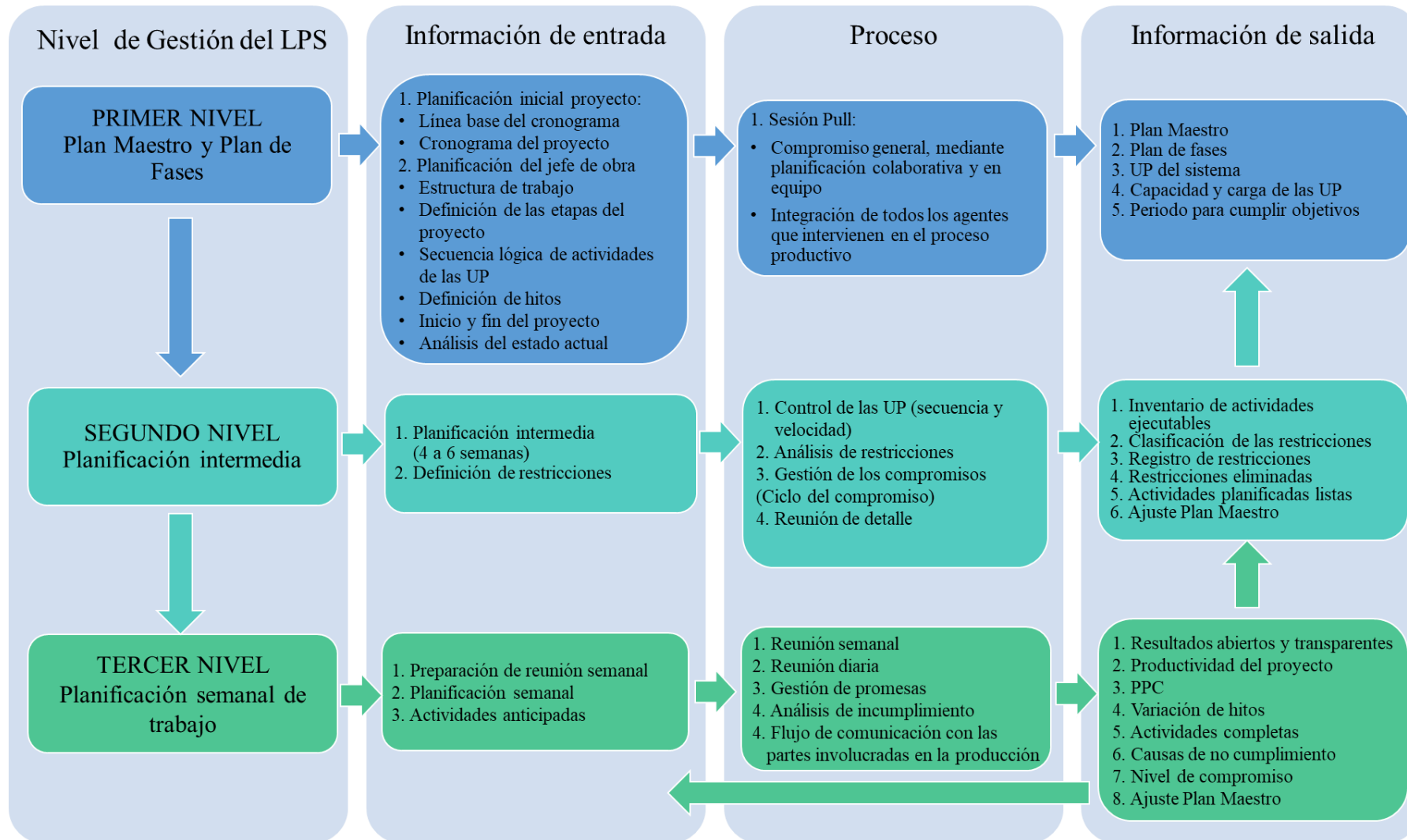


Figura 18. Flujo de información en LPS
Adaptado de (Fontana, 2021)

3.3.2 Indicadores del sistema

El LPS brinda información cuantitativa y cualitativa que facilita la mejora continua a corto plazo en la gestión de proyectos de construcción (Lagos & Alarcón, 2021). Esta información se utiliza para evaluar diversos aspectos de la planificación y ejecución de obras a través de indicadores. En este sentido, el objetivo de utilizar indicadores en el LPS es medir el rendimiento, controlar y dar seguimiento a las promesas establecidas, así como identificar desviaciones (De La Torre et al., 2021), estos indicadores proporcionan datos que permiten tomar decisiones oportunas para mejorar el desarrollo de los proyectos.

La investigación cuantitativa se ha enfrentado a desafíos debido a la falta de grandes conjuntos de datos estandarizados. En consecuencia, ha priorizado la medición del cumplimiento a través de métricas como el PPC y su relación con el rendimiento referenciado en los **capítulos 2.3.3 y 3.2.3**. El PPC se utiliza al final de cada periodo a corto plazo para evaluar el nivel de cumplimiento y determinar la confiabilidad del flujo de trabajo. Si alguna actividad no logra cumplir con su compromiso, se le asigna una CNC. Estos indicadores son fundamentales para identificar áreas de mejora y tomar acciones correctivas oportunas (Lagos & Alarcón, 2021). Entonces un PPC alto indica un alto nivel de cumplimiento y compromiso, mientras que un PPC bajo indica que se han producido desviaciones y se han incumplido los compromisos (Fontana, 2021).

Identificar y eliminar las restricciones antes de la ejecución tienen un impacto en la confiabilidad del plan y en última instancia en la mejora del rendimiento del proyecto (Sharma & Trivedi, 2021), para controlar las restricciones y la eliminación de las mismas se utiliza el porcentaje de restricciones removidas (PCR) como una medida del rendimiento en la preparación de las asignaciones y el pronóstico del progreso en la planificación intermedia (Hoyos & Botero, 2018) esto determina la confiabilidad del plan con base en que tantas restricciones se eliminan y son asignadas. Por otra parte, estudios anteriores han demostrado que la actividad anticipada (TA) y la actividad preparada (TMR) son mejores indicadores de duración del proyecto que el propio PPC (Sharma & Trivedi, 2021).

Cuando hay deficiencias en el rendimiento de la preparación de las actividades y la eliminación de las restricciones, los proyectos tienden a experimentar retrasos en relación con los hitos establecidos. Para identificar las variaciones, se utiliza el indicador de variación de los hitos en comparación con el plan. En este sentido, es fundamental comprometerse con las actividades críticas y ajustar la carga y la capacidad de las UP correspondientes (Sharma & Trivedi, 2021).

Entre los indicadores presentados, también se encuentra el Porcentaje Requerido Completado (RPC), que representa el porcentaje que DEBERÍA haberse completado según el plan maestro. Este indicador permite realizar una comparación entre la situación actual del proyecto y el cumplimiento esperado, lo que facilita la identificación de los días de retraso. El RPC mide la proporción de actividades críticas o requeridas que fueron finalizadas durante la semana en comparación con todas las actividades críticas incluidas en el plan semanal (Fontana, 2021).

Por otra parte, como se ha referenciado en el **capítulo 2.3.3** el FP es un indicador que permite evaluar la productividad de las UP, por lo tanto, con el FP de todas las UP que participan en el proyecto se puede calcular el índice de productividad del proyecto (PPI) y evaluar todo el conjunto. Éste se calcula como la relación porcentual de la suma del índice de productividad por actividad respecto a la cantidad de actividades con información disponible de su índice de productividad para la semana (Fontana, 2021).

La **Figura 19** muestra el resumen de los principales indicadores gestionados en los diferentes niveles del LPS.

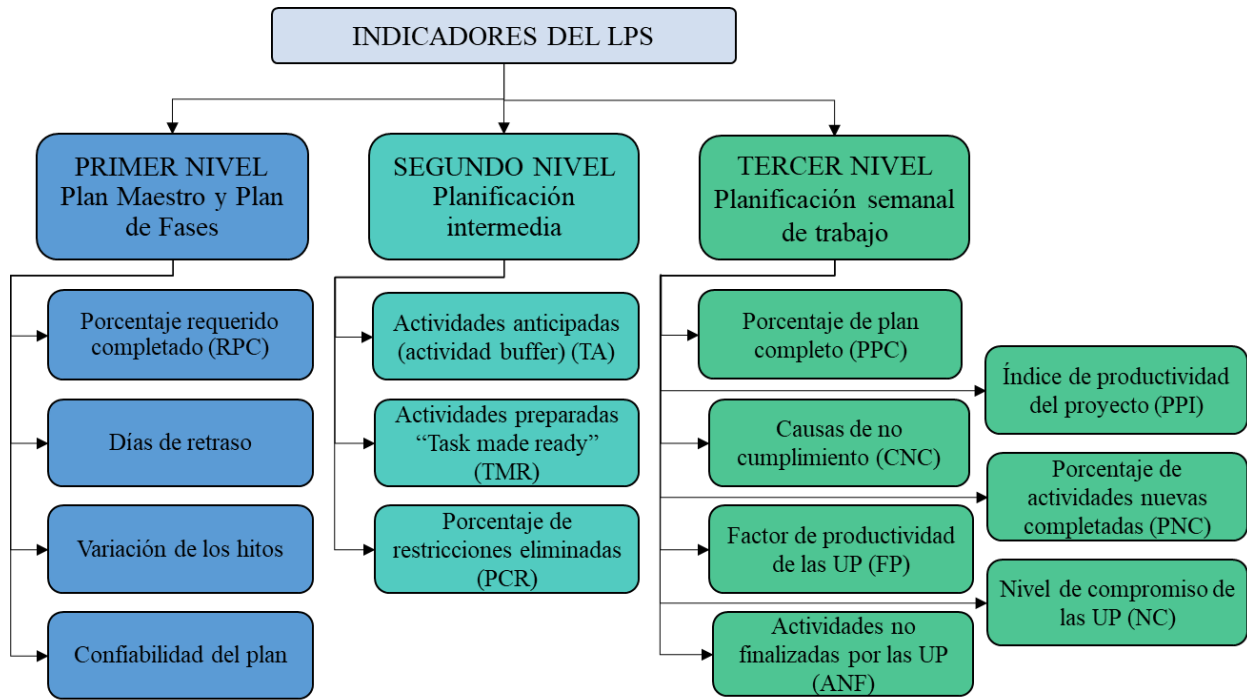


Figura 19. Principales indicadores del LPS por nivel de planificación
Adaptado de (Fontana, 2021)

Se ha demostrado una relación directa entre la mejora de indicadores del sistema LPS y el mejor rendimiento de la mano de obra, cumpliendo con los presupuestos previstos, validando así el uso de los indicadores de LPS (De La Torre et al., 2021), por lo tanto, un PPC satisfactorio y la liberación oportuna de restricciones son elementos clave para el rendimiento exitoso a corto plazo. Estos indicadores garantizan un desarrollo eficiente del proyecto y permiten anticipar la velocidad de las actividades del proyecto (Sabbatino et al., 2011).

Es así como análisis de datos a través de la teoría de la información identifica las categorías de limitaciones más relevantes para la fiabilidad del plan de trabajo, lo que facilitará reuniones semanales más efectivas y con un orden del día claro para los gestores de proyectos. La cuantificación de la mejora esperada en los indicadores de rendimiento (PPC, TA y TMR) proporciona una comprensión de la importancia de abordar de manera efectiva la eliminación de limitaciones (Sharma & Trivedi, 2021) y de analizar todos los datos obtenidos a través del sistema.

3.3.3 Captación de información y herramientas de gestión

A finales de los años noventa, surgieron las primeras herramientas de soporte para la programación de la construcción, como Work-Plan, WorkMovePlan e Integrated Production Scheduler (IPS), en respuesta a las limitaciones de las herramientas anteriores disponibles. Estas nuevas herramientas, ilustradas en la **Figura 20**, representaron una mejora significativa en comparación con los antiguos métodos manuales de planificación con lápiz y papel. Antes de su llegada, los planes de trabajo semanales eran desechados una vez cumplidos y tenían poca relación con la ruta crítica del proyecto, además de no utilizarse para registrar las horas de trabajo (Hoyos & Botero, 2018). La digitalización de la información desempeña un papel fundamental en la captación y gestión de datos, ya que permite almacenar y procesar de manera eficiente toda la información generada en el sistema. De esta forma se facilita la recopilación, análisis y seguimiento de los datos relevantes para el proyecto, optimizando así la toma de decisiones y permitiendo una mayor eficacia en la planificación y ejecución de las actividades.

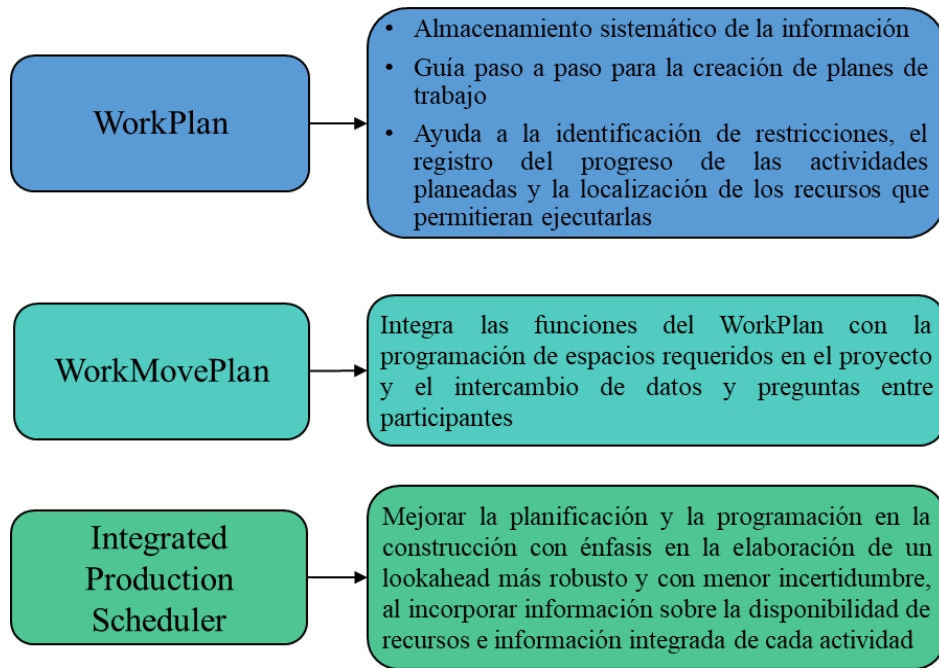


Figura 20. Primeras herramientas de soporte LPS
Adaptado de (Hoyos & Botero, 2018)

El conocimiento necesario para llevar a cabo proyectos exitosos es mayormente tácito, y su transferencia se logra mediante experiencias compartidas, como socialización, tutorías o formación en el lugar de trabajo. Compartir información es esencial para construir entendimiento común y crear capital intelectual, generando ventaja competitiva y aprendizaje organizacional en futuros proyectos. (Mossman & Ramalingam, 2021), por lo tanto, la digitalización juega un papel clave en la optimización de la gestión de información, proporcionando una base sólida para compartir información y lograr el éxito del proyecto.

4 Caso de estudio

Teniendo en cuenta los beneficios del LPS mostrados en los capítulos anteriores, se decide implementar el sistema en una obra para ser como caso de estudio con el objetivo de establecer una gestión eficiente de la producción en la obra, lograr los objetivos propuestos y analizar los datos obtenidos. Se encuentra que una de las experiencias más enriquecedoras al aplicar el LPS en la obra es presenciar cómo todo el proceso se transforma a través del compromiso real y la participación de todos los actores involucrados. Al principio, los subcontratistas pueden enfrentar dificultades para salir de su zona de confort, pero una vez que superan las inquietudes y el escepticismo, el trabajo colaborativo de los equipos permite que todo fluya de manera óptima. En ese momento, se produce un valioso intercambio de información y se proponen las mejores soluciones para optimizar la productividad (Think Productivity, 2021). Por lo tanto, en este capítulo se analizarán las diferentes etapas del proceso de planificación y ejecución de la obra, llevando a cabo un análisis exhaustivo de la gestión de la información obtenida antes, durante y después de la implementación del LPS en la obra.

4.1 Descripción general del proyecto

La implementación del LPS se llevó a cabo en un proyecto de construcción ubicado en Rocafort, Comunidad Valenciana (**Figura 21**). El proyecto consistía en la construcción de un edificio de 36 viviendas multifamiliares distribuidas en siete niveles que incluye; un sótano, planta baja, primera, segunda, tercera, ático y cubierta. También cuenta con una zona comunitaria con una piscina. El edificio se divide en tres bloques: A (13 viviendas), B (14 viviendas) y C (9 viviendas), la disposición se muestra en la **Figura 22**.



*Figura 21. Localización proyecto respecto a Valencia ciudad
Tomada de Google Earth*

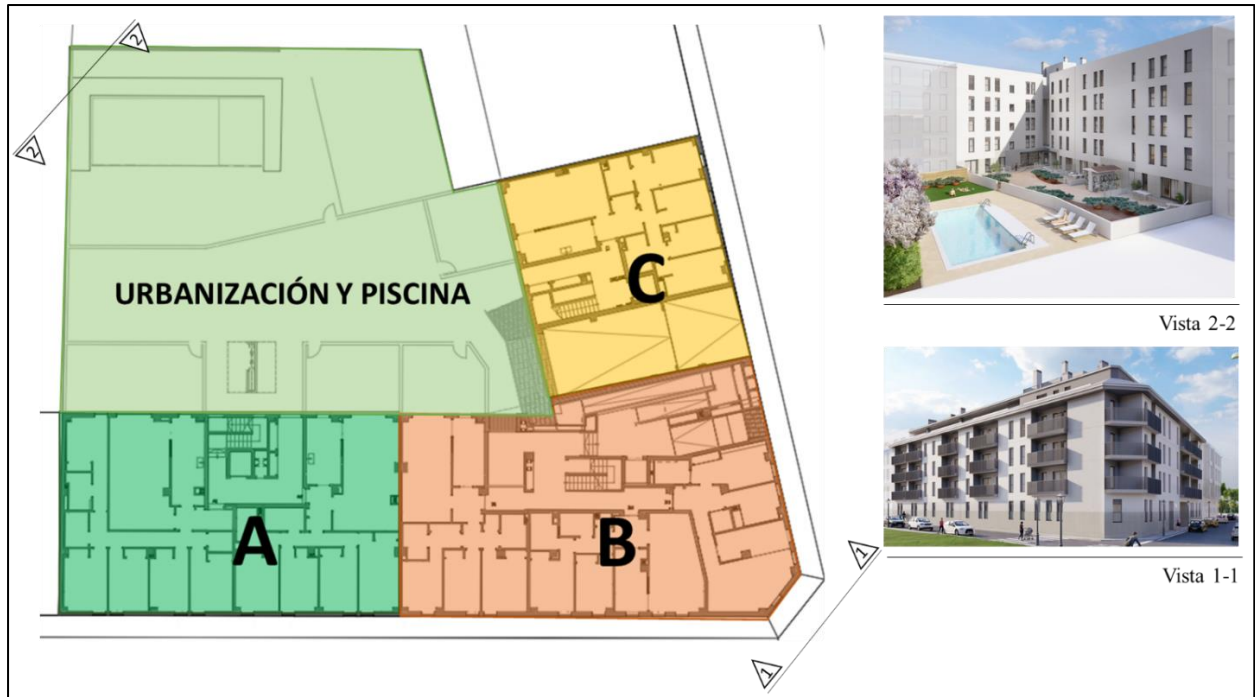


Figura 22. Disposición general del proyecto
Adaptado del modelo BIM del proyecto

Con el fin de detectar las variaciones en la planificación de la obra en sus distintas etapas, fue fundamental analizar la planificación inicial. Esta planificación proporcionó una visión clara de la estructura y secuencia de las actividades propuestas, así como de los objetivos y metas establecidos para el proyecto. Para llevar a cabo dicho análisis, se consideró la información recopilada en la **Tabla 4-1**, donde se identifican los hitos claves del proyecto. Estos hitos constituyen los puntos de referencia para la evaluación del progreso y el cumplimiento de las metas establecidas durante el proceso de planificación. Además, en la **Figura 23** se muestra el diagrama de Gantt inicial que representa la programación base de obra o proyecto de ejecución.

Tabla 4-1. Información base planificación inicial
Tomado de la información contractual del proyecto

Hito	Fecha
Inicio de obra	18 de noviembre de 2021
Fin de obra	17 de mayo de 2023
Duración estimada	18 meses
Final cimentación	5 meses desde inicio de obra
Final estructura	9 meses desde inicio de obra
Final revestimientos, alicatados y solados	16 meses desde inicio de obra
Finalización de carpintería metálica	16 meses desde inicio de obra
Final de carpintería madera	17 meses desde inicio de obra
Final de pintura, repasos, limpieza y entrega de documentación final	18 meses desde inicio de obra

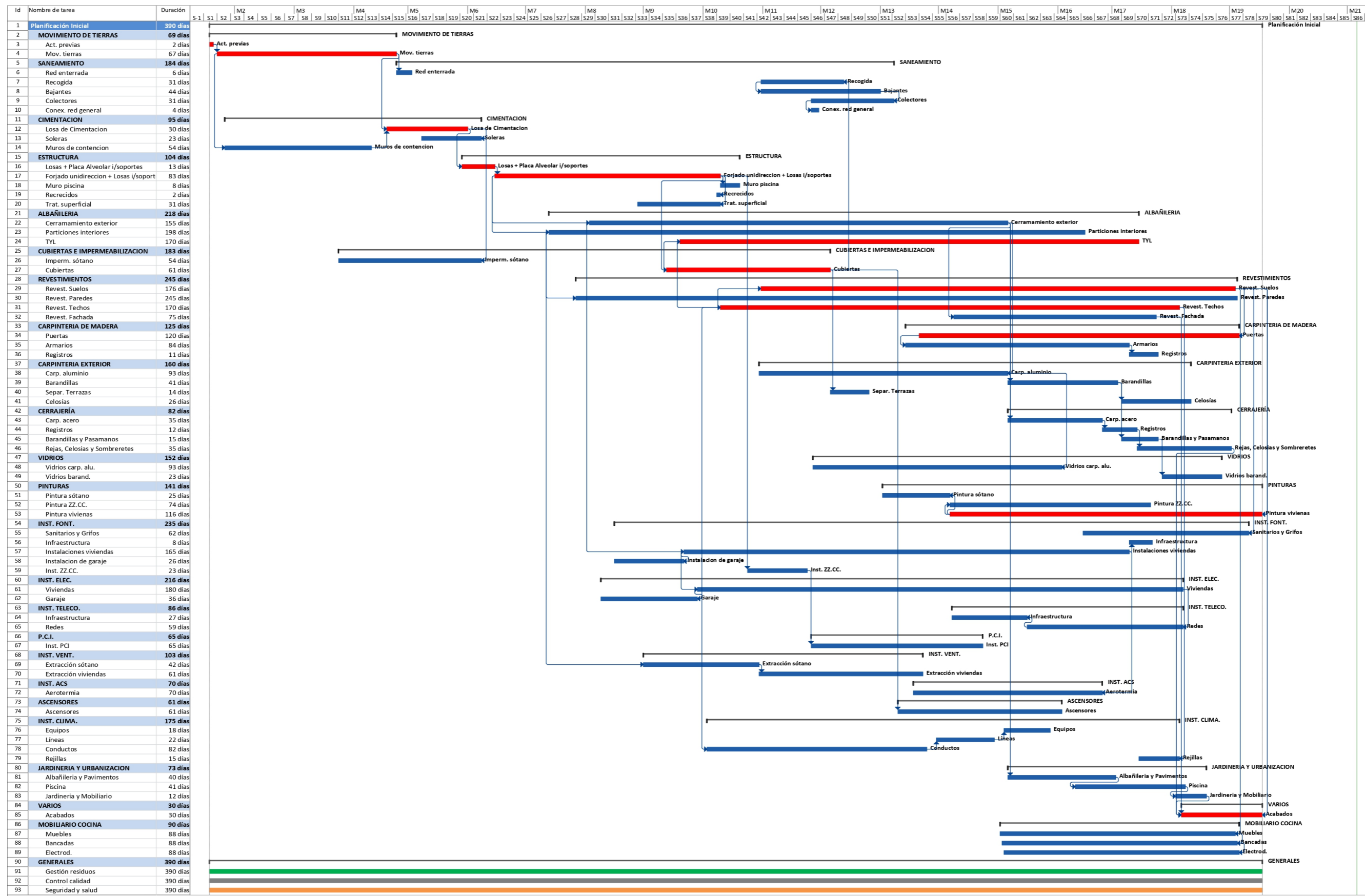


Figura 23. Diagrama de Gantt planificación de obra
Tomado de la información del proyecto de ejecución

Para analizar la obra, se identificaron tres etapas claves representadas en la **Figura 24**. Estas etapas abarcan el estudio del proceso de planificación y gestión de la información del proyecto.

La información recopilada durante la fase de estructura y la fase inicial de acabados se consideró como punto de partida, con el fin de analizar la implementación del LPS y la comparación de la gestión de información en cada una de las etapas. En los siguientes capítulos se presentan en detalle los datos obtenidos en cada etapa de gestión para un análisis más exhaustivo.



*Figura 24. Etapas de análisis de la obra
Elaboración propia*

4.2 Información inicial

4.2.1 Fase de estructura

La construcción de la estructura del edificio se realizó siguiendo un enfoque convencional de hormigón armado, con el uso de bovedillas prefabricadas, vigas y nervios en una dirección. Además, en la zona de urbanización y piscina se instalaron losas alveolares prefabricadas, que son losas pretensadas, para reducir la cantidad de pilares en el sótano y optimizar el espacio. Asimismo, se construyó un sistema de losa continua uniforme con muros y pilares como cimentación de todo el edificio.

Para analizar el proceso en fase de estructura se tuvo en cuenta que la toma de datos inició a partir de la finalización de la cimentación. Este hito marcó el inicio del registro de información relevante y se convirtió en el punto de partida para el análisis del proceso de planificación y ejecución de la estructura.

En contraste con la distribución original del proyecto en tres bloques, la planificación, control y seguimiento se dividió en dos zonas, claramente delimitadas por la junta estructural del edificio, como se ilustra en la **Figura 25** y **Figura 26**. Esta división se realizó con el propósito de asegurar la ejecución completa de los hormigonados de cada losa, siguiendo un enfoque de planificación tipo push y tradicional, desarrollada de manera secuencial, de principio a fin basada en la planificación inicial de la **Figura 23**. En consecuencia, se llevó a cabo una planificación detallada para cada forjado, de manera que pudiera ser entendida por las partes que intervienen en la construcción. Esto garantizó un adecuado control y coordinación en la ejecución de los trabajos.

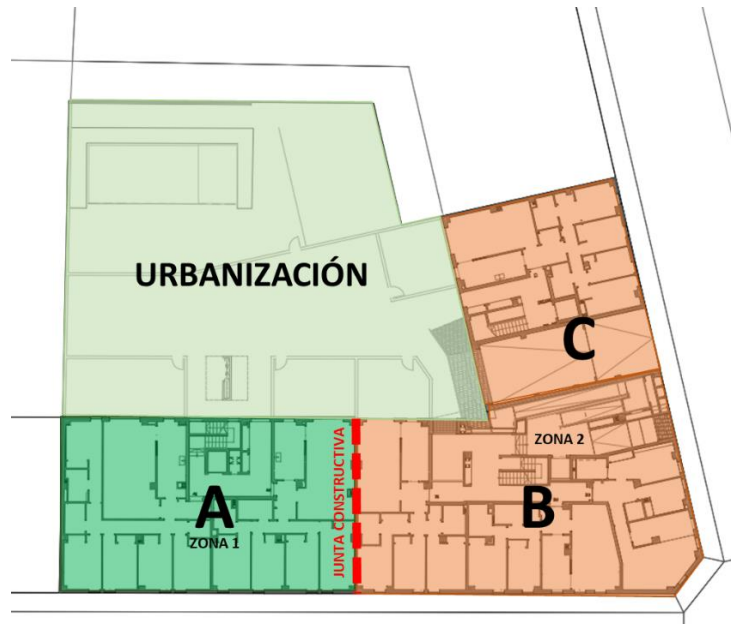


Figura 25. Distribución de zonas de la obra para ejecución de estructura
Elaboración propia

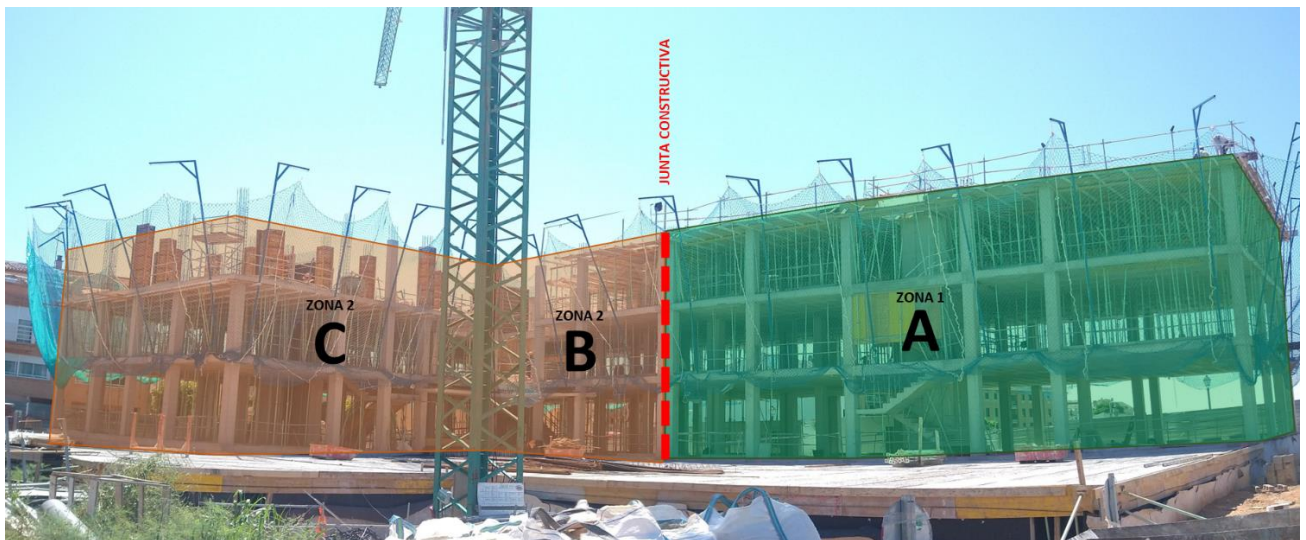


Figura 26. Fotografía etapa de estructura con distribución de zonas
Elaboración propia

4.2.1.1 Planificación detallada de obra

Considerando que la planificación mostrada en la **Figura 23** carecía del nivel de detalle necesario para realizar un seguimiento preciso durante la ejecución, se realizó una planificación detallada utilizando un enfoque de gestión tradicional descrito en el **Capítulo 3.1**. En este sentido, se definieron inicialmente las actividades a ser controladas por cada zona y forjado, como se describe en la **Tabla 4-2**. Además, se estableció el orden lógico general de las actividades, el cual se representa en la **Figura 27**. Esta planificación detallada permitió una mayor precisión y control en el desarrollo de las actividades a lo largo del proyecto.

Tabla 4-2. Definición de actividades fase de estructura
Elaboración propia

Actividad	Descripción
0.Muro Perimetral 2 Caras	Muro de hormigón armado perimetral del sótano encofrado a dos caras, esta actividad aplica para el forjado 1
1.Pilares	Todos los pilares del proyecto son de hormigón armado, en esta actividad se incluye ferrallado, encofrado y hormigonado de los mismos.
2.Encofrado	Esta actividad incluye la instalación de puntales, redes de seguridad, guías y tableros
3.Instalación de bovedilla	Esta actividad incluye la instalación de la bovedilla prefabricada
4.Ferrallado	Esta actividad incluye la instalación de acero de refuerzo de vigas, nervios y armadura de reparto.
5.Hormigonado	Esta actividad incluye el hormigonado de todo el forjado
6. Placa alveolar	Esta actividad se divide en dos; la fabricación e instalación, al ser un elemento prefabricado con tiempos específicos es necesario planificarlo, aplica para el forjado 1
7. Muros de fabrica	Esta actividad incluye la construcción de muros de panal que soportan el casetón.

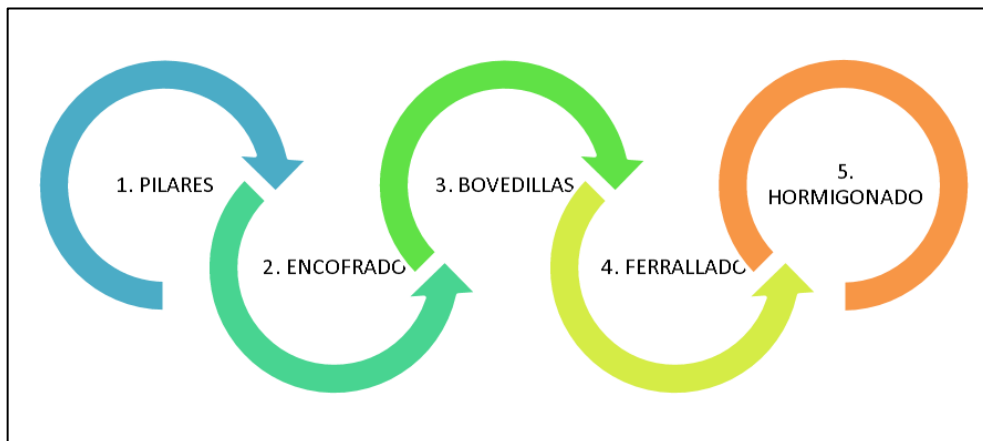


Figura 27. Orden lógico general actividades de estructura
Elaboración propia

Asimismo, el orden secuencial de las actividades se representa en el diagrama de Gantt de la **Figura 28**, el cual se basó en el orden lógico presentado en la **Figura 27**, estableciendo la relación entre las dos zonas y los forjados. Además, la **Tabla 4-3** detalla los recursos asignados a cada actividad según los requerimientos iniciales de cumplimiento.

Tabla 4-3. Recursos estimados ejecución de estructura
Elaboración propia

Actividad	Recursos
1.Muro Perimetral 2 Caras	2 oficiales de primera + 1 oficial de segunda
2.Pilares	2 oficiales de primera + 1 oficial de segunda
3.Encofrado	3 oficiales de primera +1 oficial de segunda + 3 ayudantes
4.Instalación de bovedilla	2 oficiales de segunda + 1 ayudante.
4.Ferrallado	2 oficiales de primera + 1 ayudantes
5.Hormigonado	2 oficiales de primera + 1 oficiales de segunda + 1 ayudante
6. Placa alveolar	2 oficiales de primera
7. Muros de fabrica	1 oficial de primera + 1 ayudante

La estimación de las duraciones se realizó considerando la experiencia adquirida en proyectos anteriores y el rendimiento general de los recursos asignados, como se muestra en la **Tabla 4-3**. Con esta información, se desarrolló el cronograma y la línea base de tiempo de la estructura, que se encuentran referenciados en la **Tabla 4-4** y **Figura 28**. Es importante destacar que, a partir de la finalización de la cimentación, se disponía de un plazo de seis meses para completar la estructura considerando el inicio de la obra. Según la planificación, se estimó que la ejecución de la estructura durara aproximadamente cinco meses, incluyendo una holgura de cinco días. El objetivo principal de reducir los tiempos en estructura fue adelantar el inicio de los trabajos de acabados que llevan un proceso más complejo. Finalizada la cimentación el 18 de febrero de 2023, momento en el cual se inicia la construcción de la estructura.

*Tabla 4-4. Cronograma de estructura, planificación de obra
Elaboración propia*

Nombre de actividad	Duración	Inicio línea base estimado	Fin línea base previsto
PLANIFICACION ESTRUCTURA 36 VIV ROCAFORT	203,5 días	lun 15/11/21	jue 21/07/22
MOVIMIENTO DE TIERRAS	182,13 días	lun 15/11/21	vie 01/04/22
Mov. tierras	53 días	lun 15/11/21	vie 21/01/22
Rellenos trasdos muros	80,13 días	vie 25/03/22	vie 01/04/22
SANEAMIENTO	59 días	lun 15/11/21	vie 28/01/22
Red enterrada	6 días	vie 21/01/22	vie 28/01/22
Recogida	31 días	lun 15/11/21	mié 22/12/21
Bajantes	44 días	lun 15/11/21	mar 11/01/22
Colectores	31 días	mar 07/12/21	lun 17/01/22
Conex. red general	4 días	mar 07/12/21	vie 10/12/21
CIMENTACION	72 días	jue 18/11/21	vie 18/02/22
Muros de contención (Bataches)	54 días	jue 18/11/21	jue 27/01/22
Losa de Cimentación	18 días	jue 27/01/22	vie 18/02/22
ESTRUCTURA	127,5 días	vie 18/02/22	jue 21/07/22
RAMPA GARAJE	9,5 días	lun 28/02/22	vie 11/03/22
Pilares (S1 a Rampa)	1 día	lun 28/02/22	mar 01/03/22
Encofrado	2 días	jue 03/03/22	vie 04/03/22
Ferrallado	1 día	vie 04/03/22	lun 07/03/22
Hormigonado	1 día	jue 10/03/22	vie 11/03/22
FORJADO 1	72,38 días	vie 18/02/22	vie 03/06/22
FORJADO 1 Losa Alveolar	66,38 días	lun 28/02/22	vie 03/06/22
Muro Perimetral 2 Caras	1 día	vie 11/03/22	lun 14/03/22
Pilares (S1 a F1)	1 día	lun 28/02/22	lun 28/02/22
Encofrado de Vigas	27,13 días	jue 24/03/22	mar 19/04/22
Ferrallado de Vigas	23,25 días	jue 31/03/22	vie 22/04/22
Fabricación Placas Alveolares	17,88 días	mar 19/04/22	jue 26/05/22
Hormigonado de Vigas	23,5 días	mié 27/04/22	lun 02/05/22
Instalación Placa Alveolar	2,13 días	jue 26/05/22	mié 01/06/22
Ferrallado	1 día	mié 01/06/22	vie 03/06/22
Hormigonado capa de compresión	1 día	jue 02/06/22	vie 03/06/22
FORJADO 1A PB	17,25 días	vie 18/02/22	vie 11/03/22
Muro Perimetral 2 Caras	8 días	vie 18/02/22	mar 01/03/22

Tabla 4-4. Cronograma de estructura, planificación de obra
 Elaboración propia

Nombre de actividad	Duración	Inicio línea base estimado	Fin línea base previsto
Pilares (S1 a F1)	4 días	lun 21/02/22	jue 24/02/22
Encofrado	3 días	mar 01/03/22	vie 04/03/22
Ferrallado	3 días	mar 08/03/22	jue 10/03/22
Hormigonado	1 día	vie 11/03/22	vie 11/03/22
FORJADO 1C-1B	30 días	vie 18/02/22	jue 31/03/22
Muro Perimetral 2 Caras	8 días	vie 18/02/22	mar 01/03/22
Pilares (S1 a F1)	4 días	lun 21/02/22	jue 24/02/22
Encofrado	6 días	mié 23/03/22	mié 30/03/22
Ferrallado	6 días	jue 24/03/22	jue 31/03/22
Hormigonado	1 día	mié 30/03/22	jue 31/03/22
FORJADO 2	24,75 días	lun 28/03/22	lun 02/05/22
FORJADO 2A	13 días	lun 28/03/22	mar 12/04/22
Pilares (F1 a F2)	2 días	lun 28/03/22	mar 29/03/22
Encofrado	5 días	mié 30/03/22	mié 06/04/22
Instalación de Bovedilla	1 día	jue 07/04/22	jue 07/04/22
Ferrallado	2 días	jue 07/04/22	lun 11/04/22
Hormigonado	1 día	lun 11/04/22	mar 12/04/22
FORJADO 2C-2B	19 días	lun 04/04/22	lun 02/05/22
Pilares (F1 a F2)	7 días	lun 04/04/22	mar 12/04/22
Encofrado	11,63 días	jue 07/04/22	mar 26/04/22
Instalación de Bovedilla	3,63 días	jue 21/04/22	mié 27/04/22
Ferrallado	3,88 días	mar 26/04/22	vie 29/04/22
Hormigonado	1,13 días	vie 29/04/22	lun 02/05/22
FORJADO 3	27,5 días	mar 12/04/22	vie 20/05/22
FORJADO 3A	19,63 días	mar 12/04/22	mié 04/05/22
Pilares (F2 a F3)	3 días	mar 12/04/22	mié 20/04/22
Encofrado	3,25 días	vie 22/04/22	jue 28/04/22
Instalación de Bovedilla	1 día	jue 28/04/22	vie 29/04/22
Ferrallado	1 día	vie 29/04/22	mar 03/05/22
Hormigonado	1 día	mar 03/05/22	mié 04/05/22
FORJADO 3C-3B	14,5 días	mar 03/05/22	vie 20/05/22
Pilares (F2 a F3)	4,38 días	mar 03/05/22	jue 05/05/22
Encofrado	5,38 días	mar 10/05/22	jue 12/05/22
Instalación de Bovedilla	1,13 días	vie 13/05/22	lun 16/05/22
Ferrallado	1,13 días	lun 16/05/22	jue 19/05/22
Hormigonado	0,75 días	jue 19/05/22	vie 20/05/22
FORJADO 4 1035 m2	21,25 días	vie 20/05/22	mar 14/06/22
FORJADO 4A	13,38 días	vie 20/05/22	vie 03/06/22
Pilares (F3 a F4)	2,13 días	vie 20/05/22	mar 24/05/22
Encofrado	3,25 días	jue 26/05/22	mar 31/05/22
Instalación de Bovedilla	2,13 días	mar 31/05/22	mié 01/06/22
Ferrallado	1,13 días	mié 01/06/22	vie 03/06/22

Tabla 4-4. Cronograma de estructura, planificación de obra
 Elaboración propia

Nombre de actividad	Duración	Inicio línea base estimado	Fin línea base previsto
Hormigonado	1 día	vie 03/06/22	vie 03/06/22
FORJADO 4C-4B	13,38 días	lun 23/05/22	mar 14/06/22
Pilares (F3 a F4)	3,5 días	lun 23/05/22	mié 25/05/22
Encofrado	2,63 días	lun 30/05/22	jue 02/06/22
Instalación de Bovedilla	4,38 días	lun 06/06/22	mié 08/06/22
Ferrallado	2,25 días	mié 08/06/22	lun 13/06/22
Hormigonado	1 día	lun 13/06/22	mar 14/06/22
FORJADO 5 ATICO 1230 m2	23,5 días	mar 14/06/22	mié 29/06/22
FORJADO 5A ATICO	14,5 días	mar 14/06/22	mié 29/06/22
Pilares (F4 a F5)	2,13 días	mar 14/06/22	mié 15/06/22
Encofrado	3,38 días	lun 20/06/22	jue 23/06/22
Instalación de Bovedilla	4,38 días	jue 23/06/22	lun 27/06/22
Ferrallado	2,13 días	lun 27/06/22	mar 28/06/22
Hormigonado	1 día	mié 29/06/22	mié 29/06/22
FORJADO 5B-5C ATICO	16,75 días	mar 14/06/22	mié 29/06/22
Pilares (F4 a F5)	4,38 días	mar 14/06/22	jue 16/06/22
Encofrado	6,63 días	jue 16/06/22	mar 21/06/22
Instalación de Bovedilla	2,25 días	mar 21/06/22	jue 23/06/22
Ferrallado	3,25 días	jue 23/06/22	mar 28/06/22
Hormigonado	1 día	mié 29/06/22	mié 29/06/22
FORJADO 6° CUB. 840 m2	22,38 días	mié 15/06/22	vie 08/07/22
FORJADO 6A CUB.	13,38 días	mié 29/06/22	vie 08/07/22
Pilares (F5 a F6)	2,13 días	mié 29/06/22	vie 01/07/22
Encofrado	3,38 días	vie 01/07/22	mar 05/07/22
Instalación de Bovedilla	1 día	mar 05/07/22	mié 06/07/22
Ferrallado	1 día	mié 06/07/22	vie 08/07/22
Hormigonado	1 día	vie 08/07/22	vie 08/07/22
FORJADO 6B-6C CUB.	13,38 días	mié 29/06/22	vie 08/07/22
Pilares (F5 a F6)	3,25 días	mié 29/06/22	vie 01/07/22
Encofrado	8,88 días	vie 01/07/22	mar 05/07/22
Instalación de Bovedilla	3,25 días	mar 05/07/22	mié 06/07/22
Ferrallado	2,13 días	mié 06/07/22	vie 08/07/22
Hormigonado	1 día	vie 08/07/22	vie 08/07/22
FORJADO 7° CASETON 20 m2	15,63 días	lun 11/07/22	vie 15/07/22
Pilares (F6 a F7)	1 día	lun 11/07/22	lun 11/07/22
Muros de Fabrica	6,63 días	lun 11/07/22	mar 12/07/22
Encofrado- Bovedilla	1 día	mar 12/07/22	mié 13/07/22
Ferrallado	1 día	mié 13/07/22	jue 14/07/22
Hormigonado	1 día	jue 14/07/22	vie 15/07/22
Holgura imprevistos	5,5 días	vie 15/07/22	jue 21/07/22
FINALIZACIÓN DE ESTRUCTURA	0 días	jue 21/07/22	jue 21/07/22

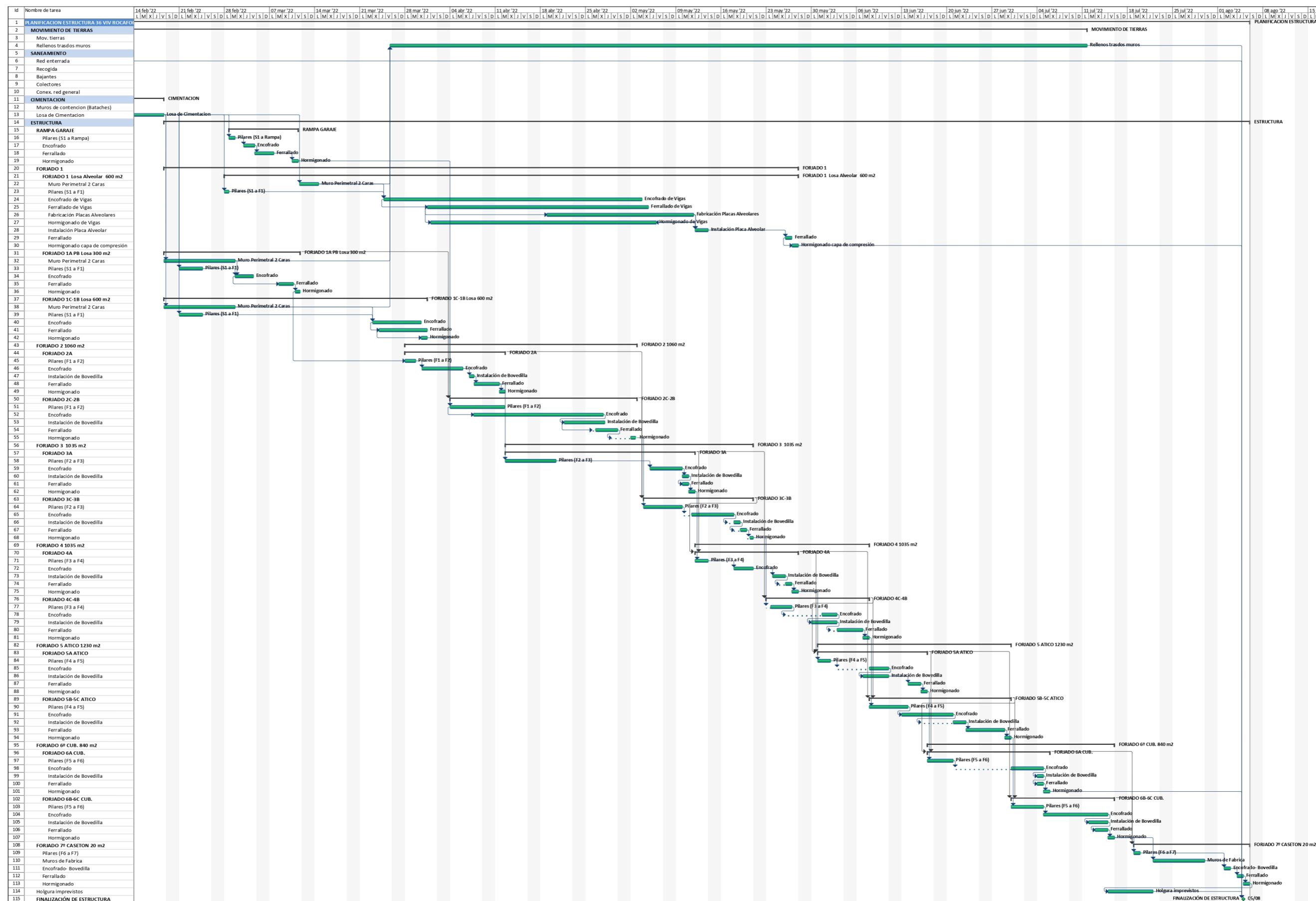


Figura 28. Cronograma de estructura en diagrama Gantt
Elaboración propia

4.2.1.2 Control y seguimiento de obra

Es importante destacar que la planificación de la estructura se realizó con base en datos empíricos y no incorporó las observaciones y aportes directos de los agentes involucrados en el proceso productivo, como los subcontratistas y proveedores. Para la ejecución de esta planificación, se compartió toda la información relacionada con la planificación referenciada en el **Capítulo 4.2.1.1**, siguiendo el paradigma actual de colaboración y cooperación, como se muestra en la **Figura 1**. Sin embargo, es necesario señalar que este enfoque difiere del sistema LPS, ya que implica una gestión y planificación tradicional de tipo push. Esta información generada en la etapa de planificación se compartió tanto con la Promotora (cliente de la constructora), como con los subcontratistas, siguiendo la cadena de comunicación y flujo de información de la **Figura 29**.

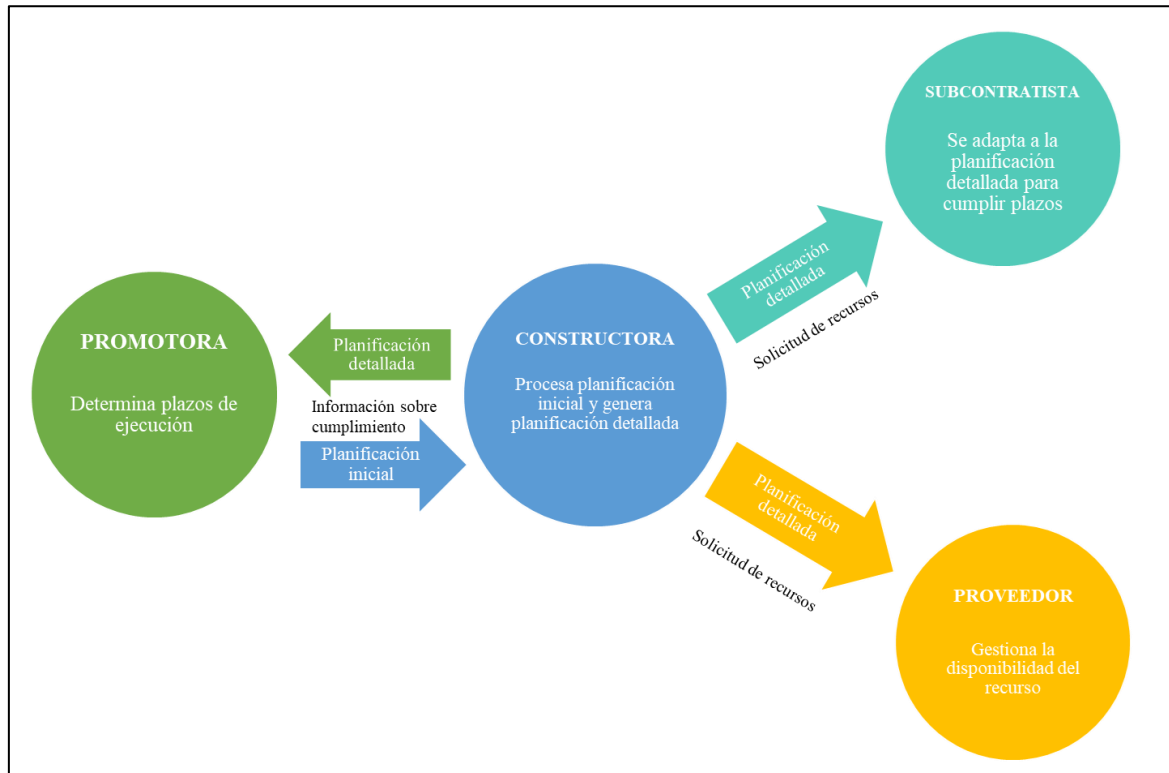


Figura 29. Flujo de información implementado en fase de estructura
Elaboración propia

El control y seguimiento del proyecto se realizó de manera tradicional, enfocándose en analizar los requerimientos de materiales, mano de obra y recursos según la planificación de obra, teniendo en cuenta la ruta crítica. Esto permitió gestionar la ejecución en el tiempo estimado en colaboración con proveedores y subcontratistas. Para el seguimiento, se utilizó la herramienta de programación Microsoft Project, donde se registraron las fechas reales de inicio y finalización de actividades, analizando las variaciones de esta y gestionando las acciones correctivas oportunamente. Además, se llevó un seguimiento gráfico (**Figura 30**) y se utilizaron tablas para controlar ensayos de calidad, desperdicios y trazabilidad de los principales materiales utilizados en la estructura, tal como se muestra en las **Figura 31** y **Figura 32**. Esto garantizó que todos los agentes involucrados en la constructora tuvieran acceso a la información actualizada del estado de la obra

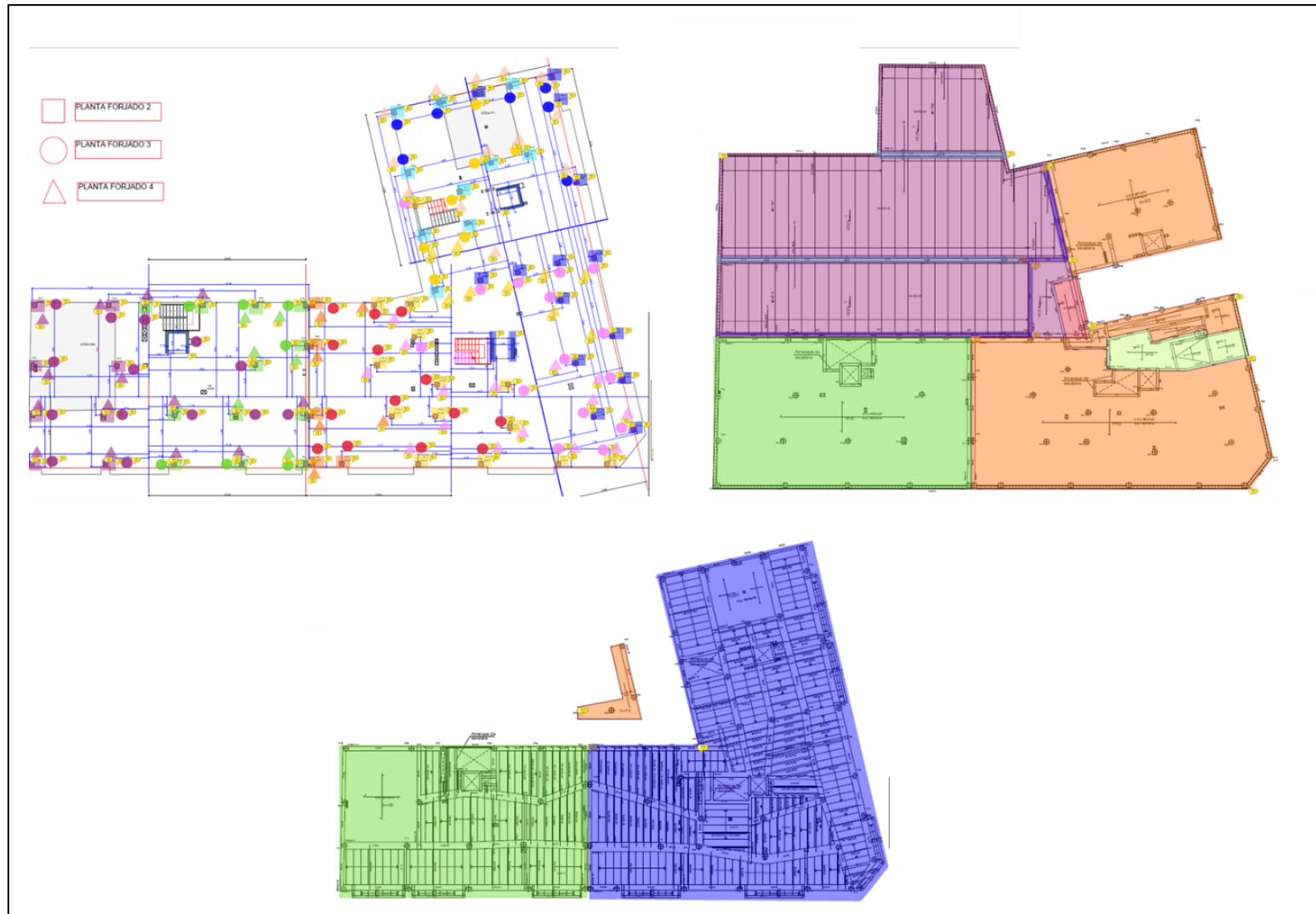


Figura 30. Ejemplo del seguimiento gráfico de ejecución de estructura
Elaboración propia

TIPO ESTRUCTURA	DISEÑO HORMIGON	% PROM. DESPERDICI	CANTIDAD [m ²]	CANTIDAD [m ³]	Cuántia / m ²
PILARES	HA-25/B/20/IIb	8,79%	129,86	157,30	1,2113
MUROS PANTALLA	HA-25/B/20/IIa	12,56%	254,65	86,00	0,3377
MUROS ASCENSORES	HA-25/B/12/IIb	21,26%	261,89	65,00	0,2482
MUROS	HA-25/B/20/IIb	4,48%	9,57	2,00	0,2090
FORJADO 1	HA-25/B/20/IIb	1,82%	858,18	261,50	0,3047
VIGAS ALVEOLARES	HA-25/B/12/IIb	27,05%	32,04	17,00	0,5306
FORJADO 2(h=0,30)	HA-25/B/20/IIb	3,12%	145,46	45,00	0,3094
FORJADO 2	HA-25/B/20/IIb	3,67%	806,01	160,50	0,1991
FORJADO 2(h=0,15)	HA-25/B/20/IIb	5,29%	15,83	2,50	0,1579
FORJADO 3	HA-25/B/20/IIb	3,47%	790,12	167,00	0,2114
FORJADO 3(h=0,30)	HA-25/B/20/IIb	8,46%	115,63	37,00	0,3200
FORJADO 4	HA-25/B/20/IIb	1,02%	790,12	160,00	0,2025
FORJADO 4(h=0,30)	HA-25/B/20/IIb	0,75%	115,63	35,00	0,3027
PLACAS ALVEOLARES	HA-25/B/20/IIb	7,48%	642,63	83,50	0,1299
FORJADO 6	HA-25/B/20/IIb	3,26%	493,81	108,50	0,2197
FORJADO 6(h=0,30)	HA-25/B/20/IIb	0,22%	166,33	50,00	0,3006
FORJADO 7	HA-25/B/20/IIb	30,75%	19,12	5,00	0,2615

FECHA	UBICACIÓN	TIPO ESTR.	ESP.	ÁREA	VOL	TIPO	VOL	%	ALBARAN
FECHA	UBICACIÓN	TIPO ESTR.	TEOR.	ÁREA	TEOR. m ³	HORMIGON	REAL m ³	DESPE	ALBARAN
21/02/2022	P63-P68-P66-P??-P82-P55-P54-P53-P44-P43-P39-P42-P41-P28-P18	PILARES	1	6,55767	6,56	HA-25/B/20/IIb	8,00	21,93%	27111(4M3) - 27082 (4,5M3)
22/02/2022	P36-P37-P38-P25-P14-P15-P16-P26-P17-P22-P43	PILARES	1	5,3574	5,36	HA-25/B/20/IIb	8,00	43,33%	27167 (4M3) - 27121 (4M3)
23/02/2022	P73,P78,P77 (SOT A PB)	MUROS ASCENSORES	0,2	27,573	5,51	HA-25/B/12/IIb	6,00	8,80%	27213
11/03/2022	RAMPA PARKING	RAMPA PARKING	0,22	114,392	25,17	HA-25/B/20/IIb	26,00	3,31%	27530(8M3)-27536(8M3)-27534(10M3)
11/03/2022	FORJADO 1A	FORJADO 1	0,3	307,2496	92,17	HA-25/B/20/IIb	94,00	1,98%	27542(8M3)-27544(8M3)-27545(7,5M3)-27546(8M3)-27547(8M3)-27548(8M3)-27549(8M3)-27550(8M3)-27551(8M3)-27552(10M3)-27553(7,5M3)-27554(5M3)-27553(7M3)
11/03/2022	PANTALLA ULTIMO TRAMO	MUROS PANTALLA	0,3	15,447	4,63	HA-25/B/20/IIa	7,00	51,05%	27553(7M3)
25/03/2022	PILARES (P58-P57-P52-P53-P54-P55-P56) RAMPA A F1	PILARES	1	2,45	2,45	HA-25/B/12/IIa	2,50	2,04%	HORMIGONES CALETA 63494 (6M3)
25/03/2022	MUROS ASCENSORES P77 (PB A PB)	MUROS ASCENSORES	0,2	15,974	3,19	HA-25/B/12/IIa	3,50	3,55%	HORMIGONES CALETA 63494 (6M3)
25/03/2022	PILARES (P35,P24,P13,P1,P36,P25,P14,P2,P27,P17)	PILARES	1	5,182	5,12	HA-25/B/12/IIa	6,00	17,23%	HORMIGONES CALETA 63505 (6M3)
28/03/2022	PILARES (P37,P38,P39,P40,P26,P15,P16,P3,P4,P5)	PILARES	1	5,216	5,22	HA-25/B/12/IIb	6,00	15,03%	27577(6M3)

Figura 31. Fragmento cuadro de control de desperdicios de hormigón
Elaboración propia

CUADRO DE CONTROL DE PLANILLAS DE FERRALLA												
PROYECTO: ROCAFORT GARDENS OBRA DE EDIFICACIÓN DE 36 VIVIENDAS												
PEDIDO	FECHA	DIÁMETRO	CODIGO PARTID A	PESO	Nº No. Planilla	ELEMENTO Y LOCALIZACIÓN	FECHA DE PEDIDO	FECHA CONFIRMACION DE PEDIDO	FECHA DE REQUERIDA	APROBACIÓN	FECHA LLEGO A OBRA	DIAS RETRASO EN LLEGADA
			7	66.00								
58204	28/02/2022	5		25.69	58204	Forjado 1 A	01/03/2022	01/03/2022	02/03/2022	WILLIAM	08/03/2022	6
58204	28/02/2022	8		142	58204	Forjado 1 A	01/03/2022	01/03/2022	02/03/2022	WILLIAM	08/03/2022	6
58204	28/02/2022	10		2743.41	58204	Forjado 1 A	01/03/2022	01/03/2022	02/03/2022	WILLIAM	08/03/2022	6
58204	28/02/2022	12		528.28	58204	Forjado 1 A	01/03/2022	01/03/2022	02/03/2022	WILLIAM	08/03/2022	6
58204	28/02/2022	16		4536.08	58204	Forjado 1 A	01/03/2022	01/03/2022	02/03/2022	WILLIAM	08/03/2022	6
58204	28/02/2022	20		31	58204	Forjado 1 A	01/03/2022	01/03/2022	02/03/2022	WILLIAM	08/03/2022	6
			14	8006.46								
58305	04/03/2022	5		12.64	58305	Forjado 1 C	04/03/2022	04/03/2022	09/03/2022	WILLIAM	11/03/2022	2
58305	04/03/2022	8		77.93	58305	Forjado 1 C	04/03/2022	04/03/2022	09/03/2022	WILLIAM	11/03/2022	2
58305	04/03/2022	10		1322.47	58305	Forjado 1 C	04/03/2022	04/03/2022	09/03/2022	WILLIAM	11/03/2022	2
58305	04/03/2022	12		204.02	58305	Forjado 1 C	04/03/2022	04/03/2022	09/03/2022	WILLIAM	11/03/2022	2
58305	04/03/2022	16		2012.29	58305	Forjado 1 C	04/03/2022	04/03/2022	09/03/2022	WILLIAM	11/03/2022	2
58305	04/03/2022	20		52.02	58305	Forjado 1 C	04/03/2022	04/03/2022	09/03/2022	WILLIAM	11/03/2022	2
			14	3681.37								
58318	04/03/2022	5		29.3	58318	P=1/5; P=2/3/4; P=13/14/15/16/25/26; P=36/39/40; P17; P=24/27; P35; P=37/38; P77	04/03/2022	07/03/2022	14/03/2022	WILLIAM	11/03/2022	-3
58318	04/03/2022	8		398.6	58318	P=1/5; P=2/3/4; P=13/14/15/16/25/26; P=36/39/40; P17; P=24/27; P35; P=37/38; P77	04/03/2022	07/03/2022	14/03/2022	WILLIAM	11/03/2022	-3
58318	04/03/2022	10		233.48	58318	P=1/5; P=2/3/4; P=13/14/15/16/25/26; P=36/39/40; P17; P=24/27; P35; P=37/38; P77	04/03/2022	07/03/2022	14/03/2022	WILLIAM	11/03/2022	-3
58318	04/03/2022	12		644.91	58318	P=1/5; P=2/3/4; P=13/14/15/16/25/26; P=36/39/40; P17; P=24/27; P35; P=37/38; P77	04/03/2022	07/03/2022	14/03/2022	WILLIAM	11/03/2022	-3

Figura 32. Fragmento cuadro de control pedidos de acero de refuerzo
Elaboración propia

Estas herramientas integradas facilitaron el control y seguimiento de los recursos, así como la gestión efectiva de proveedores y subcontratistas, con el objetivo de cumplir con los plazos establecidos en el cronograma y línea base de tiempo. Como resultado de la gestión de la información tradicional en la fase de estructura, se ha realizado una comparación y análisis de los desfases en relación con la planificación detallada de obra, los cuales se presentan en la **Tabla 4-5** y **Tabla 4-6**.

*Tabla 4-5. Comparativo línea base de tiempo y estado real de la obra estructura
Elaboración propia, resultados gestión en Microsoft Project*

Nombre de actividad	Duración	Inicio línea base estimado	Fin línea base previsto	Comienzo real	Fin real	Variación (días)
ESTRUCTURA	127,5 días	vie 18/02/22	jue 21/07/22	vie 18/02/22	vie 05/08/22	12,5 días
Losa Alveolar	66,38 días	lun 28/02/22	vie 03/06/22	lun 28/02/22	vie 27/05/22	-4,63
Forjado 1A	17,25 días	vie 18/02/22	vie 11/03/22	vie 18/02/22	vie 11/03/22	0,13
Forjado 1B-1C	30 días	vie 18/02/22	jue 31/03/22	vie 18/02/22	jue 31/03/22	0,13
Forjado 2A	13 días	lun 28/03/22	mar 12/04/22	lun 28/03/22	mar 12/04/22	0,13
Forjado 2B-2C	19 días	lun 04/04/22	lun 02/05/22	lun 04/04/22	lun 02/05/22	1,00
Forjado 3A	19,63 días	mar 12/04/22	mié 04/05/22	mar 12/04/22	mié 11/05/22	6,63
Forjado 3B-3C	14,5 días	mar 03/05/22	vie 20/05/22	mié 04/05/22	vie 20/05/22	0,75
Forjado 4A	13,38 días	vie 20/05/22	vie 03/06/22	jue 12/05/22	vie 27/05/22	-5,63
Forjado 4B-4C	13,38 días	lun 23/05/22	mar 14/06/22	lun 23/05/22	mar 07/06/22	-4,75
Forjado 5A	14,5 días	mar 14/06/22	mié 29/06/22	mar 31/05/22	jue 16/06/22	-8,88
Forjado 5B-5C	16,75 días	mar 14/06/22	mié 29/06/22	mié 08/06/22	mié 29/06/22	0,13
Forjado 6A	13,38 días	mié 29/06/22	vie 08/07/22	vie 17/06/22	mar 05/07/22	-3,38
Forjado 6B-6C	13,38 días	mié 29/06/22	vie 08/07/22	jue 30/06/22	vie 15/07/22	5,63
Forjado 7	15,63 días	lun 11/07/22	vie 15/07/22	mar 19/07/22	vie 05/08/22	17,50

*Tabla 4-6. Comparativo porcentaje acumulado planificado y real estructura
Elaboración propia, resultados gestión en Microsoft Project*

Nombre de actividad	% Porcentaje Completado Acumulado Planificado						% Porcentaje Completado Acumulado Real						
	Febrero 2022	Marzo 2022	Abril 2022	Mayo 2022	Junio 2022	Julio 2022	Febrero 2022	Marzo 2022	Abril 2022	Mayo 2022	Junio 2022	Julio 2022	Agosto 2022
ESTRUCTURA	9%	24%	54%	74%	90%	100%	8%	22%	54%	73%	87%	98%	100%
RAMPA GARAJE	2%	100%	100%	100%	100%	100%	2%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
FORJADO 1	20%	44%	75%	97%	100%	100%	17%	40%	84%	100%	100%	100%	100%
FORJADO 1 Losa Alveolar	1%	11%	61%	95%	100%	100%	2%	13%	77%	100%	100%	100%	100%
FORJADO 1A PB	59%	100%	100%	100%	100%	100%	59%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
FORJADO 1C-1B	44%	100%	100%	100%	100%	100%	44%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
FORJADO 2		10%	100%	100%	100%	100%		9%	99%	100%	100%	100%	100%
FORJADO 2A		32%	100%	100%	100%	100%		32%	100%	100%	100%	100%	100%
FORJADO 2C-2B			99%	100%	100%	100%			98%	100%	100%	100%	100%
FORJADO 3			35%	100%	100%	100%			14%	100%	100%	100%	100%
FORJADO 3A			76%	100%	100%	100%			32%	100%	100%	100%	100%
FORJADO 3C-3B				100%	100%	100%				100%	100%	100%	100%
FORJADO 4				43%	100%	100%				67%	100%	100%	100%
FORJADO 4A				62%	100%	100%				100%	100%	100%	100%
FORJADO 4C-4B				31%	100%	100%				43%	100%	100%	100%
FORJADO 5 ATICO					100%	100%				3%	100%	100%	100%
FORJADO 5A ATICO					100%	100%				8%	100%	100%	100%
FORJADO 5B-5C ATICO					100%	100%					100%	100%	100%
FORJADO 6° CUB.					16%	100%				16%	100%	100%	100%
FORJADO 6A CUB.					16%	100%				38%	100%	100%	100%
FORJADO 6B-6C CUB.					16%	100%				5%	100%	100%	100%
FORJADO 7° CASETON						100%					72%	100%	100%

Aunque se observan variaciones en la duración de cada forjado en relación con su fecha de finalización prevista, es importante analizar el conjunto de la ejecución de estructura en su totalidad. La finalización de la estructura se retrasó 12 días con respecto a la planificación de obra, lo que representa una variación del 9,80% respecto al plan. Sin embargo, en comparación con la planificación del proyecto de ejecución, se concluye la estructura aproximadamente una semana antes de lo previsto cumpliendo así los plazos contractuales. Es importante destacar que, a lo largo de la ejecución, las variaciones en el porcentaje acumulado completado entre el plan y lo realmente ejecutado se mantuvieron en niveles relativamente bajos, como se muestra en la **Tabla 4-7** y **Figura 33**. No obstante, es necesario tener en cuenta los factores que influyeron e indujeron estas diferencias entre la planificación de obra y la ejecución.

Tabla 4-7. Porcentaje de variación de planificación respecto a real estructura
Elaboración propia

% Porcentaje de variación						
Febrero 2022	Marzo 2022	Abril 2022	Mayo 2022	Junio 2022	Julio 2022	Agosto 2022
1%	2%	0%	1%	3%	2%	0%

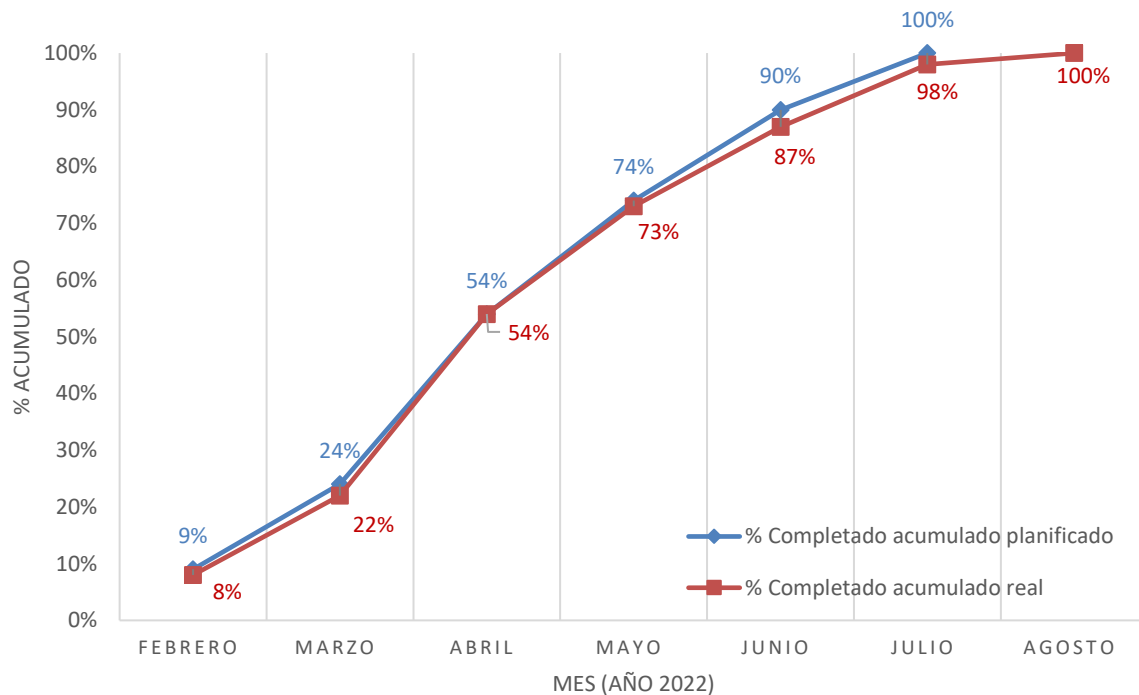


Figura 33. Porcentaje acumulado completado de la estructura
Elaboración propia

Durante la ejecución de la estructura, se identificaron causas de retraso, destacando dos que tuvieron un impacto significativo en la productividad. En primer lugar, el clima fue un factor determinante, ya que entre abril y mayo se registraron niveles máximos de lluvia en la ciudad de València. De hecho, el 03 de mayo de 2022, se alcanzó el mayor índice de precipitación acumulada registrado en la ciudad, superando el récord anterior de 1871 (El País, 2022). Estas intensas lluvias afectaron gran parte de la comunidad Valenciana, lo que generó aproximadamente un retraso de cinco días en la obra debido a las condiciones adversas que hacían imposible trabajar en ese periodo. Otro factor imprevisto que afectó tanto la producción como los precios de los insumos fue la huelga de transportistas a nivel nacional en España durante marzo del mismo año. Esta huelga se extendió por 11 días, desde el 14 al 29 de marzo de 2022, y tuvo un impacto directo en el suministro de materiales de obra, ocasionando complicaciones y retrasos adicionales.

Estos eventos, el clima extremo y la huelga de transportistas, contribuyeron en gran medida a los retrasos experimentados en la ejecución de la estructura. Ambos factores estuvieron fuera del control del equipo de construcción y se presentaron como circunstancias imprevistas que afectaron negativamente el avance del proyecto.

Es importante tener en cuenta las consideraciones anteriores al evaluar la justificación de los retrasos ocurridos durante este período. Como se observa en la *Figura 33* y *Tabla 4-5* entre los meses de marzo y mayo se presentan las principales variaciones viéndose reflejados en el acumulado del mes de junio. Además, se identificaron otros factores que tuvieron un impacto menos significativo en la ejecución, como los plazos de suministro de materiales, el rendimiento de la mano de obra en días de altas temperaturas, las indefiniciones y cambios arquitectónicos.

No obstante, llama la atención el retraso más destacado, que corresponde al forjado 7 con un atraso de 17 días. Esto se debió principalmente a la demora ocasionada en la construcción del muro de fábrica que soporta dicho forjado, causada por la mano de obra no cualificada. Es importante señalar que este forjado no formaba parte de las actividades críticas, por lo tanto, tenía cierta holgura y este retraso no afectó el inicio de las actividades sucesoras.

Finalmente, es importante destacar que, en la planificación y ejecución de la estructura, siempre existe un cierto grado de incertidumbre que resulta difícil de gestionar. Como se puede apreciar en esta programación, cualquier imprevisto puede tener un impacto significativo en el proyecto, dando lugar a mayores retrasos acumulados. Para la construcción de la estructura en particular, el porcentaje de cumplimiento de la planificación alcanzó el 90.2%. Este logro se atribuye, en parte, a que el proceso de ejecución de estructura se realiza de manera repetitiva y escalonada, lo que optimiza el flujo de los recursos y facilita el control y seguimiento del proyecto. Es esencial tener en cuenta esta incertidumbre inherente a la construcción y reconocer la importancia de una planificación sólida y una gestión eficiente para afrontar posibles desafíos y mantener el proyecto en curso. El enfoque de esta planificación ha demostrado ser efectivo para alcanzar un alto nivel de cumplimiento.

4.2.2 Fase inicial de acabados e instalaciones

En esta etapa se analiza todas las actividades gestionadas antes de la implementación del LPS en obra, correspondientes a instalaciones y acabados. Cabe recordar que las instalaciones y acabados comprenden aproximadamente el 76% del proyecto por lo cual es una de las etapas con mayor nivel de detalle y especial cuidado, teniendo en cuenta que comprende la ejecución de cubiertas, cerramientos, elementos divisorios, revestimientos verticales, pavimentos, acabado de techos, carpintería de madera, carpintería de aluminio, cerrajería, material sanitario, equipamientos, cocinas, instalaciones de clima, ventilación, extracción, fontanería, saneamiento, sistema contraincendios, aerotermia ACS, audiovisuales y comunicaciones, electricidad, aparatos elevadores y todas las actividades propias de urbanización. La planificación y ejecución de esta etapa se realizó dividiendo el edificio en los tres bloques descritos anteriormente, también referenciados en la *Figura 34*.

Es importante resaltar el reto que implica la gestión de esta fase del proyecto pues es necesario una definición clara y precisa de cómo se va a ejecutar, adicional a esto la gran cantidad de subcontratistas, industriales, proveedores y demás involucrados en el proceso productivo que se deben gestionar por parte del equipo de obra, por lo que se analiza el antes evidenciando atrasos de actividades críticas y el después de la implementación del LPS.



Figura 34. Fotografía etapa inicial de acabados con distribución de bloques
Elaboración propia

4.2.2.1 Planificación detalla de obra

En esta fase, se implementa una planificación tradicional similar a la desarrollada en la etapa de estructura. Debido a su mayor complejidad y el número de actividades involucradas, el edificio se dividió en tres bloques, como se muestra en la **Figura 34**. A continuación, se presenta la planificación de esta etapa, en la cual se han experimentado retrasos significativos. Es importante destacar que se planifica la totalidad de la obra restante, esto con el fin de tener una visión global del proyecto y de esta forma cumplir con las fechas contractuales.

En esta etapa, el flujo continuo de materiales se destaca como un factor fundamental para el suministro en diversos frentes de trabajo, lo que hace que la logística juegue un papel fundamental. Para gestionar eficientemente el suministro de materiales, se han establecido tres zonas de plataformas (una por bloque) para la elevación y descarga, además de una adecuada gestión de los residuos de construcción, como se muestra en la **Figura 35**. También se cuenta con una torre grúa que facilita la logística general de la obra, estos elementos logísticos formaran parte crucial en la implementación y desarrollo del LPS.



Figura 35. Imagen de plataformas de elevación y descarga en obra
Elaboración propia

En esta fase, se desarrolla la planificación detallada de toda la obra, aunque es relevante mencionar que la mayoría de las actividades fueron replanificadas durante la implementación del LPS, por lo que el enfoque se realiza específicamente en las actividades gestionadas y ejecutadas en esta etapa.

En la **Tabla 4-8** se encuentran definidas las actividades a planificar, clasificadas en siete capítulos principales, cada uno con sus respectivos subcapítulos. Es importante destacar el capítulo de Viviendas, donde se presentan únicamente las actividades gestionadas en esta etapa, ya que el resto se planifican durante la etapa de implementación del LPS.

*Tabla 4-8. Definición de actividades fase de acabados e instalaciones inicial
Elaboración propia*

Capítulo	Subcapítulo	Actividades
Viviendas	Bloque A	Las siguientes actividades están incluidas en los tres bloques: ➤ Albañilería de fachadas y zonas comunes ➤ Taladros ➤ Enfoscado
	Bloque B	➤ Perfiles en techo ➤ Yeso en techos ➤ Verticales de saneamiento, ventilación y máquinas de clima
	Bloque C	➤ Semiseco ➤ Primera cara pladur ➤ Tubo eléctrico y telecomunicaciones ➤ Fontanería, desagües de saneamiento y conductos de clima
Zonas comunes	Bloque A	Las siguientes actividades están incluidas en los tres bloques: ➤ Regatas ➤ Instalaciones empotradas ➤ Yeso en patinillos y muros
	Bloque B	➤ Instalaciones en patinillos y techos ➤ Peldaños de escaleras ➤ Pavimento en rellanos y escaleras ➤ Autonivelante y semiseco ➤ Pavimento de gres ➤ Rodapié
	Bloque C	➤ Falsos techos, trasdosados y registros ➤ Carpintería de aluminio y vidrio ➤ Primera mano de pintura ➤ Barandillas y pasamanos ➤ Segunda mano de pintura
Cubiertas	-	➤ Vigas ascensor y enanos de hormigón ➤ Antepechos ➤ Chimeneas ➤ Pendientes en mortero ➤ Impermeabilización ➤ Bajantes ➤ Tejados y gravas ➤ Capuchones de ventilación ➤ Albardillas ➤ Sate / mortero ➤ Apoyos máquinas exteriores de clima ➤ Línea de vida

Tabla 4-8. Definición de actividades fase de acabados e instalaciones inicial
Elaboración propia

Capítulo	Subcapítulo	Actividades
Fachadas y balcones	Fachada interior	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Andamio ➤ Enfoscado de regularización ➤ Aislamiento sate ➤ Vierte aguas ➤ Enfoscado ➤ Acrílico en sate (acabado final) ➤ Desmontaje andamio
	Medianeras	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Andamio ➤ Albañilería ➤ Enfoscado ➤ Pintura ➤ Desmontaje andamio
	Fachada exterior	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Andamio ➤ Tejas ➤ Enfoscado de regularización ➤ Aislamiento sate ➤ Mortero de cal en canto de forjado y techos en frente balcones ➤ Cerrajería en balcón Perfil u ➤ Pavimento en gres balcones ➤ Acrílico en sate (acabado final) ➤ Desmontaje andamio ➤ Barandilla de balcones
Urbanización	-	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Muro de bloque hormigón ➤ Conductos extracción ➤ Impermeabilización con polibreal y protección ➤ Rellenos de hormigón y pendientes ➤ Tejado de bicis ➤ Pavimentos adoquín y piedra natural ➤ Vallados ➤ Mobiliario urbano ➤ Luminarias ➤ Jardinería y riego
Piscina	-	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Muro de hormigón ➤ Muro en bloque de hormigón ➤ Instalaciones previas fontanería y eléctricas ➤ Forjado (encofrado, ferrallado y hormigonado) ➤ Impermeabilización ➤ Rellenos de tierra ➤ Instalaciones Piscina (Incluye cuarto técnico) ➤ Desmontaje Grúa ➤ Gunitado piscina ➤ Acabados Piscina. Gresite ➤ Acabados Piscina. Coronación hormigón raspado in situ ➤ Acabados Piscina. Led
Sótano	Obra civil	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Albañilería ➤ Revestimientos verticales ➤ Impermeabilización fosos y arquetas ➤ Pavimentos ➤ Falsos techos ➤ Pintura

Tabla 4-8. Definición de actividades fase de acabados e instalaciones inicial
Elaboración propia

Capítulo	Subcapítulo	Actividades
	Instalaciones	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Acometida de saneamiento ➤ Instalación PCI ➤ Instalación de fontanería y ACS ➤ Instalación de extracción ➤ Instalación eléctrica ➤ Detección incendios ➤ Instalación telecomunicaciones ➤ Instalación iluminación ➤ Sectorización incendios ➤ Suministro depósitos aerotermia ➤ Instalación aerotermia

En el proceso de definición de la secuencia lógica de las actividades para cada uno de los capítulos, se realizó un análisis detallado hasta el final de la obra, teniendo en cuenta todas las actividades involucradas en cada capítulo específico. El resultado de este proceso se refleja en las figuras a continuación, donde se detallan las actividades replanificadas en el LPS para cada capítulo. Cada figura muestra de manera clara y precisa cómo se estructuraron las actividades en secuencia, permitiendo visualizar su interdependencia y flujo de trabajo.

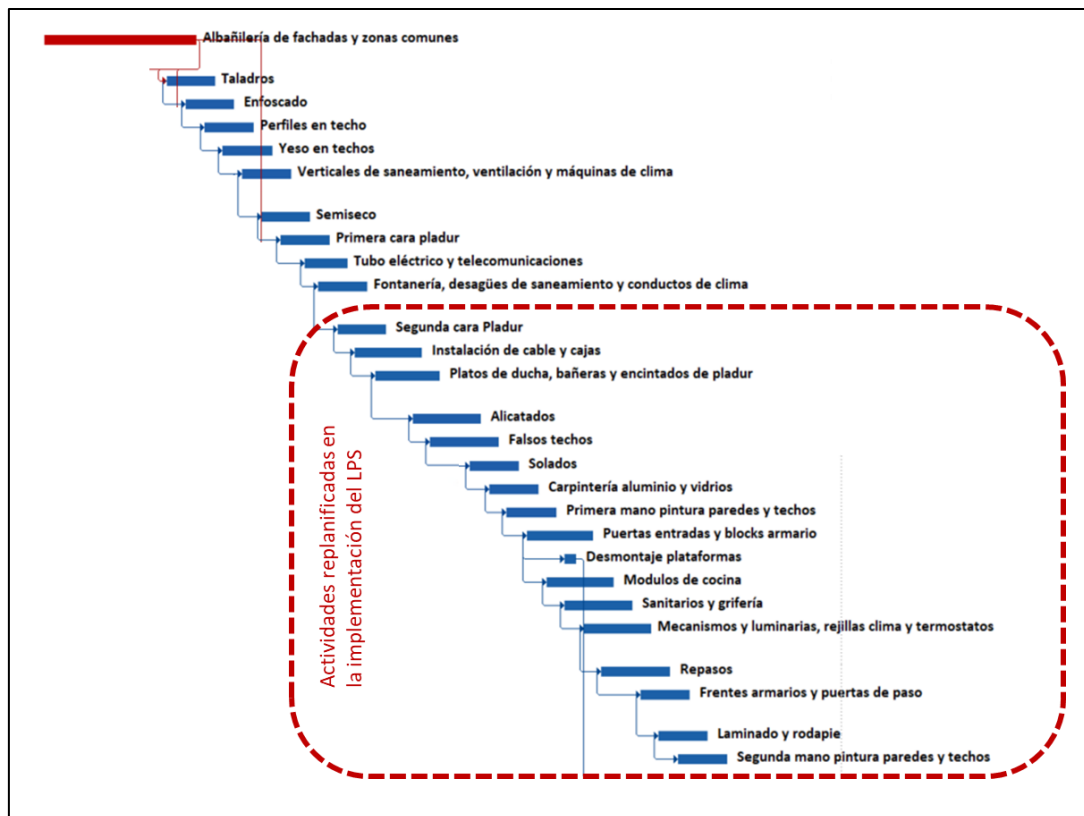


Figura 36. Secuencia lógica de actividades en viviendas bloque A, B y C
Elaboración propia

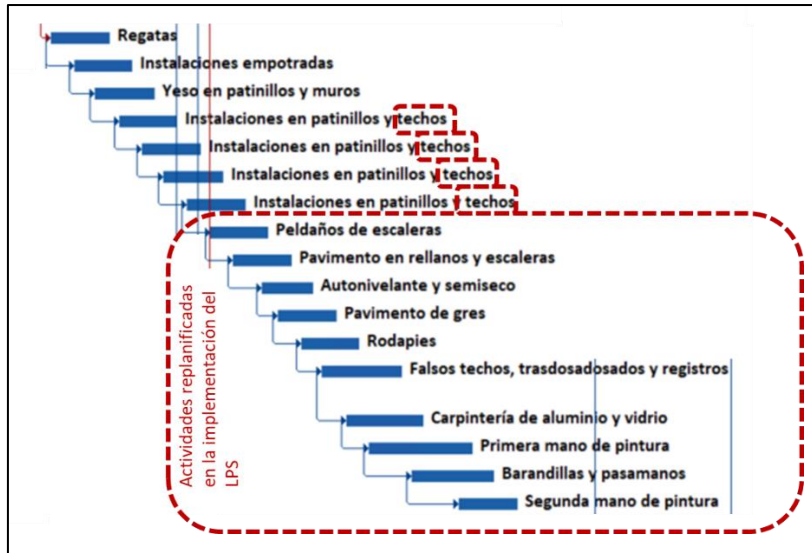


Figura 37. Secuencia lógica de actividades en zonas comunes bloque A, B y C
Elaboración propia

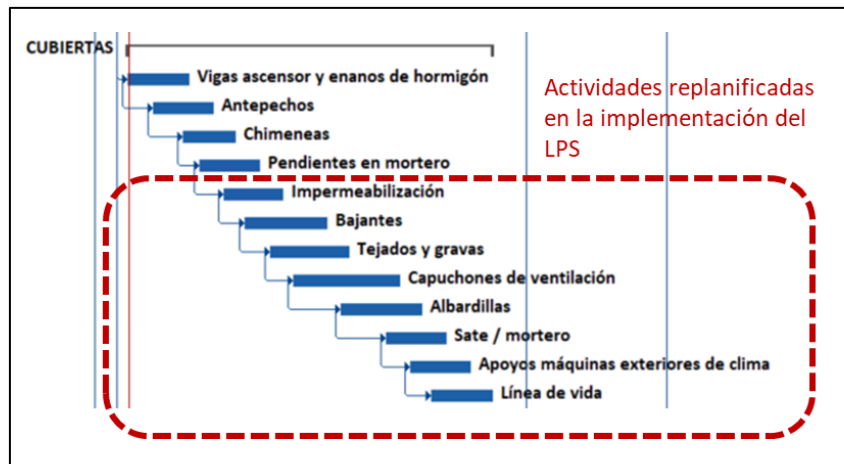


Figura 38. Secuencia lógica de actividades en cubiertas bloque A, B y C
Elaboración propia

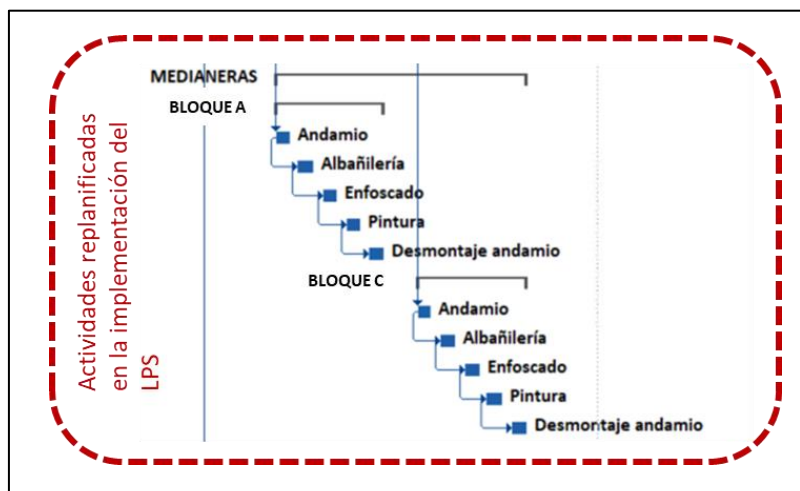


Figura 39. Secuencia lógica de actividades en medianeras bloque A y C
Elaboración propia

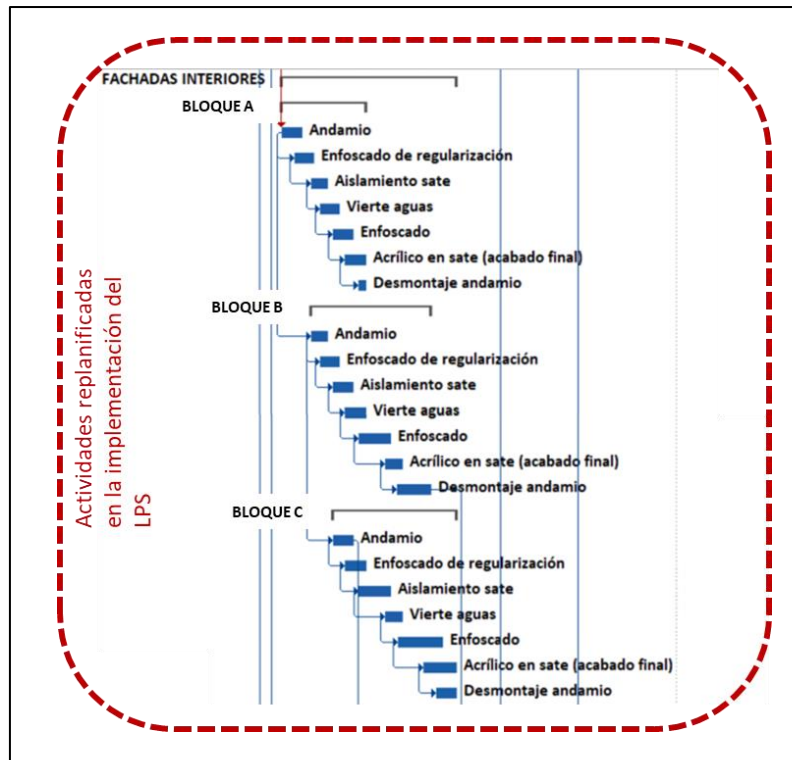


Figura 40. Secuencia lógica de actividades en fachadas interiores A, B y C
Elaboración propia

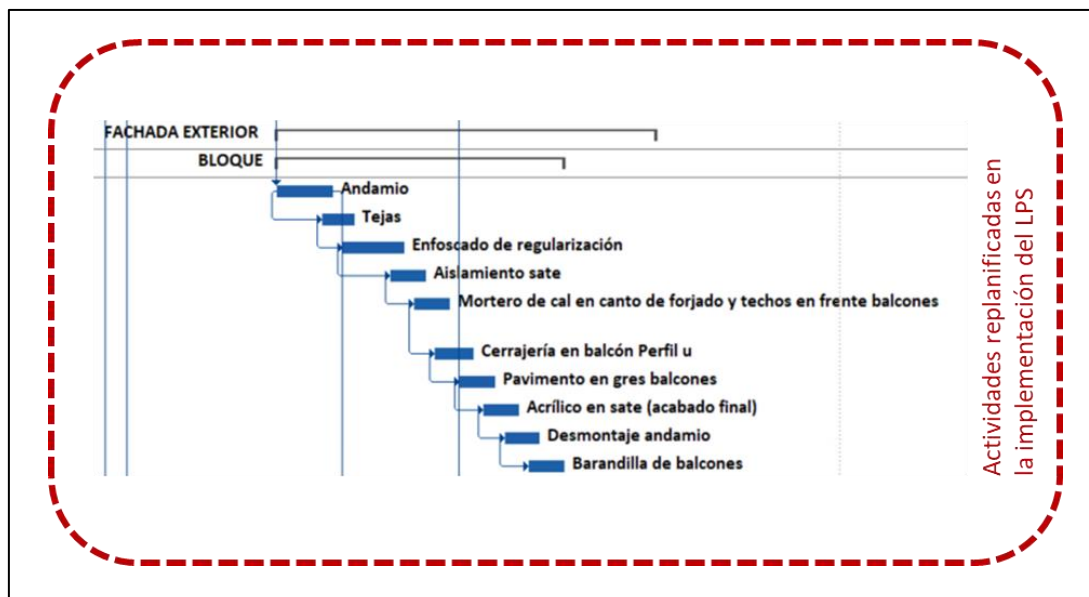


Figura 41. Secuencia lógica de actividades en fachadas exteriores bloque A, B y C
Elaboración propia

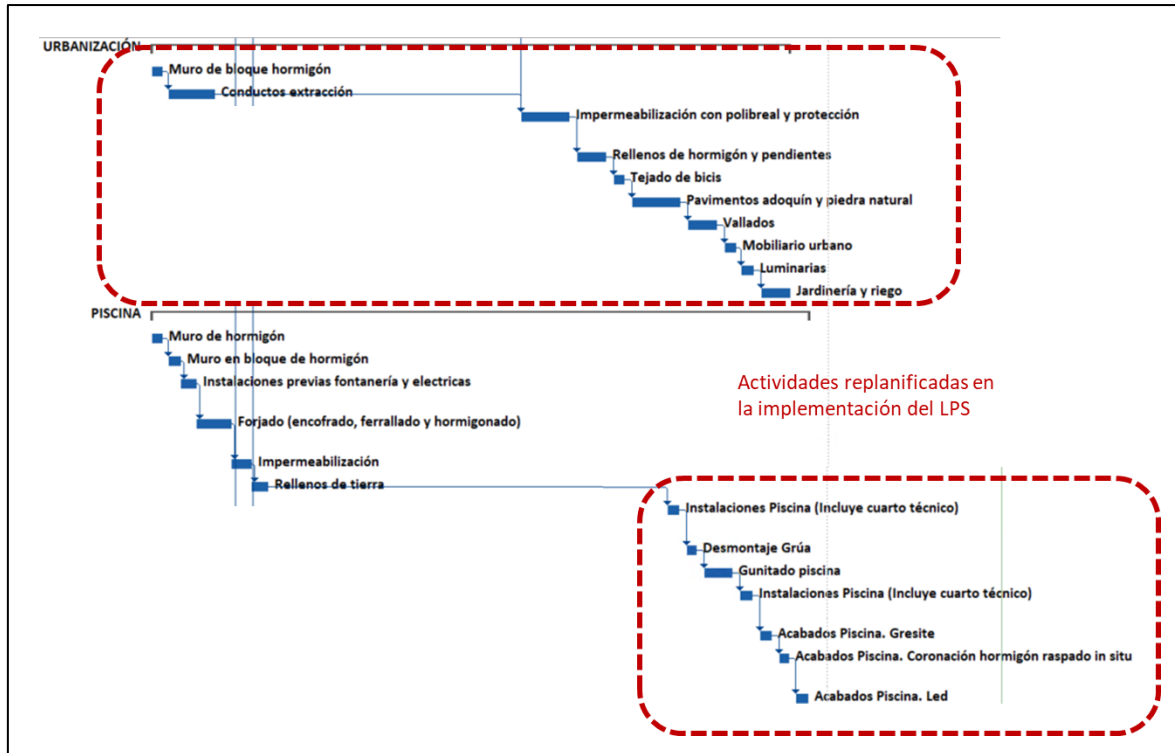


Figura 42. Secuencia lógica de actividades en urbanización y piscina
Elaboración propia

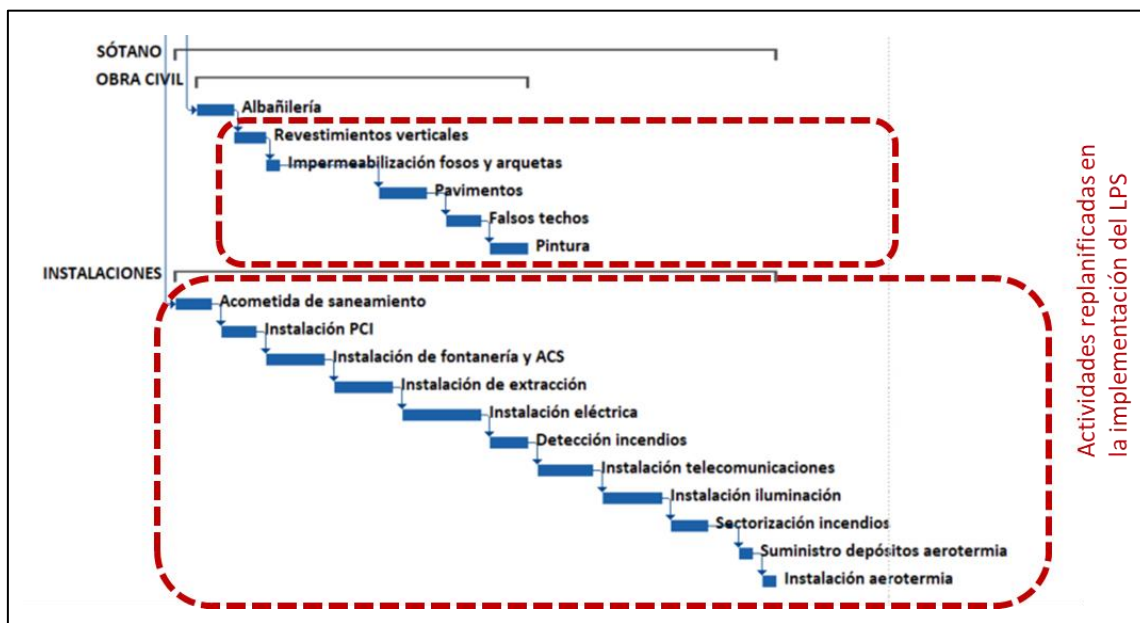


Figura 43. Secuencia lógica de actividades en sótano
Elaboración propia

Este enfoque de secuencia lógica de actividades fue fundamental para garantizar una ejecución eficiente y ordenada de la obra y proporciono un punto de partida para el desarrollo e implementación del LPS asegurando que las actividades se realicen de manera coherente y coordinada.

En cuanto a la definición de los recursos necesarios para cada actividad, se procedió a asignar las actividades a los respectivos subcontratistas o industriales, quienes contaban con equipos de trabajo capacitados (UP) responsables de llevar a cabo cada actividad de acuerdo con los tiempos establecidos en la planificación. Esta asignación se encuentra detallada en la **Tabla 4-9**, donde se muestra la distribución de los principales oficios entre los diferentes actores involucrados en el proyecto.

En este sentido, la constructora debe realizar una evaluación constante para verificar si el rendimiento y la cantidad de personal asignado cumplen con la planificación. En caso de detectar desviaciones o discrepancias, se deben tomar acciones correctivas de manera oportuna. Además, si es necesario, se solicitarán recursos adicionales para garantizar el cumplimiento del cronograma y la ejecución eficiente de las actividades. Esta práctica de ajustar y reevaluar los recursos es una característica propia de la planificación tipo push. Es importante destacar que en la delineación de los roles de cada subcontratista se han establecido tres categorías distintas. La primera es "subcontratista", que abarca a aquellas empresas encargadas de proveer materiales y ejecutar actividades específicas. La segunda es "mano de obra", englobando a las empresas que únicamente aportan personal especializado para llevar a cabo un oficio particular, destacando que esta mano de obra no es propia de la constructora. La tercera categoría es "industrial", dirigida a empresas que se dedican a la fabricación y/o manufactura, provisión y ejecución de una actividad particular. Estas distinciones se hicieron especialmente en consideración de las posibles implicaciones que puedan surgir en términos de la disponibilidad de recursos y la influencia del jefe de obra en dichas empresas.

Tabla 4-9. Asignación de las actividades a los oficios (recursos)
Elaboración propia

Oficio	Actividades	Tipo
Tabique Gran formato satebrick	➤ Albañilería de fachadas y zonas comunes	Subcontratista
Perforaciones	➤ Taladros ➤ Regatas	Mano de obra
Yesos	➤ Enfoscados ➤ Yeso en techos ➤ Yeso en muros ➤ Enfoscados de regularización	Subcontratista
Tabiques y techos pladur	➤ Perfiles en techo ➤ Primera y segunda cara de pladur ➤ Falsos techos ➤ Trasdosadosados y registros	Subcontratista
Soleras	➤ Semiseco ➤ Autonivelante	Subcontratista
Pavimentos	➤ Peldaños de escaleras ➤ Pavimento en rellanos y escaleras ➤ Pavimento de gres ➤ Rodapié zona común ➤ Pavimentos adoquín	Mano de obra
Carpintería de aluminio	➤ Carpintería de aluminio ventanas y puertas en zaguanes	Industrial
Vidrios	➤ Vidriería	Industrial
Cerrajería	➤ Barandillas y pasamanos ➤ Barandilla de balcones y perfiles en U ➤ Vallados	Industrial
Albañilería	➤ Vigas ascensor y enanos de hormigón ➤ Antepechos ➤ Chimeneas ➤ Instalación capuchones de ventilación ➤ Instalación albardillas	Mano de obra

Tabla 4-9. Asignación de las actividades a los oficios (recursos)
 Elaboración propia

Oficio	Actividades	Tipo
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Instalación apoyos máquinas exteriores de clima ➤ Instalación vierte aguas ➤ Albañilería general ➤ Muro de bloque hormigón ➤ Tejado de bicis 	
Estructura	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Muro de hormigón ➤ Forjado (encofrado, ferrallado y hormigonado) 	Mano de obra
Impermeabilizaciones	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pendientes en mortero ➤ Impermeabilización ➤ Gravas ➤ Impermeabilización con polibreal y protección ➤ Rellenos de hormigón y pendientes ➤ Impermeabilización fosos y arquetas 	Subcontratista
Cubiertas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tejado 	Subcontratista
Aislamientos fachada	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aislamiento sate ➤ Acrílico en sate (acabado final) ➤ Mortero de cal en canto de forjado y techos en frente balcones 	Subcontratista
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Línea de vida 	Subcontratista
Andamios	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Montaje andamio ➤ Desmontaje andamio 	Subcontratista
Electricidad y telecomunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tubo eléctrico y telecomunicaciones ➤ Instalaciones empotradas ➤ Instalaciones en patinillos y techos ➤ Luminarias 	Subcontratista
Fontanería y saneamiento	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Verticales de saneamiento ➤ Fontanería, desagües de saneamiento en viviendas ➤ Instalaciones en patinillos y techos ➤ Acometida de saneamiento 	Subcontratista
Clima y ventilación	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Verticales de clima y ventilación ➤ Instalaciones en patinillos y techos 	Subcontratista
Extracción	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Conductos extracción sótano ➤ Instalación de máquinas extracción 	Subcontratista
ACS	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Instalación de fontanería ACS ➤ Instalación aerotermia 	Subcontratista
PCI	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Instalación PCI ➤ Detección incendios ➤ Sectorización incendios 	Subcontratista

El cronograma del proyecto fue elaborado en base a las definiciones previas, representando así la línea base o plan maestro para su ejecución, seguimiento y control. En la **Tabla 4-10** se resumen las programaciones y duraciones específicas de cada capítulo. De acuerdo con esta planificación, se establece que el proyecto debería finalizar el 19 de mayo de 2023. Durante la etapa de seguimiento y control del **capítulo 4.2.2.2**, se identificaron ciertas variaciones que surgieron en la ejecución, lo que llevó a la implementación del LPS como una acción correctiva, esta herramienta de gestión se introdujo con el objetivo de abordar y resolver las desviaciones encontradas.

Tabla 4-10. Cronograma de acabados e instalaciones, planificación de obra
Elaboración propia

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
PLANIFICACIÓN DE OBRA ACABADOS E INSTALACIONES 36 VIV ROCAFORT	219 días	vie 29/07/22	vie 19/05/23
VIVIENDAS	219 días	vie 29/07/22	vie 19/05/23
BLOQUE A	185 días	vie 29/07/22	vie 07/04/23
BLOQUE B	172 días	lun 19/09/22	vie 05/05/23
BLOQUE C	163 días	lun 17/10/22	vie 19/05/23
ZONAS COMUNES	139 días	lun 29/08/22	vie 03/03/23
BLOQUE A	105 días	lun 29/08/22	vie 20/01/23
BLOQUE B	105 días	lun 19/09/22	vie 10/02/23
BLOQUE C	105 días	lun 10/10/22	vie 03/03/23
CUBIERTAS	78 días	lun 17/10/22	vie 03/02/23
FACHADAS Y BALCONES	145 días	lun 17/10/22	vie 28/04/23
FACHADAS INTERIORES	66 días	lun 17/10/22	vie 20/01/23
BLOQUE A	36 días	lun 17/10/22	vie 02/12/22
BLOQUE B	44 días	mié 02/11/22	vie 06/01/23
BLOQUE C	46 días	lun 14/11/22	vie 20/01/23
MEDIANERAS	61 días	lun 13/02/23	vie 28/04/23
BLOQUE A	27 días	lun 13/02/23	vie 17/03/23
BLOQUE C	27 días	lun 27/03/23	vie 28/04/23
FACHADA EXTERIOR	86 días	lun 28/11/22	vie 24/03/23
BLOQUE A	63 días	lun 28/11/22	vie 24/02/23
BLOQUE B	61 días	lun 19/12/22	vie 10/03/23
BLOQUE C	61 días	lun 09/01/23	vie 24/03/23
URBANIZACIÓN	183 días	lun 05/09/22	vie 05/05/23
PISCINA	189 días	lun 05/09/22	vie 12/05/23
SÓTANO	139 días	lun 10/10/22	vie 14/04/23
OBRA CIVIL	73 días	lun 17/10/22	vie 27/01/23
INSTALACIONES	139 días	lun 10/10/22	vie 14/04/23

El proceso de planificación de esta etapa fue realizado únicamente por el equipo de la constructora, sin involucrar la colaboración de los diferentes equipos que participan en la ejecución del proyecto. Como resultado, no se tomaron en cuenta todas las perspectivas y necesidades específicas de cada actividad. Esta falta de colaboración pudo haber llevado a no identificar restricciones y dependencias entre las diferentes actividades, lo que a su vez podría haber afectado la eficiencia y fluidez del trabajo. Se comparte la programación con cada uno de los involucrados en el proceso productivo, tal como se muestra en la **Figura 29**. Esta estrategia buscaba asegurar una mayor sinergia entre los equipos y una comprensión más completa de las actividades y sus interdependencias. Esta forma de planificación, conocida como "push", representa un enfoque más tradicional.

4.2.2.2 Control y seguimiento de obra

Así como la planificación de la estructura, la planificación de la fase de acabados e instalaciones se realizó con base en datos empíricos y no incorporó las observaciones y aportes directos de los agentes involucrados en el proceso productivo, como los subcontratistas y proveedores, igual que en estructura este enfoque difiere del sistema LPS, ya que implica una gestión y planificación tradicional de tipo push. La información generada se comparte igualmente siguiendo la cadena de comunicación y flujo de información de la **Figura 29**.

El control y seguimiento del proyecto se realizó de manera tradicional, enfocándose en analizar los requerimientos de materiales, mano de obra y recursos según la planificación de obra, teniendo en cuenta la ruta crítica. Esto permitió gestionar la ejecución en colaboración con proveedores y subcontratistas. Para el seguimiento, se utilizó la herramienta de programación Microsoft Project, donde se registraron las fechas reales de inicio y finalización de actividades, analizando las variaciones de esta y gestionando las acciones correctivas. Además, se llevó un seguimiento gráfico de las principales actividades como se muestra en la **Figura 44**, en esta etapa, no se emplearon tablas de control de materiales; en su lugar, se gestionaron de acuerdo con los requerimientos de la obra considerando que la mayoría de los oficios estaban contratados con suministro de materiales, lo que facilitó su gestión. Sin embargo, esta forma de seguimiento presentó algunas dificultades, ya que no permitía que todos los agentes involucrados en la constructora accedieran fácilmente a la información actualizada sobre el estado de la obra.

La **Tabla 4-11** presenta una comparativa entre la planificación y el estado real de la obra, reflejando el avance mensual y sus variaciones. Es importante destacar que este análisis se llevó a cabo hasta diciembre de 2022, momento en el cual se implementó el LPS, considerando los retrasos acumulados en las diversas actividades.

Asimismo, la **Tabla 4-11** muestra las fechas reales de finalización en comparación con las fechas estimadas por la planificación. Es relevante porque presenta todas las actividades programadas hasta diciembre de 2022. En esta tabla, las actividades en rojo no se iniciaron, mientras que otras se finalizaron, pero con algún retraso con respecto a la planificación, y algunas se adelantaron finalizando antes de lo previsto. Es importante señalar que la tabla no cubre el 100% de las actividades, esas actividades que no están referenciadas, aunque según la planificación no deberían finalizar en diciembre podrían ocasionar un retraso aún mayor en el futuro debido a la acumulación de actividades pendientes por iniciar o incompletas.

Los atrasos comenzaron a tener un mayor impacto en noviembre de 2022 debido a la falta de organización, ya que todos los oficios y equipos de obra, proveedores y subcontratistas entraron sin una clara coordinación y flujo de trabajo establecido, aun existiendo un programa detallado, factores como contrataciones fuera de los tiempos de planificación, subida de precios por la guerra en Ucrania, falta de coordinación y logística en obra, fueron factores que influyeron en la ejecución de las actividades, en esta etapa la coordinación y cooperación jugó un papel fundamental en la sinergia del proyecto.



Figura 44. Ejemplo del seguimiento gràfico de ejecuci3n de acabados
Elaboraci3n propia

Tabla 4-11. Comparativo línea base de tiempo y estado real de la obra acabados e instalaciones iniciales
Elaboración propia, resultados gestión en Microsoft Project

Nombre de tarea	Duración	Fin línea base previsto	Fin real	Variación (Días)	% Completado Acumulado Real (Año 2022)					
					Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PLANIFICACIÓN DE OBRA ACABADOS	219 días	vie 19/05/23	No Finalizada		1%	2%	8%	16%	22%	24%
VIVIENDAS	219 días	vie 19/05/23	No finalizada		1%	4%	13%	23%	33%	38%
BLOQUE A	185 días	vie 07/04/23	No Finalizada		2%	11%	25%	35%	47%	47%
Albañilería de fachadas y zonas comunes	40 días	vie 23/09/22	vie 09/09/22	14	29%	82%	100%	100%	100%	100%
Taladros	15 días	vie 30/09/22	vie 16/09/22	14		14%	100%	100%	100%	100%
Enfoscado	16 días	vie 07/10/22	vie 30/09/22	7		51%	100%	100%	100%	100%
Perfiles en techo	15 días	vie 14/10/22	vie 30/09/22	14			100%	100%	100%	100%
Yeso en techos	15 días	vie 21/10/22	vie 14/10/22	7			35%	100%	100%	100%
Verticales de saneamiento, ventilación y máquinas de clima	15 días	vie 28/10/22	vie 16/09/22	42		19%	100%	100%	100%	100%
Semiseco	13 días	vie 04/11/22	vie 04/11/22	0				82%	100%	100%
Primera cara pladur	14 días	vie 11/11/22	vie 18/11/22	-7				42%	100%	100%
Tubo eléctrico y telecomunicaciones	13 días	vie 18/11/22	vie 25/11/22	-7				43%	100%	100%
Fontanería, desagües de saneamiento y conductos de clima	16 días	vie 25/11/22	mié 30/11/22	-5				19%	100%	100%
Segunda cara Pladur	16 días	vie 02/12/22	No iniciada	0						
Instalación de cable y cajas	18 días	vie 16/12/22	No iniciada	-16						
Platos de ducha, bañeras y encintados de pladur	17 días	jue 22/12/22	No iniciada	-10						
BLOQUE B	172 días	vie 05/05/23	No Finalizada				9%	19%	26%	32%
Albañilería de fachadas y zonas comunes	26 días	vie 21/10/22	vie 14/10/22	7			68%	100%	100%	100%
Taladros	21 días	vie 28/10/22	vie 07/10/22	21			100%	100%	100%	100%
Enfoscado	18 días	vie 04/11/22	vie 11/11/22	-7				100%	100%	100%
Perfiles en techo	19 días	vie 11/11/22	vie 14/10/22	28				100%	100%	100%
Yeso en techos	19 días	vie 18/11/22	vie 21/10/22	28				100%	100%	100%
Verticales de saneamiento, ventilación y máquinas de clima	19 días	vie 25/11/22	vie 28/10/22	28			100%	100%	100%	100%
Semiseco	22 días	vie 02/12/22	vie 02/12/22	0					91%	100%
Primera cara pladur	23 días	vie 16/12/22	vie 09/12/22	7					80%	100%
Tubo eléctrico y telecomunicaciones	23 días	jue 22/12/22	vie 13/01/23	-22					11%	63%
BLOQUE C	163 días	vie 19/05/23	No Finalizada					12%	25%	34%
Albañilería de fachadas y zonas comunes	14 días	vie 04/11/22	vie 21/10/22	14				100%	100%	100%
Taladros	8 días	vie 11/11/22	vie 28/10/22	14				100%	100%	100%
Enfoscado	10 días	vie 18/11/22	vie 25/11/22	-7					100%	100%
Perfiles en techo	10 días	vie 25/11/22	vie 28/10/22	28				100%	100%	100%
Yeso en techos	11 días	vie 02/12/22	vie 11/11/22	21					100%	100%

Tabla 4-11. Comparativo línea base de tiempo y estado real de la obra acabados e instalaciones iniciales
Elaboración propia, resultados gestión en Microsoft Project

Nombre de tarea	Duración	Fin línea base previsto	Fin real	Variación (Días)	% Completado Acumulado Real (Año 2022)					
					Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Verticales de saneamiento, ventilación y máquinas de clima	12 días	vie 16/12/22	vie 18/11/22	28					100%	100%
Semiseco	10 días	mar 27/12/22	vie 23/12/22	4					34%	100%
ZONAS COMUNES	139 días	vie 03/03/23	No Finalizada			2%	9%	17%	18%	18%
BLOQUE A	105 días	vie 20/01/23	No Finalizada			5%	16%	20%	20%	20%
Regatas	16 días	vie 16/09/22	vie 09/09/22	7		64%	100%	100%	100%	100%
Instalaciones empotradas	16 días	vie 23/09/22	vie 30/09/22	-7			100%	100%	100%	100%
Yeso en patinillos y muros	16 días	vie 30/09/22	vie 14/10/22	-14			35%	100%	100%	100%
Instalaciones en patinillos y techos	16 días	vie 07/10/22	No iniciada	-56						
Instalaciones en patinillos y techos	15 días	vie 14/10/22	No iniciada	-49						
Instalaciones en patinillos y techos	15 días	vie 21/10/22	No iniciada	-42						
Instalaciones en patinillos y techos	15 días	vie 28/10/22	No iniciada	-35						
Peldaños de escaleras	13 días	vie 04/11/22	No iniciada	-28						
Pavimento en rellanos y escaleras	14 días	vie 11/11/22	No iniciada	-21						
Autonivelante y semiseco	13 días	vie 18/11/22	No iniciada	-14						
Pavimento de gres	16 días	vie 25/11/22	No iniciada	-7						
Rodapiés	16 días	vie 02/12/22	No iniciada	0						
Falsos techos, trasdosados y registros	18 días	vie 16/12/22	No iniciada	-16						
Carpintería de aluminio y vidrio	17 días	jue 22/12/22	No iniciada	-10						
BLOQUE B	105 días	vie 10/02/23	No Finalizada			1%	10%	21%	21%	21%
Regatas	16 días	vie 07/10/22	vie 07/10/22	0		9%	83%	100%	100%	100%
Instalaciones empotradas	15 días	vie 14/10/22	vie 28/10/22	-14				100%	100%	100%
Yeso en patinillos y muros	15 días	vie 21/10/22	vie 21/10/22	0				100%	100%	100%
Instalaciones en patinillos y techos	15 días	vie 28/10/22	No iniciada	-35						
Instalaciones en patinillos y techos	13 días	vie 04/11/22	No iniciada	-28						
Instalaciones en patinillos y techos	14 días	vie 11/11/22	No iniciada	-21						
Instalaciones en patinillos y techos	13 días	vie 18/11/22	No iniciada	-14						
Peldaños de escaleras	16 días	vie 25/11/22	No iniciada	-7						
Pavimento en rellanos y escaleras	16 días	vie 02/12/22	No iniciada	0						
Autonivelante y semiseco	18 días	vie 16/12/22	No iniciada	-16						
Pavimento de gres	17 días	jue 22/12/22	No iniciada	-10						
BLOQUE C	105 días	vie 03/03/23	No Finalizada					10%	13%	13%
Regatas	15 días	vie 28/10/22	vie 14/10/22	14				100%	100%	100%
Instalaciones empotradas	13 días	vie 04/11/22	vie 04/11/22	0				100%	100%	100%
Yeso en patinillos y muros	14 días	vie 11/11/22	vie 11/11/22	0					100%	100%
Instalaciones en patinillos y techos	13 días	vie 18/11/22	No iniciada	-14						

Tabla 4-11. Comparativo línea base de tiempo y estado real de la obra acabados e instalaciones iniciales
Elaboración propia, resultados gestión en Microsoft Project

Nombre de tarea	Duración	Fin línea base previsto	Fin real	Variación (Días)	% Completado Acumulado Real (Año 2022)					
					Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Instalaciones en patinillos y techos	16 días	vie 25/11/22	No iniciada	-7						
Instalaciones en patinillos y techos	16 días	vie 02/12/22	No iniciada	0						
Instalaciones en patinillos y techos	15 días	mar 13/12/22	No iniciada	-19						
Peldaños de escaleras	13 días	vie 16/12/22	No iniciada	-16						
CUBIERTAS	78 días	vie 03/02/23	No Finalizada		2%	2%	2%	25%	36%	37%
Vigas ascensor y enanos de hormigón	14 días	vie 04/11/22	vie 07/10/22	28	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Antepedechos	14 días	vie 11/11/22	vie 28/10/22	14				100%	100%	100%
Chimeneas	13 días	vie 18/11/22	vie 28/10/22	21				100%	100%	100%
Pendientes en mortero	16 días	vie 25/11/22	vie 02/12/22	-7				18%	93%	100%
Impermeabilización	16 días	vie 02/12/22	No iniciada	0						
Bajantes	18 días	vie 16/12/22	No iniciada	-16						
Tejados y gravas	17 días	jue 22/12/22	No iniciada	-10						
FACHADAS Y BALCONES	145 días	vie 28/04/23	No iniciada							
FACHADAS INTERIORES	66 días	vie 20/01/23	No iniciada							
FACHADA EXTERIOR	86 días	vie 24/03/23	No iniciada							
URBANIZACIÓN	183 días	vie 05/05/23	No iniciada							
Muro de bloque hormigón	5 días	vie 09/09/22	No iniciada	-84						
Conductos extracción	15 días	jue 29/09/22	No iniciada	-64						
PISCINA	189 días	vie 12/05/23	No Finalizada		4%	4%	28%	28%	28%	28%
Muro de hormigón	5 días	vie 09/09/22	vie 09/09/22	-84			100%	100%	100%	100%
Muro en bloque de hormigón	5 días	vie 16/09/22	mié 07/09/22	-77			100%	100%	100%	100%
Instalaciones previas fontanería y eléctricas	5 días	jue 22/09/22	vie 09/09/22	-71			100%	100%	100%	100%
Forjado (encofrado, ferrallado y hormigonado)	10 días	mié 05/10/22	mié 14/09/22	-58	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Impermeabilización	5 días	jue 13/10/22	mar 13/09/22	-50			100%	100%	100%	100%
Rellenos de tierra	5 días	mié 19/10/22	mié 14/09/22	-44			100%	100%	100%	100%
SÓTANO	139 días	vie 14/04/23	No Finalizada							
OBRA CIVIL	73 días	vie 27/01/23	No Finalizada							
Albañilería	11 días	vie 28/10/22	vie 14/07/22	106	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Revestimientos verticales	4 días	lun 07/11/22	No iniciada	-25						
Impermeabilización fosos y arquetas	5 días	vie 11/11/22	No iniciada	-21						
Pavimentos	10 días	mar 27/12/22	No iniciada	-5						
INSTALACIONES	139 días	vie 14/04/23	No iniciada							
Acometida de saneamiento	9 días	vie 21/10/22	No iniciada	-42						
Instalación PCI	8 días	vie 04/11/22	No iniciada	-28						
Instalación de fontanería y ACS	16 días	vie 25/11/22	No iniciada	-7						
Instalación de extracción	13 días	vie 16/12/22	No iniciada	-16						

Los atrasos comenzaron a tener un mayor impacto en noviembre de 2022 debido a la falta de organización, ya que todos los oficios y equipos de obra, proveedores y subcontratistas entraron sin una clara coordinación y flujo de trabajo establecido, aun existiendo un programa detallado, factores como contrataciones fuera de los tiempos de planificación, subida de precios por la guerra en Ucrania, falta de coordinación y logística en obra, fueron factores que influyeron en la ejecución de las actividades, en esta etapa la coordinación y cooperación jugó un papel fundamental en la sinergia del proyecto.

Durante la ejecución del proyecto, se adoptó un enfoque donde las decisiones y acciones se basaban en los requerimientos diarios de la obra en lugar de contar con una planificación coordinada y colaborativa que involucrara a todos los agentes del proceso productivo. Esta falta de sincronización y comunicación efectiva llevó al retraso del proyecto, ya que la planificación no se ajustaba adecuadamente a los rendimientos y capacidades de las UP. Además, no se consideraron todas las perspectivas y necesidades específicas de cada actividad, la falta de comunicación y flujo de información de manera efectiva y eficiente al tener diferentes oficios trabajando al mismo tiempo afectó la ejecución de la obra, asimismo actividades como la primera cara de pladur e instalaciones en general de viviendas y zonas comunes, influyeron directamente en las desviaciones de la planificación respecto a la ejecución, esto debido a las interdependencias que existen entre estas actividades afectando a todas las actividades sucesoras.



*Figura 45. Etapa de acabados
Fotografía de obra*

En la **Tabla 4-12** se resume el estado de los capítulos comparándolos con la planificación y el estado de la obra a diciembre de 2022. Se destaca que, desde octubre de ese año, se encuentran las primeras señales de variaciones en la planificación, observando que la tendencia a no cumplir la planificación se mantuvo en los meses siguientes. La existencia de capítulos sin iniciar aumentó el riesgo de incumplir las fechas contractuales del proyecto.

Para tener una visión global del progreso, se presenta la **Figura 46**, que representa la evolución del proyecto mediante la comparación del porcentaje completado planificado y el porcentaje real. Esta gráfica confirma la tendencia de atraso acumulado desde octubre de 2022, con variaciones del 14% en noviembre y una preocupante desviación del 24% en diciembre. Esta última variación representó aproximadamente un mes y medio de trabajo.

Dada la situación, se tomó la decisión de implementar el LPS con el objetivo de corregir estas desviaciones y mejorar la colaboración entre todas las partes involucradas en el proceso productivo. El enfoque del LPS permitiría abordar de manera más efectiva las restricciones y optimizar la planificación para evitar mayores retrasos y alcanzar los objetivos del proyecto

Tabla 4-12. Comparativo porcentaje acumulado planificado y real acabados e instalaciones iniciales
Elaboración propia, resultados gestión en Microsoft Project

Nombre de tarea	% Porcentaje Completado Acumulado Planificado (Año 2022)						% Porcentaje Completado Acumulado Real (Año 2022)						% Variación (Año 2022)					
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ACABADOS E INSTALACIONES 36 VIV ROCAFORT	0%	1%	6%	17%	36%	48%	1%	2%	8%	16%	22%	24%	-1%	-1%	-2%	1%	14%	24%
VIVIENDAS	0%	2%	6%	16%	31%	40%	1%	4%	13%	23%	33%	38%	-1%	-2%	-7%	-7%	-2%	2%
BLOQUE A	0%	4%	15%	28%	43%	52%	2%	11%	25%	35%	47%	47%	-2%	-7%	-10%	-7%	-4%	5%
BLOQUE B			2%	13%	27%	37%			9%	19%	26%	32%			-7%	-6%	1%	5%
BLOQUE C				4%	20%	29%				12%	25%	34%				-8%	-5%	-5%
ZONAS COMUNES		0%	10%	29%	54%	70%		2%	9%	17%	18%	18%		-2%	1%	12%	36%	52%
BLOQUE A		1%	24%	47%	72%	88%		5%	16%	20%	20%	20%		-4%	8%	27%	52%	68%
BLOQUE B			6%	29%	53%	70%		1%	10%	21%	21%	21%		-1%	-4%	8%	32%	49%
BLOQUE C				12%	37%	51%				10%	13%	13%				2%	24%	38%
CUBIERTAS				9%	44%	66%	2%	2%	2%	25%	36%	37%	-2%	-2%	-2%	-16%	8%	29%
FACHADAS Y BALCONES				3%	21%	36%										3%	21%	36%
FACHADAS INTERIORES				7%	55%	81%										7%	55%	81%
BLOQUE A				25%	93%	100%										25%	93%	100%
BLOQUE B					56%	92%											56%	92%
BLOQUE C					26%	56%											26%	56%
MEDIANERAS																		
BLOQUE A																		
BLOQUE C																		
FACHADA EXTERIOR					1%	10%											1%	10%
BLOQUE A					3%	26%											3%	26%
BLOQUE B						5%												5%
BLOQUE C																		
URBANIZACIÓN			21%	21%	21%	21%									21%	21%	21%	21%
PISCINA			30%	48%	48%	48%	4%	4%	28%	28%	28%	28%	-4%	-4%	2%	20%	20%	20%
SÓTANO				15%	32%	46%										15%	32%	46%
OBRA CIVIL				22%	39%	59%										22%	39%	59%
INSTALACIONES				11%	29%	41%										11%	29%	41%

Tabla 4-13. Porcentaje de variación de planificación respecto a real acabados e instalaciones iniciales
Elaboración propia

% Porcentaje de variación					
Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
-1%	-1%	-2%	1%	14%	24%

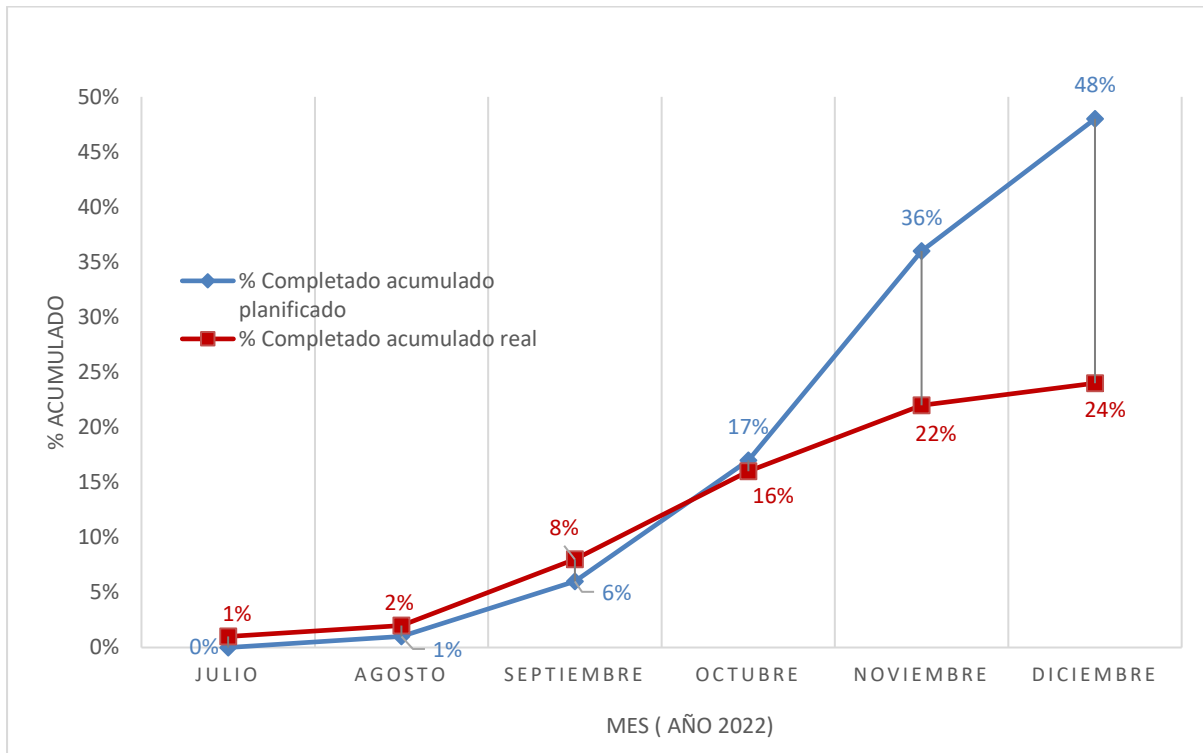


Figura 46. Porcentaje acumulado completado fase acabados e instalaciones iniciales
Elaboración propia

Por lo tanto, los grandes atrasos observados en la ejecución de la obra se debieron principalmente a la falta de una planificación coordinada y colaborativa, así como a la ausencia de un flujo eficiente de información entre los diferentes agentes involucrados en el proceso productivo. La planificación basada en requerimientos diarios no permitió anticipar y resolver de manera efectiva las interdependencias y restricciones que surgieron durante la ejecución del proyecto, lo que generó desviaciones significativas en las fechas de finalización y un impacto negativo en el avance general del proyecto.

Para enfrentar estos desafíos y mejorar el desarrollo de la obra, se optó por implementar LPS. La implementación del LPS buscaba generar una mejora continua en la ejecución del proyecto y en la gestión de la información. A través de una planificación más detallada y coordinada, se buscó optimizar los recursos y tiempos, reduciendo los atrasos y garantizando el cumplimiento de las fechas contractuales. En este sentido, se esperaba que la aplicación del LPS permitiera corregir las desviaciones presentadas en la etapa inicial de acabados e instalaciones, brindando una mayor eficiencia en el desarrollo de la obra.

4.3 Implementación LPS

En el capítulo 4.2 se destaca la introducción del LPS en el proyecto, con el propósito de abordar las desviaciones identificadas durante las fases iniciales de la obra, es decir, en la fase de estructura y en la fase inicial de acabados e instalaciones. La implementación del LPS se presentó como una herramienta de gestión para mejorar la eficiencia del desarrollo del proyecto y facilitar la adaptación a los cambios y desafíos que pudieran surgir durante la construcción, gestionando adecuadamente la información generada en el proceso.

En este capítulo, se realiza una introducción al sistema LPS y se sientan las bases para profundizar en capítulos posteriores sobre la gestión de la información generada y los resultados obtenidos a través de los indicadores de gestión, los cuales permitieron evaluar la efectividad de la implementación del LPS. La implementación del LPS, se buscó con el fin de proporcionar una visión integral de cómo esta herramienta de gestión impacta positivamente en el desarrollo del proyecto y cómo su implementación contribuye a la mejora continua en el proceso constructivo.

A lo largo de los siguientes capítulos, se analizan en detalle la gestión de la información generada durante la implementación del LPS y se evaluarán los resultados obtenidos en términos de eficiencia, productividad y cumplimiento de objetivos. La finalidad es brindar una perspectiva completa y fundamentada sobre la influencia de la gestión de la información e implementación del LPS en la ejecución del proyecto, lo que permitirá extraer lecciones aprendidas y sentar las bases para futuras aplicaciones del sistema en proyectos de edificación.

La recomendación para proyectos y empresas que recién implementan el LPS es seguir el flujo de trabajo establecido en la **Figura 17** y el flujo de información detallado en la **Figura 18**. En esta etapa inicial, es importante adoptar los conceptos básicos del LPS y seguir los pasos originales propuestos. Conforme avanza la implementación y se alcanza una etapa de madurez, se pueden integrar los nuevos pasos que se ajusten específicamente al proyecto, considerando su magnitud y el nivel de control requerido en cada fase de ejecución (Fontana, 2021), en este contexto, se ha decidido implementar el flujo de trabajo referenciado en el **capítulo 3.3**, el cual ofrece una estructura sólida y bien definida para la ejecución del proyecto, asegurando una planificación coherente y coordinada con todos los agentes involucrados en el proceso productivo.

4.3.1 Implementación plan maestro – sesión pull

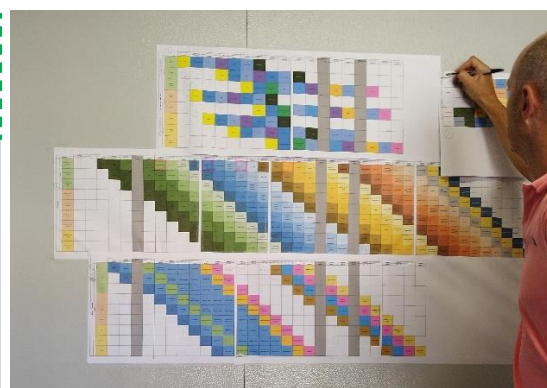
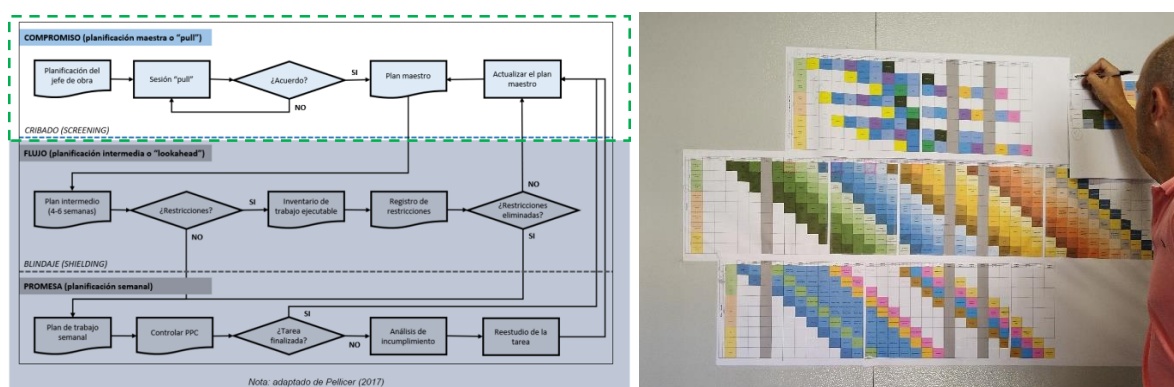


Figura 47. Flujo de trabajo etapa de compromiso – Planificación de la obra
Tomado de (Fontana, 2021) y fotografía de obra

Se considera que dos recursos altamente prácticos y de fácil incorporación, que pueden brindar beneficios al sistema LPS, son el entrenamiento previo a su aplicación y las reuniones diarias. (Fontana, 2021). Por esta razón, antes de iniciar la implementación del LPS en el proyecto, se llevó a cabo una capacitación integral para todo el equipo de obra, proporcionándoles una comprensión clara de cómo
























gestionar y aprovechar el flujo natural del sistema. Esta preparación previa aseguró que el equipo estuviera debidamente preparado para adoptar el nuevo enfoque de gestión.

Es importante destacar que el LPS puede ser implementado tanto desde el inicio de un proyecto como en proyectos que ya están en marcha (Lean Construction Institute, 2007). En este caso particular, la evaluación del LPS comenzó a partir del 9 de diciembre de 2022, una semana después de la sesión pull, marcando así el inicio de su aplicación en el proyecto. A continuación, se muestran todos los pasos seguidos en la implementación del LPS.

1. Planificación de la obra: Siguiendo la estructura del flujo de trabajo a implementar (**Figura 17**), el primer paso es la "Planificación del jefe de obra". En este caso, después de la capacitación de todo el equipo de trabajo, se lleva a cabo una planificación integral por parte del equipo de la constructora, involucrando a todos los participantes de la empresa. Esta aproximación demuestra el compromiso con el sistema y permite obtener una perspectiva completa desde distintos roles, como el director general, director de edificación en Valencia, el jefe de obra, el jefe de producción y los encargados.

Dentro de esta planificación, se establece una secuencia lógica de actividades y se agrupa el trabajo en diferentes grupos de producción o trenes de producción, dividiendo la obra en áreas según sus características. En este caso particular, se definieron siete trenes de producción, cada uno con una secuencia pull previamente determinada por el equipo. Asimismo, el equipo también identificó y definió las actividades que conforman cada tren, lo cual se encuentra detallado de la **Figura 49** a la **Figura 54**.

Es relevante destacar que todas estas actividades fueron asignadas a cada subcontratista de acuerdo con su oficio de trabajo y el contrato previamente establecido. A cada subcontratista se le asigna un color específico para su identificación, y esto se muestra en la **Figura 48**, donde se detalla la asignación a cada subcontratista, definiendo así las UP. Esta asignación es fundamental para la correcta coordinación y ejecución de las tareas, ya que cada subcontratista se encarga de llevar a cabo las actividades correspondientes a su especialidad, contribuyendo así al flujo eficiente del trabajo en el proyecto.

 Solados	 Alicatados y pavimentos	 Carpintería aluminio	 Limpieza	 Impermeabilización	 Aerotermita
 Pladur	 Albañilería	 Pintura	 Calidad de producto	 andamios	 PCI
 Electricidad y teleco	 Saneamiento y fontanería	 Carpintería de madera	 Laminado	 Fachadas	 Extracción sótanos
 Clima y ventilación	 Vidrios	 Cocinas	 Yesos	 Cerrajería	

*Figura 48. Convención de oficios para flujo de producción
Elaboración equipo de obra*

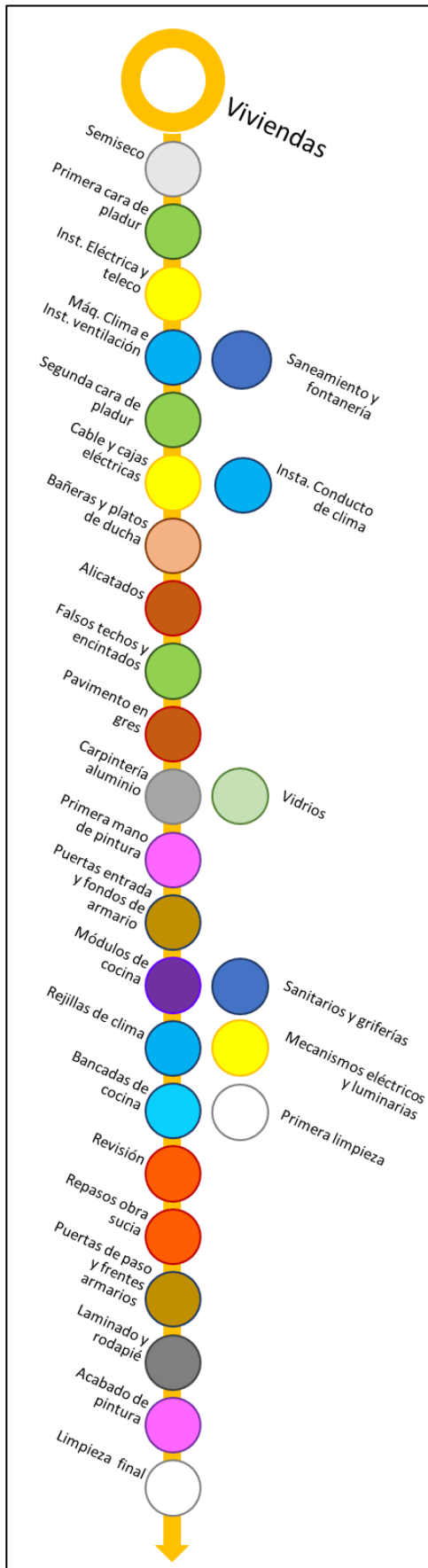


Figura 49. Tren de producción de viviendas
Elaboración equipo de obra



Figura 50. Tren de producción de zonas comunes
Elaboración equipo de obra

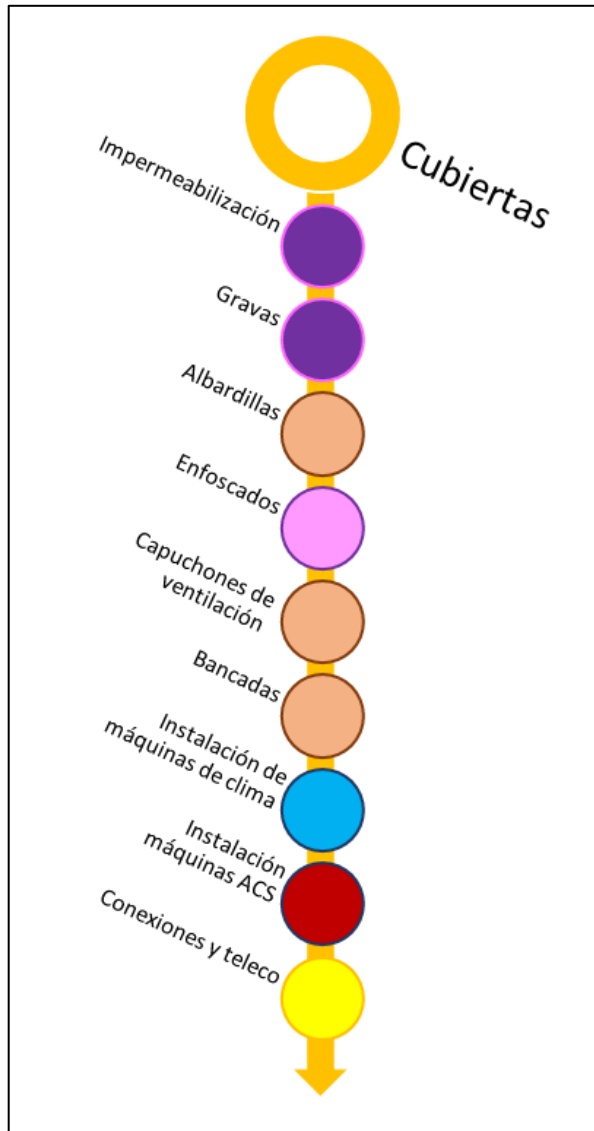


Figura 51. Tren de producción de cubiertas
 Elaboración equipo de obra

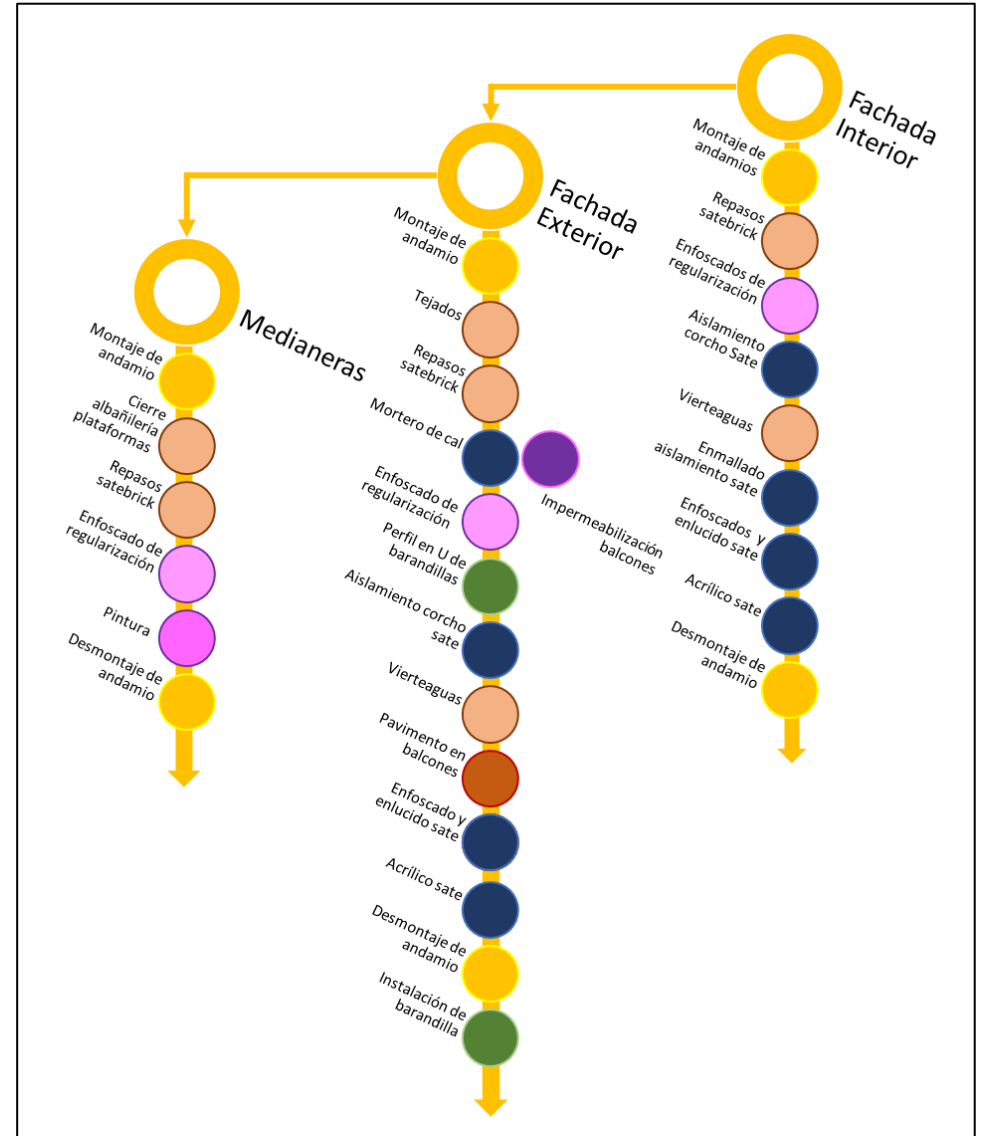


Figura 52. Trenes de producción de fachadas
 Elaboración equipo de obra

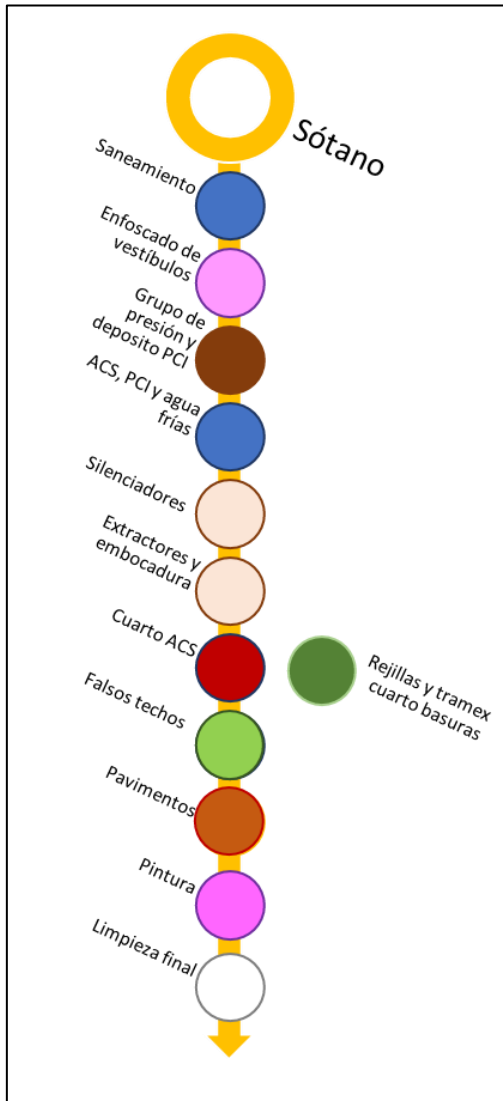


Figura 53. Tren de producción de sótano
 Elaboración equipo de obra

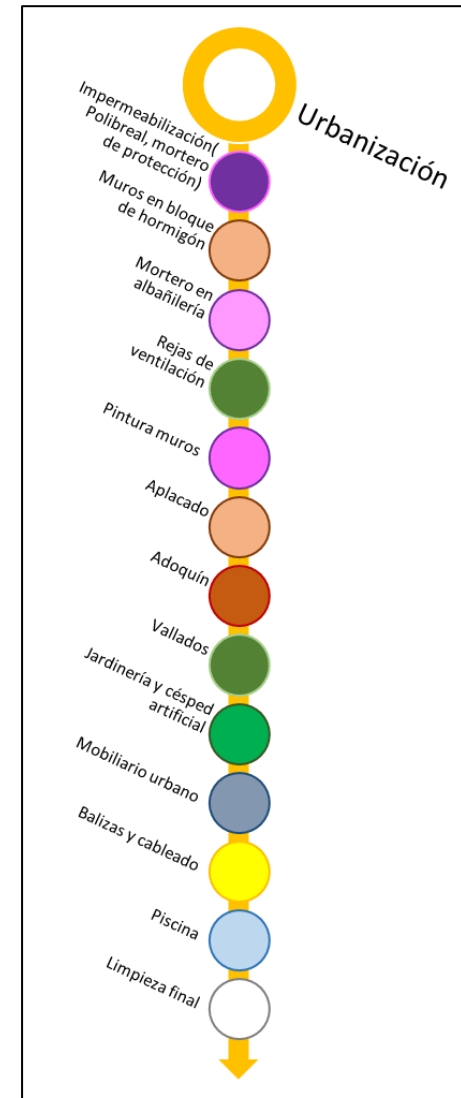


Figura 54. Tren de producción de urbanización
 Elaboración equipo de obra

Finalmente, en la planificación se establecen los hitos cruciales a cumplir y sus respectivas fechas objetivo. En este proyecto en particular, se definieron varios hitos importantes que marcaban etapas trascendentales en la obra, tales como los retiros de las plataformas en los bloques A, B y C, el inicio de la obra limpia y el desmonte de la torre grúa. Estos hitos representan momentos clave en el desarrollo del proyecto y sirven como puntos de referencia para evaluar el progreso y el cumplimiento de los objetivos establecidos, la fecha fin del proyecto se estable finalmente el día 29 de mayo de 2023, teniendo en cuenta que el cliente opto por dar a la constructora una holgura a fin de mitigar los atrasos por imprevistos ajenos a la esta evidenciados en fases anteriores.

2. Sesión pull: Estableciendo la sistemática con la que se trabajara en la obra se desarrollan las siguientes etapas que marcan el inicio del proceso colaborativo y cooperativo característico del LPS con la sesión pull.
 - 2..1. Preparación y adecuación de la sala pull o Big-Room: Este espacio es de vital importancia, ya que será el punto de encuentro para los equipos de gestión integrada del proyecto, permitiendo así que todos los participantes compartan la información de manera efectiva. La sala pull está diseñada para facilitar una gestión de la información de forma visual, garantizando que toda la planificación sea fácilmente visible para todos los involucrados.

En este espacio, se dispone de un tablero pull donde se elabora el plan maestro del proyecto, y en los muros adyacentes se encuentran los tableros de planificación intermedia, destinados a abordar dudas y restricciones, así como el seguimiento semanal de las actividades, tal como se muestra en la **Figura 55**. Además, se asegura que los trenes de producción estén claramente visibles, ya que actúan como guía para la planificación y ejecución del trabajo.



*Figura 55. Preparación y adecuación de sala pull o Big room
Adaptado de fotografía de obra*

- 2..2. Preparación de las tarjetas de actividades y UP: Conforme se mencionó previamente, a cada subcontratista se le asignó un color específico en la planificación. En esta etapa, se procede a elaborar las tarjetas correspondientes a cada uno de estos colores, en las cuales se detalla la actividad y las UP asignadas a dicha actividad. Estas tarjetas desempeñan un papel fundamental en la gestión visual de la información durante la sesión pull. El formato de estas tarjetas como se referencia en la **Figura 56** está diseñado para facilitar su uso y comprensión, asegurando que la información relevante sea presentada de manera clara y concisa. Cada tarjeta contiene los detalles esenciales de la actividad, como su descripción, duración estimada y las UP involucradas en su ejecución

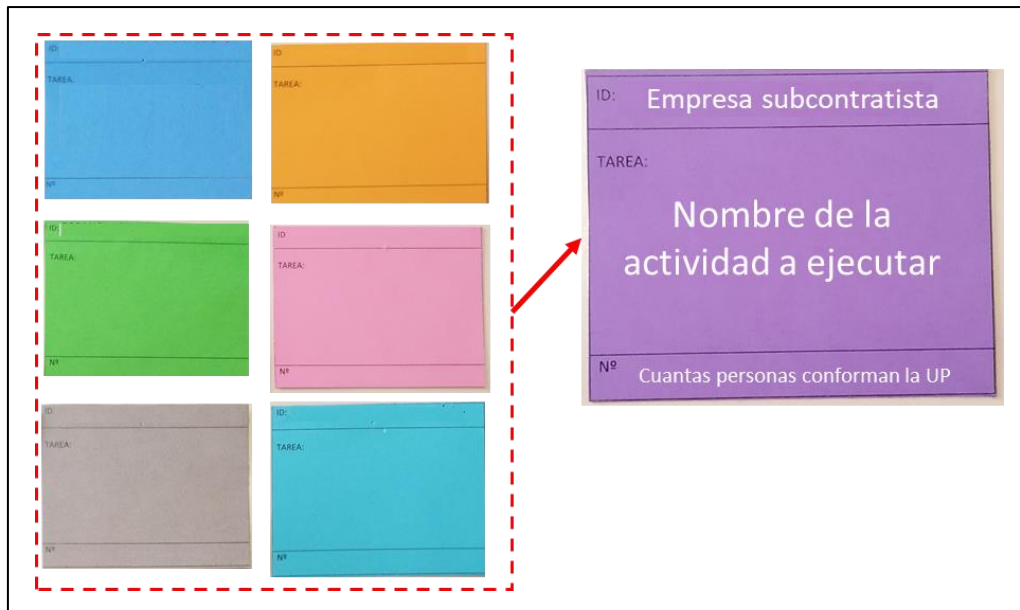


Figura 56. Formato de tarjetas para sesión pull
Elaboración equipo de obra

- 2..3. Sesión preparatoria: Esta sesión se realiza una semana antes de la sesión principal, integra a todo el equipo de obra. Durante esta reunión, se lleva a cabo una revisión detallada de la planificación previamente establecida, con el propósito de realizar las observaciones y ajustes necesarios. Además, se comparte el proceso que se debe seguir con los subcontratistas el día de la sesión pull, garantizando una comprensión clara y uniforme del enfoque a seguir durante la sesión.

En esta etapa, se determinó la carga de trabajo para cada actividad, con el objetivo de cumplir con la planificación previamente establecida, fijando una meta de cuatro viviendas por semana por lo tanto cada columna del tablero pull equivale a una semana de trabajo, las semanas se numeraron de acuerdo a la semana del año por lo tanto, la semana en la que inicia es la semana 49 del año 2022, finalizando este el año 2023 inicia con la semana 1 esto como punto de partida para la sesión principal, esto con el fin que cada subcontratista establezca una adecuada asignación de recursos y UP (Capacidad), es por esto que se convocó a los responsables de cada empresa con capacidad de liderazgo y toma de decisiones. La convocatoria a la sesión pull fue realizada por el director del departamento, quien se aseguró que todas las partes relevantes fueran convocadas para participar en esta fase fundamental del proyecto.

- 2..4. Sesión pull inicial: En esta sesión, se reúnen todos los agentes clave con capacidad de toma de decisiones para llevar a cabo la planificación de la obra. Al inicio, se entrega a cada participante el paquete de tarjetas previamente elaboradas, lo cual será fundamental para la gestión visual de la información durante la sesión pull.

En un primer momento, el director general ofrece una descripción e introducción de la filosofía Lean implementada en la empresa. Durante esta charla inicial, se resalta la importancia del trabajo colaborativo y cooperativo, fundamentales para lograr un flujo de trabajo continuo y sincronizado. Se enfatiza en la relevancia de la gestión logística adecuada, para lo cual se comparte con todos los responsables de los subcontratistas la distribución y zonas de acopio del proyecto. De esta manera, se garantiza un orden y limpieza continuos, en línea con los principios de la filosofía Lean, como se muestra en la **Figura 59**. El objetivo de esta reunión fue alinear a todos los participantes con la filosofía Lean y crear una visión compartida de la planificación y el enfoque a seguir durante la sesión pull, en la **Figura 58**.



Figura 57. Charla de introducción director general filosofía Lean
Fotografía de obra



Figura 58. Objetivos de la sesión pull
Adaptado de información de la empresa

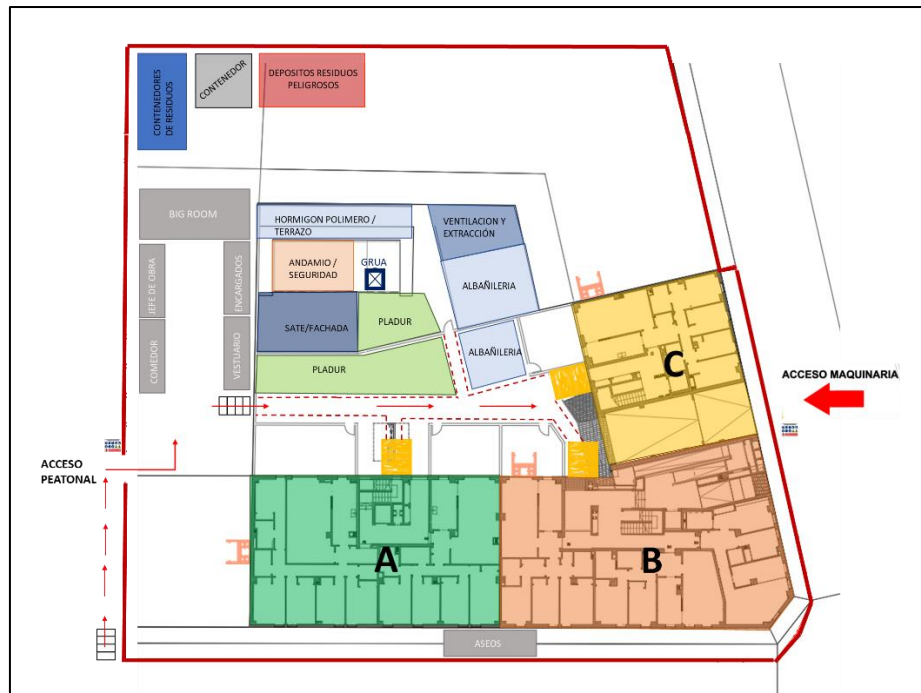


Figura 59. Distribución logística de la obra
Elaboración equipo de obra

Después de la introducción del director general, el jefe de obra toma la palabra para describir detalladamente la planificación del proyecto y explica el funcionamiento del panel pull. Durante esta etapa, se presenta una visión completa de toda la obra a ejecutar, se detallan los trenes de producción, los hitos establecidos y la fecha estimada de finalización. El objetivo es asegurar que todos los participantes tengan una comprensión clara y compartida del alcance y la secuencia de la obra.



Figura 60. Explicación panel pull por el jefe de obra
Fotografía de obra

Para facilitar la comprensión de la metodología, se utiliza un ejemplo práctico con dos responsables de subcontratistas. Se muestra el proceso de planificación pull, que consiste en trabajar en sentido inverso, partiendo desde el final hasta el inicio del proyecto. Cada responsable de subcontratista es requerido para proporcionar los rendimientos, recursos y restricciones necesarios para comenzar y finalizar cada actividad en su secuencia adecuada. En esta explicación, se pone especial énfasis en la relevancia del último planificador y las actividades que lo preceden, con el fin de eliminar posibles cuellos de botella y asegurar un flujo de trabajo continuo y fluido.



*Figura 61. Ejemplo de metodología LPS con participantes en sesión pull
Fotografía de obra*

A partir de este momento, comienza la participación de todos los participantes, los gerentes o responsables de los subcontratistas y los encargados de obra, van colocando sus tarjetas en el panel de forma conjunta con el jefe de producción, coordinando las actividades como se han descrito en los trenes de producción donde especifica la secuencia de las actividades. Esto demostrará la importancia de cumplir la planificación para coordinar los trabajos del resto de oficios. Hay que recordar que cada subcontratista ha de poner su tarjeta en fecha que indique el final de sus actividades, esta parte de la reunión duro aproximadamente dos horas, aquí se destacan las principales restricciones de cada actividad que se muestra en el segundo nivel o planificación intermedia, al final del trabajo colaborativo entre todos los participantes se obtiene el plan maestro con las restricciones identificadas.

A partir de ese momento, la participación de todos los implicados comenzó, incluyendo los gerentes o responsables de los subcontratistas y los encargados de obra. Junto con el jefe de producción, se coordinaron las actividades y colocándolas en el panel, siguiendo la secuencia previamente establecida en los trenes de producción. Esta dinámica resaltó la importancia de cumplir con la planificación para una coordinación efectiva de las actividades entre los diferentes oficios.

Cabe recordar que cada subcontratista debía rellenar cada tarjeta y colocarla en la fecha que indicaba el final de sus actividades en el panel. Esta parte de la reunión tuvo una duración aproximada de dos horas. Durante esta fase, se enfatizó la identificación de las principales

restricciones asociadas a cada actividad, las cuales se muestran en el **capítulo 4.3.2**. Al finalizar el trabajo colaborativo entre todos los participantes, se obtuvo el plan maestro con todas las restricciones identificadas y consideradas. Tras finalizar la sesión se les recuerda a todos los subcontratistas que se realizan reuniones semanales de control para revisar el seguimiento de la planificación.



*Figura 62. Fotografía participación de todos los responsables de subcontratistas
Fotografía de obra*

3. Plan Maestro: Una vez que todos los subcontratistas colocaron sus respectivas tarjetas, aprobando la planificación y mostraron su compromiso frente a todos los participantes, se creó un registro visual de la planificación general de la obra, tal como se muestra en la **Figura 63**. Posteriormente, esta información se digitalizó para garantizar la conservación de la información y poder compartirla en el **capítulo 4.4** se profundiza más sobre este proceso. El tablero resultante permitió realizar un análisis detallado y tomar decisiones efectivas en el desarrollo del proyecto.

Las tarjetas se movían en el tablero a medida que se avanzaba en el proyecto, reflejando así el progreso de las actividades y asegurando que todos los miembros del equipo tuvieran acceso a la información actualizada sobre el estado de la obra. Esta dinámica visual facilitó la coordinación y la toma de decisiones en tiempo real, lo que contribuyó significativamente a mejorar la eficiencia y la productividad durante la ejecución del proyecto.



Figura 63. Fragmento de la planificación general o plan maestro
Fotografía de obra

Es importante destacar que el panel (planificación maestra) se estableció para su revisión continua a lo largo de toda la semana, sin necesidad de esperar a la reunión semanal para verificar si se cumplía con lo previsto. La sala Big Room se mantuvo abierta y disponible para consulta durante todo el proyecto, lo que aseguró que la información estuviera accesible en todo momento. Esta disposición permitió mantener una comunicación fluida y una toma de decisiones ágil, ya que todos los miembros del equipo tenían acceso constante a los avances y cambios en la planificación.

4.3.2 Implementación planificación intermedia

Es importante destacar que en la sesión pull no todos los responsables asistieron, lo que dificultó el desarrollo efectivo de la misma y generó restricciones debido a su ausencia. Además, se encontraron algunos oficios sin contratar, lo que impidió que algunos subcontratistas pudieran comprometerse con las actividades correspondientes. Por esta razón, la constructora asumió la responsabilidad de esos oficios hasta que se realizaron las respectivas contrataciones. Posteriormente, se llevó a cabo una introducción detallada a la metodología a todos los nuevos subcontratistas, asegurándose de que comprendieran la dinámica del sistema pull y su papel dentro de la planificación colaborativa del proyecto en esta etapa se analizó el flujo de los trabajos y su relación con las restricciones

Una vez que se han reconocido y ordenado las actividades necesarias para alcanzar un objetivo mediante la planificación colaborativa, el grupo de subcontratistas encargados de esas actividades realizó la programación a mediano plazo, en este caso, para las próximas semanas. Esta planificación se basó en la capacidad prevista que el equipo pudiera ejecutar con la información actualmente disponible. Para ello se dispuso de paneles semanales en los cuales se colocaron las tarjetas de colores (una fila por subcontratista o especialidad) día a día hasta completar una planificación de aproximadamente tres semanas, que es el tiempo medio, estas tarjetas tenían la misma disposición de las utilizadas en la sesión pull.

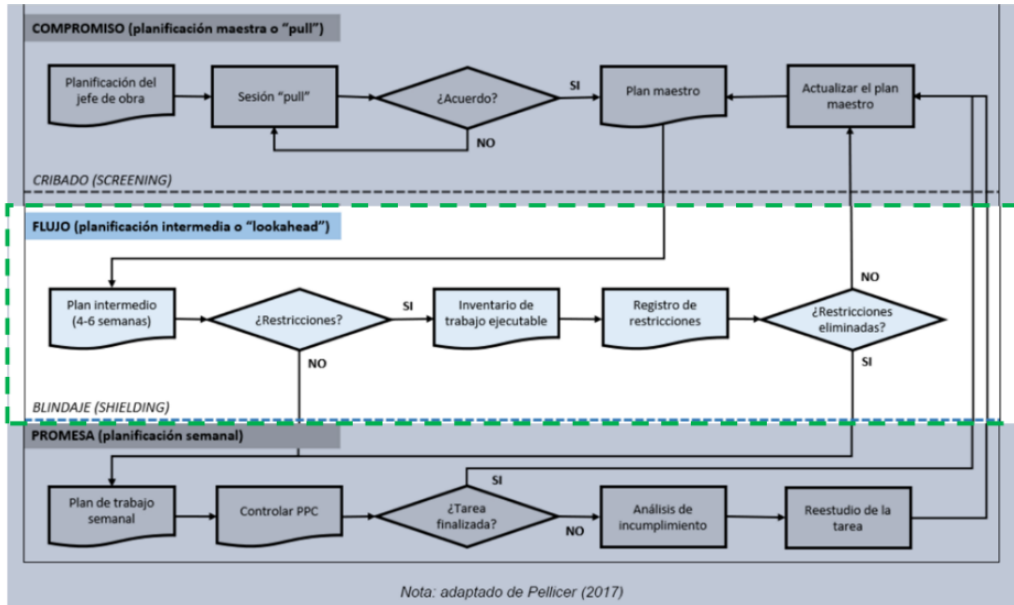
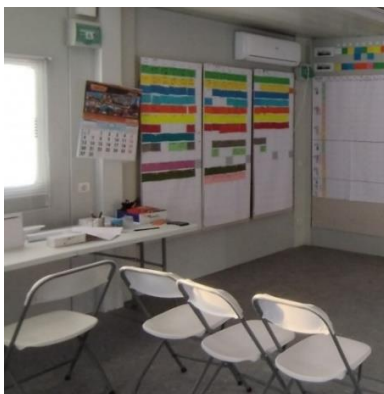


Figura 64. Flujo de trabajo etapa de flujo
Tomado de (Fontana, 2021)

En esta etapa, después de la sesión pull, se procedió a planificar tres semanas vistas, donde se identificaron las principales restricciones que podrían afectar la ejecución del proyecto en el panel de planificación intermedia (**Figura 65**). Además, se tuvieron en cuenta las actividades ejecutables que, aunque no estaban inicialmente planificadas, servían como inventario o backup para mantener el proceso productivo en caso de contratiempos. Durante la planificación de estas tres semanas, se destacaron restricciones importantes y se registraron en el tablero de restricciones (**Figura 65**), como los plazos de fabricación de ciertos elementos, la falta de contratación de determinados oficios, el suministro de materiales y la finalización de actividades predecesoras. Estas restricciones se registraron en el panel de restricciones, y el equipo de obra se enfocó en trabajar para eliminarlas o, en consecuencia, si no era posible, actualizar el plan maestro. Estos aspectos se abordan con mayor profundidad en las reuniones semanales, como se detalla en el **capítulo 4.3.3**.



IDENTIFICACIÓN DE RESTRICCIONES PARA EL LARGO-MEDIO PLAZO								LEYENDA	
PULL SESSION & LOOKAHEAD	RECURSOS						FECHA INICIO	1	3
	DISEÑO	MATERIALES	MANO OBRA	EQUIPOS	CONTRATO	OTROS			
							02-sep		
							30-sep		
							21-oct		
							11-nov		
							21-oct		
							09-dic		
							06-ene		
							27-ene		
							21-oct		
							20-ene		
							24-feb		
							20-abr		
							04-may		
							04-may		
							07-oct		

DEBE PUEDE

Figura 65. Panel de planificación intermedia tres semanas vistas y tablero de restricciones
Fotografía de obra

En estas reuniones, además de planificar la semana inmediatamente siguiente, también se realizaba la planificación intermedia, anticipando y analizando nuevamente las restricciones a futuro. La gestión de la información en este nivel se aborda más detalladamente en el **capítulo 4.4**. En estas sesiones, se enfatizó la importancia de mantener una comunicación efectiva y flujo constante de información entre todos los involucrados para asegurar una ejecución fluida y sin contratiempos en el proyecto.

4.3.3 Implementación planificación semanal

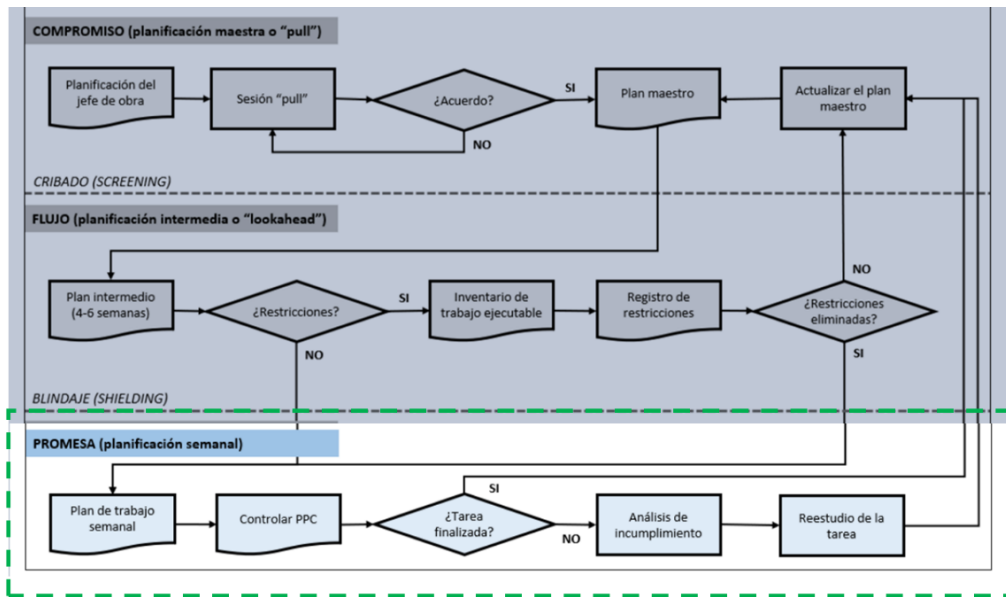


Figura 66. Flujo de trabajo etapa de promesas
Tomado de (Fontana, 2021)

En esta etapa, se realizó la gestión detallada de las promesas semanales, controlando de cerca el PPC y las posibles causas de no cumplimiento. Semanalmente, hasta la finalización del proyecto, se realizaron sesiones de planificación semanal en las que el objetivo principal era supervisar el plan de producción. Durante estas sesiones, se identificaban las actividades específicas que debían completarse en un plazo máximo de dos semanas, asignándolas y coordinándolas con otras actividades en los paneles de planificación semanal con el formato de las tarjetas utilizadas en la planificación pull tal como se muestra en la **Figura 67**.



Figura 67. Ejemplo de paneles de planificación semanal
Fotografía de obra

Estas sesiones, que involucraban a los encargados de los subcontratistas, los responsables de la constructora y el jefe de producción tenían una duración aproximada de 40 minutos. Se llevaban a cabo al finalizar cada semana, con el propósito de evaluar la semana en curso y planificar las siguientes semanas. Durante este proceso, se revisaban los cumplimientos en comparación con el plan maestro, y las tarjetas correspondientes a las actividades totalmente terminadas se retiraban del panel.



Figura 68. Reunión semanal de obra
Fotografía de obra

En caso de que alguna actividad no estuviera finalizada, se analizaban detenidamente las causas de no cumplimiento y se realizaban los ajustes necesarios en el plan semanal para corregir las desviaciones, para este proyecto se establecieron como generalidad las causas de no cumplimiento de la **Tabla 4-14**. Asimismo, se proponían mejoras que permitieran alcanzar los objetivos establecidos. Esta dinámica de trabajo, junto con sus detalles, es analizada en profundidad en el **capítulo 4.4**, destacando su papel fundamental en el éxito de la implementación del LPS en el proyecto. Esta fase es fundamental ya que es la que más información nos aporta para la mejora continua y tomar oportunamente las acciones correctivas.

Tabla 4-14. Causas de no cumplimiento generales aplicadas a la obra
Elaboración propia

ID	Causa de no cumplimiento
A	Faltan definiciones o falta de información
B	Mala Planificación
C	Terminación de una actividad anterior de otro subcontratista
D	Terminación de una actividad anterior propia
E	Ausencia no planificada
F	Falta de personal
G	Falta de materiales, equipos, andamios, etc.
H	Estimación incorrecta de tiempos
I	Mala Calidad o Re-trabajo/NO Conformidad D.F.
J	Rendimiento inferior al esperado
K	Cierre por Vacaciones/Abandono de la obra
L	Reorganización actividades
M	Imprevistos

A continuación, se describe cuando alguna causa de no cumplimiento es clasificada en cada una de las categorías de la **Tabla 4-14**, estas causas de no cumplimiento, una vez identificadas, se convirtieron en áreas clave de mejora y de atención para el equipo de obra. Su análisis y resolución efectiva permitieron optimizar el flujo de trabajo, reducir retrasos y garantizar el cumplimiento de los objetivos establecidos en el plan de producción.:

- A. Actividades que no se encuentran completamente definidas o con información insuficiente que impiden su ejecución adecuada.
- B. Actividades mal planificadas en cualquiera de los niveles de planificación, lo que afecta su ejecución.
- C. Actividades que no pudieron llevarse a cabo debido a que la actividad predecesora no fue finalizada.
- D. Actividades que no pudieron llevarse a cabo porque la actividad predecesora, a cargo del mismo subcontratista, no fue finalizada.
- E. Actividades no ejecutadas sin justificación o sin la debida comunicación de ausencia.
- F. Actividades no ejecutadas por falta de personal asignado a estos trabajos.
- G. Actividades no ejecutadas por falta de recursos, como materiales o equipos, necesarios para su desarrollo.
- H. Actividades que fueron planificadas, pero se estimó incorrectamente el tiempo requerido para su ejecución.
- I. Actividades no finalizadas debido a fallos de calidad, reprocesos o no conformidades aplicadas.
- J. Actividades que se llevaron a cabo, pero el rendimiento de la UP no fue el esperado, lo que impidió su finalización.
- K. Actividades no ejecutadas debido al cierre de la obra o a las vacaciones de los subcontratistas.
- L. Actividades que no se completaron debido a reorganizaciones o replanificaciones de las actividades.
- M. Cualquier otra actividad no contemplada en las anteriores o imprevistos que afectaron su ejecución.

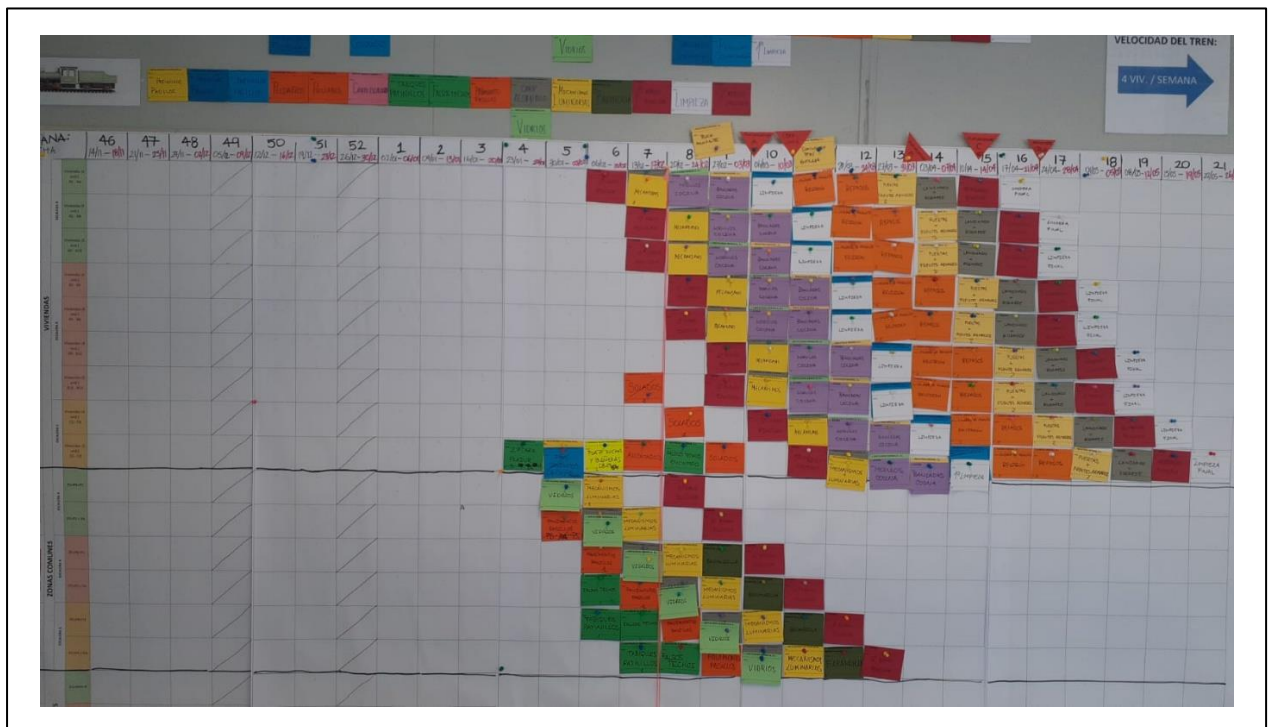


Figura 69. Estado del plan maestro luego de realizar reuniones semanales
Fotografía de obra

En este capítulo, se ha presentado la implementación integral del proceso del LPS y su metodología, lo cual implica un flujo significativo de información que debe ser cuidadosamente procesada, analizada y gestionada durante la etapa de control y seguimiento. A lo largo de este capítulo, se ha resaltado la importancia de la información tanto de entrada como de salida generada en el sistema.

En el siguiente capítulo, se realiza un análisis detallado de la información relevante que se convierte en una guía y un recurso primordial para alcanzar los objetivos semanales y la fecha estimada de finalización del proyecto. El enfoque se centra en comprender cómo esta información contribuye a mantener un flujo de trabajo continuo y eficiente, permitiendo así tomar decisiones informadas y realizar ajustes necesarios para asegurar el cumplimiento de los planes establecidos, proporcionando una visión clara y transparente de la evolución del trabajo y permitiendo una comunicación efectiva entre todos los participantes involucrados.

4.4 Gestión de la información generada

Anteriormente se ha explicado la obra en todo su conjunto pero en los siguientes capítulos se hará un énfasis en la ruta crítica del proyecto siendo los trenes críticos de producción los de viviendas, zonas comunes y fachada, los cuales condicionan y son las principales restricciones de los demás trenes de producción por lo tanto los demás trenes de producción tienen una función importante y es generar actividades inventario en caso de presentar algún tipo de retraso o restricción que impida el flujo continuo de las actividades, siendo el principal tren el de viviendas. Por otra parte, en la **Figura 70** se muestran en verde los indicadores utilizados para la gestión de este proyecto.

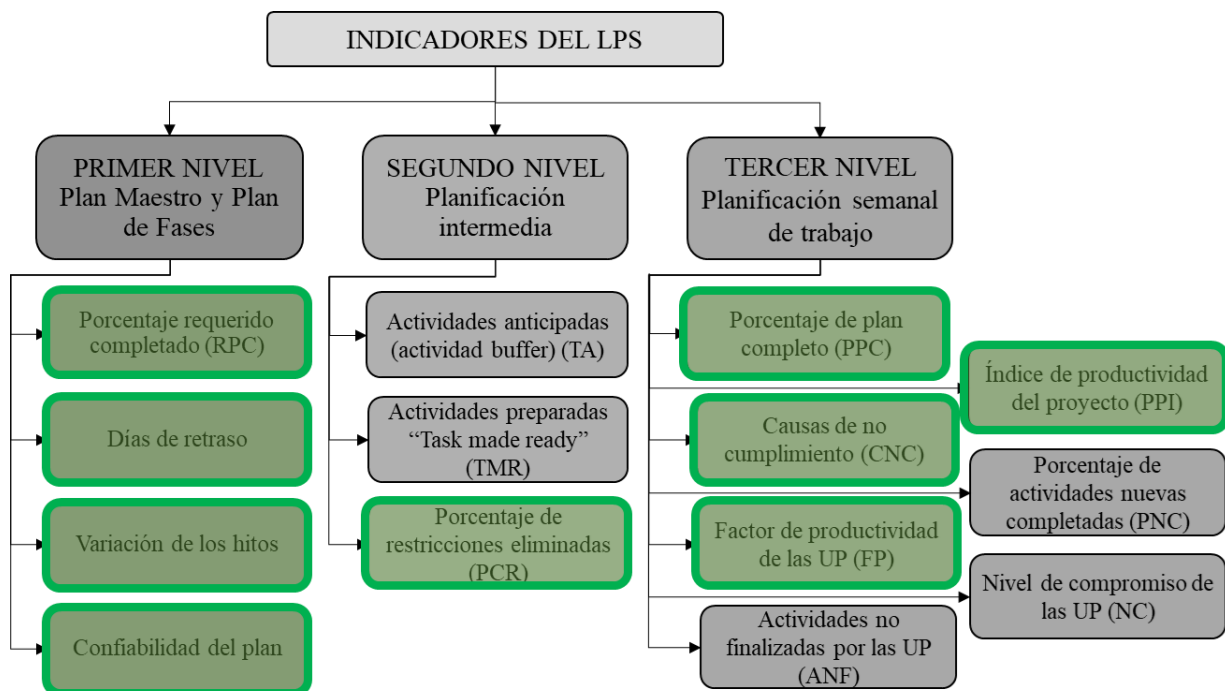


Figura 70. Indicadores de gestión utilizados en el proyecto
Adaptado de (Fontana, 2021)

En este capítulo, se examina cómo la gestión de la información desempeñó un papel fundamental en el éxito general de la implementación del LPS en el proyecto. La correcta utilización de esta información se convirtió en un factor determinante para lograr resultados exitosos y, en última instancia, concluir el proyecto dentro de los plazos establecidos.

4.4.1 Gestión de la información planificación maestra

Después de la sesión pull, donde todos los participantes aprobaron y se comprometieron con el plan maestro, fue fundamental procesar, almacenar y compartir la información resultante de esta planificación. Para lograr una mayor accesibilidad y disponibilidad de la información, se procede a digitalizar el tablero pull tal y como se muestra en la **Figura 72**. Esta digitalización representa la secuencia de las actividades, las semanas de ejecución y los recursos requeridos, incluyendo las UP.

La información digitalizada se comparte con todos los participantes del proyecto, así como con el cliente y la dirección facultativa, en línea con la transparencia y apertura característica de esta planificación. El plan maestro se presenta en formato Excel con los mismos colores utilizados en el panel pull físico, garantizando una representación coherente y verídica para todos.

Para un seguimiento más detallado y cuantitativo de las actividades, se realiza una planificación generada a partir del plan maestro en Microsoft Project, tal como se muestra en la **Figura 71**. Esta herramienta permite visualizar aspectos como la fecha de inicio, fecha de finalización, duración y el porcentaje completado esperado en cada semana. Esto facilita una gestión más eficiente y un seguimiento pormenorizado de cada actividad a lo largo del tiempo.

A partir de la información obtenida sobre el porcentaje completado esperado en cada semana, se generaron gráficas que representan la evolución proyectada para cada uno de los trenes de producción. Estas gráficas brindaron una visión panorámica de los principales trenes y facilitaron la identificación de posibles restricciones y conflictos entre las actividades planificadas mostradas en las **Figura 73**, **Figura 74**, **Figura 75** y **Figura 76**.

El análisis gráfico permitió visualizar de manera clara y concisa la interacción entre las diferentes actividades y su progreso a lo largo del tiempo. Esto resultó en una información más fácil de procesar y analizar, lo que a su vez favoreció la toma de decisiones informadas y oportunas durante la ejecución de la obra.

Además de la gestión de la información obtenida del plan maestro, se obtiene un flujo detallado del personal que será utilizado como unidades productivas, comprometido semanalmente por cada subcontratista. Esta información es almacenada, procesada y digitalizada, generando así una gráfica de flujo de recurso humano a lo largo del proyecto, la cual se muestra en la **Figura 77**. La implementación de esta gráfica permitió una gestión más efectiva de los compromisos adquiridos por los subcontratistas en cuanto a la asignación de personal para las diferentes actividades. De esta manera, se pudo evaluar los rendimientos de las unidades productivas y asegurar que el personal estuviera adecuadamente asignado a las tareas planificadas para cada semana.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Semana																		
				47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
				Fecha Fin	26/11/2022	2-12	9-12	16-12	23-12	30-12	6-1	13-1	20-1	27-1	3-2	10-2	17-2	24-2	3-3	10-3	17-3	24-3
PLAN MAESTRO IMPLEMENTACION LPS	120 días	Jun 28/11/22	Jun 29/05/23		2%	2%	5%	9%	9%	13%	18%	24%	31%	37%	44%	50%	57%	64%	71%	77%	82%	87%
INICIO	0 días	Jun 28/11/22	Jun 28/11/22		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Viviendas	120 días	Jun 28/11/22	Vie 26/05/23		1%	1%	5%	8%	8%	11%	15%	20%	26%	31%	37%	43%	50%	57%	63%	69%	74%	80%
Bloque A	90 días	Jun 28/11/22	Vie 14/04/23		4%	4%	14%	19%	19%	23%	28%	33%	41%	45%	51%	59%	68%	75%	80%	84%	88%	93%
Viviendas (4 und.) A1 - A4	85 días	Jun 28/11/22	Vie 07/04/23		13%	13%	17%	22%	22%	26%	30%	39%	43%	48%	57%	65%	74%	78%	83%	87%	91%	96%
Segunda cara de pladur	5 días	Jun 28/11/22	Vie 02/12/22		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Cableado + cajas	5 días	Jun 28/11/22	Vie 02/12/22		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Instalación de conductos	5 días	Jun 28/11/22	Vie 02/12/22		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Platos ducha y bañeras	5 días	Jun 12/12/22	Vie 16/12/22				100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Alicatados	5 días	Jun 19/12/22	Vie 23/12/22					100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Falsos techos y encitados	5 días	Jun 02/01/23	Vie 06/01/23						100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Solados (pavimentos)	5 días	Jun 09/01/23	Vie 13/01/23							100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Carpintería aluminio	5 días	Jun 16/01/23	Vie 20/01/23									100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Vidrios	5 días	Jun 16/01/23	Vie 20/01/23									100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1ª Mano de pintura	5 días	Jun 23/01/23	Vie 27/01/23										100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Puertas entrada + Blocks de armario	5 días	Jun 30/01/23	Vie 03/02/23											100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Sanitarios + grifos	5 días	Jun 06/02/23	Vie 10/02/23												100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Modulos de cocina	5 días	Jun 06/02/23	Vie 10/02/23												100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Rejillas clima	5 días	Jun 13/02/23	Vie 17/02/23													100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Mecanismos y luminarias	5 días	Jun 13/02/23	Vie 17/02/23													100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Bancadas y aplacado de cocina	5 días	Jun 20/02/23	Vie 24/02/23														100%	100%	100%	100%	100%	100%
1ª Limpieza	5 días	Jun 20/02/23	Vie 24/02/23														100%	100%	100%	100%	100%	100%
Revisión	5 días	Jun 27/02/23	Vie 03/03/23															100%	100%	100%	100%	100%
Repasos	5 días	Jun 06/03/23	Vie 10/03/23																100%	100%	100%	100%
Puertas de paso + frentes de armarios	5 días	Jun 13/03/23	Vie 17/03/23																	100%	100%	100%
Laminado + rodapie	5 días	Jun 20/03/23	Vie 24/03/23																		100%	100%
Acabado de pintura	5 días	Jun 27/03/23	Vie 31/03/23																			100%
Limpieza final	5 días	Jun 03/04/23	Vie 07/04/23																			100%
Viviendas (4 und.) A5 - A8	85 días	Jun 12/12/22	Vie 14/04/23				13%	17%	17%	22%	26%	30%	39%	43%	48%	57%	65%	74%	78%	83%	87%	91%
Segunda cara de pladur	5 días	Jun 12/12/22	Vie 16/12/22				100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Cableado + cajas	5 días	Jun 12/12/22	Vie 16/12/22				100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Instalación de conductos	5 días	Jun 12/12/22	Vie 16/12/22				100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Platos ducha y bañeras	5 días	Jun 19/12/22	Vie 23/12/22				100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Alicatados	5 días	Jun 02/01/23	Vie 06/01/23						100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Falsos techos y encitados	5 días	Jun 09/01/23	Vie 13/01/23							100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Solados (pavimentos)	5 días	Jun 16/01/23	Vie 20/01/23									100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Carpintería aluminio	5 días	Jun 23/01/23	Vie 27/01/23										100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Vidrios	5 días	Jun 23/01/23	Vie 27/01/23											100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1ª Mano de pintura	5 días	Jun 30/01/23	Vie 03/02/23												100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Puertas entrada + Blocks de armario	5 días	Jun 06/02/23	Vie 10/02/23													100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Sanitarios + grifos	5 días	Jun 13/02/23	Vie 17/02/23														100%	100%	100%	100%	100%	100%
Modulos de cocina	5 días	Jun 13/02/23	Vie 17/02/23														100%	100%	100%	100%	100%	100%
Rejillas clima	5 días	Jun 20/02/23	Vie 24/02/23														100%	100%	100%	100%	100%	100%

Figura 71. Fragmento de planificación maestra en Microsoft Project
Elaboración propia



Figura 72. Fragmento de la digitalización del tablero pull en Microsoft Excel
 Digitalización de tablero de obra

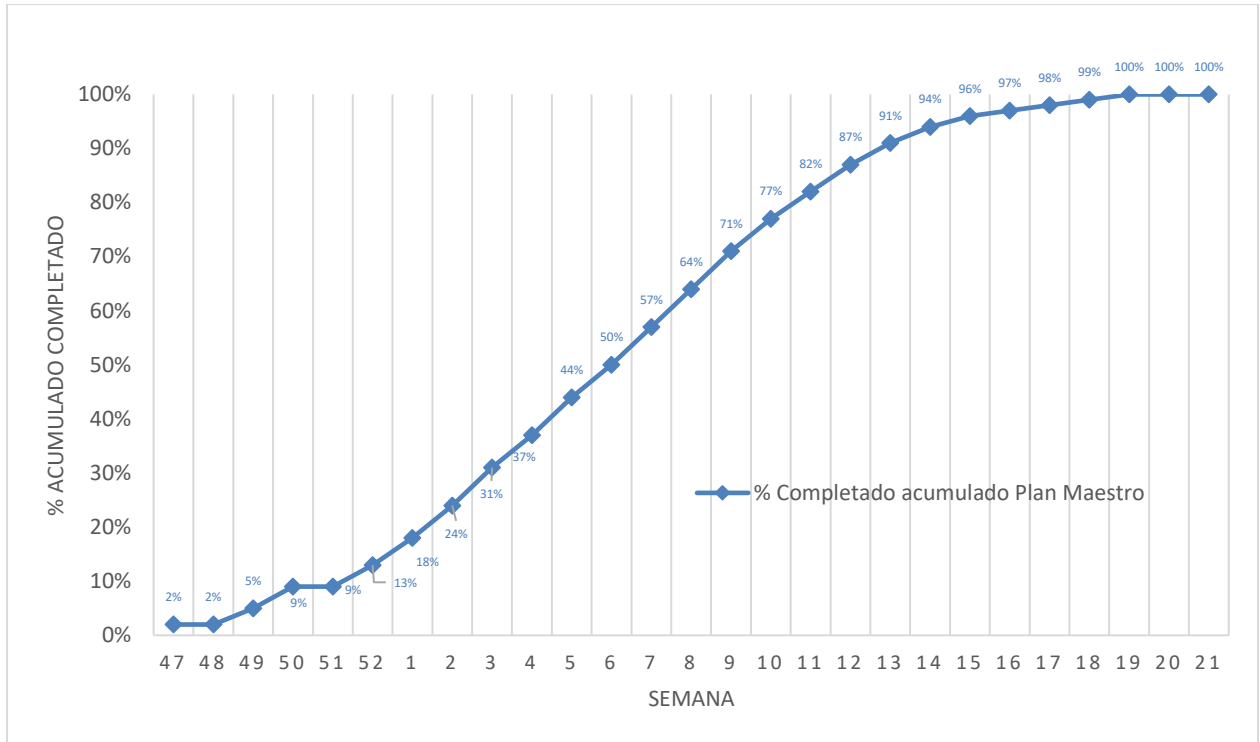


Figura 73. Porcentaje completado esperado obra general
Elaboración propia

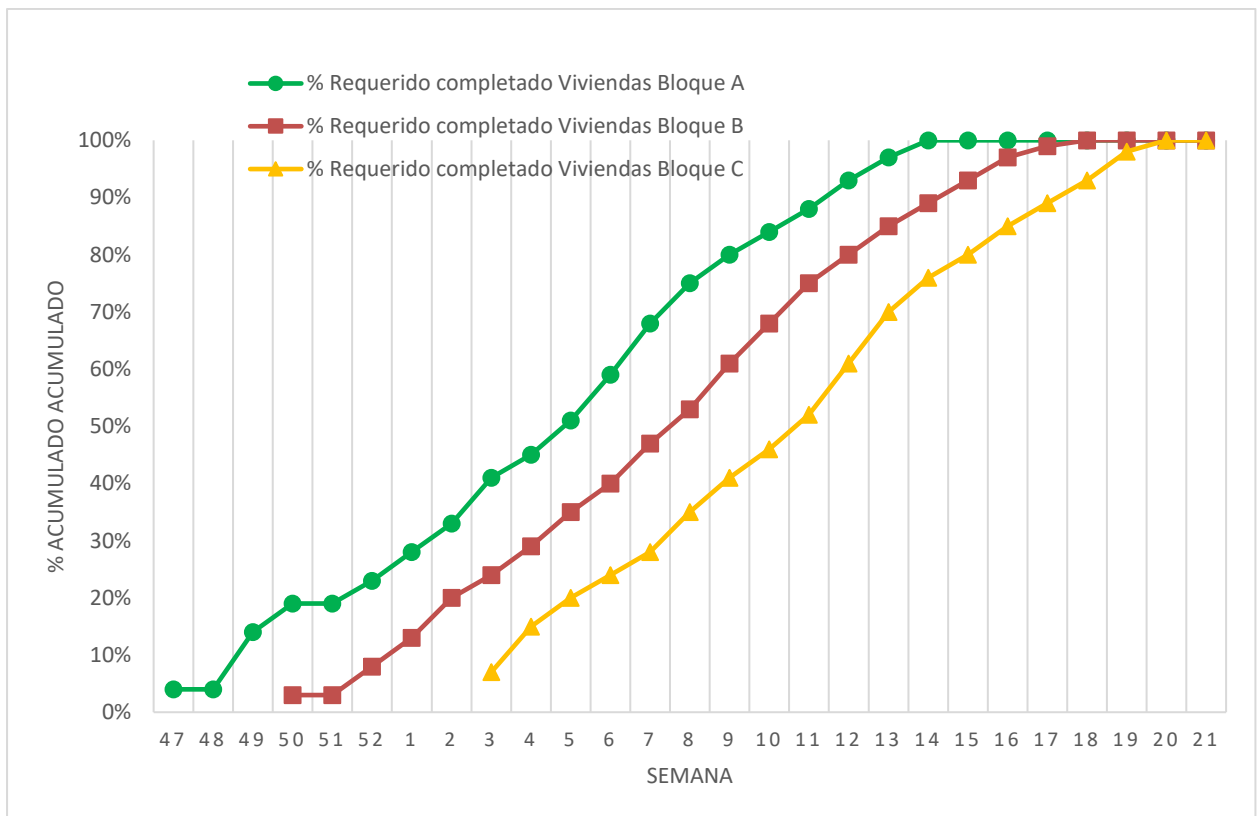


Figura 74. Porcentaje completado esperado tren de producción de viviendas
Elaboración propia

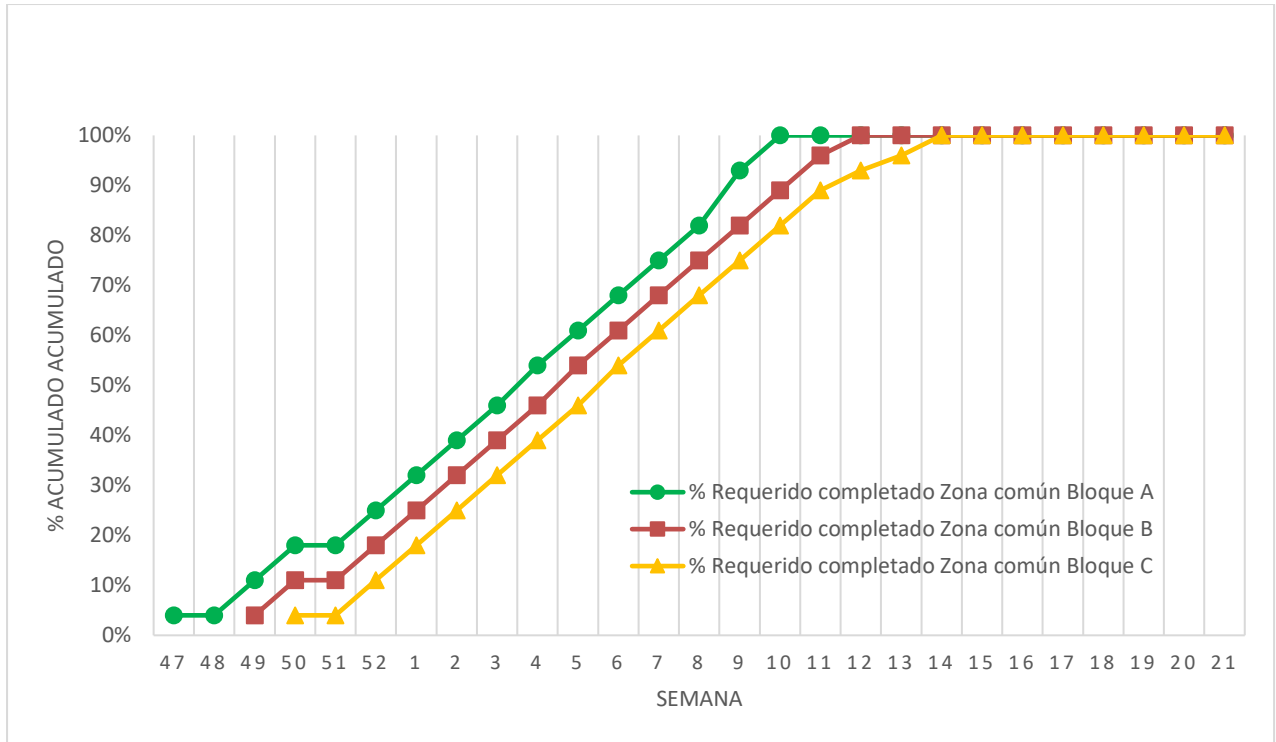


Figura 75. Porcentaje completado esperado tren de producción de zonas comunes
Elaboración propia

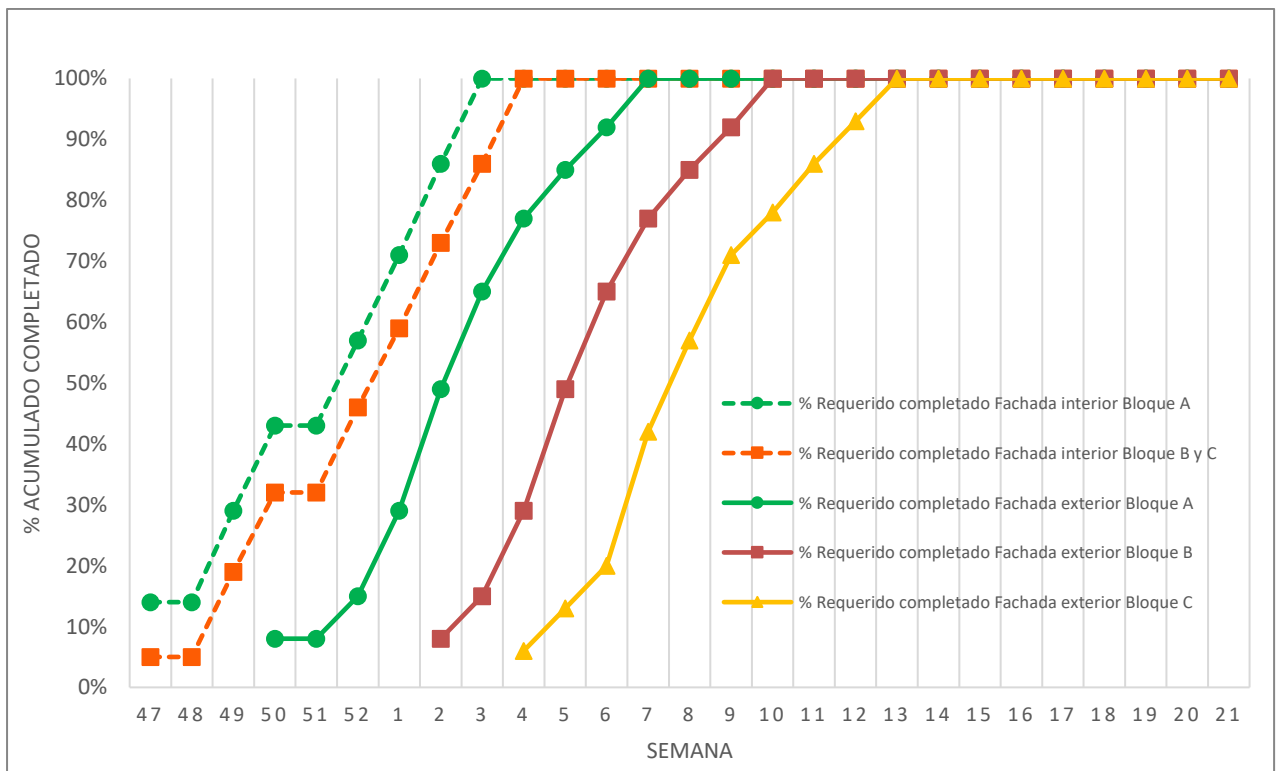


Figura 76. Porcentaje completado esperado tren de producción de fachadas interior y exterior
Elaboración propia

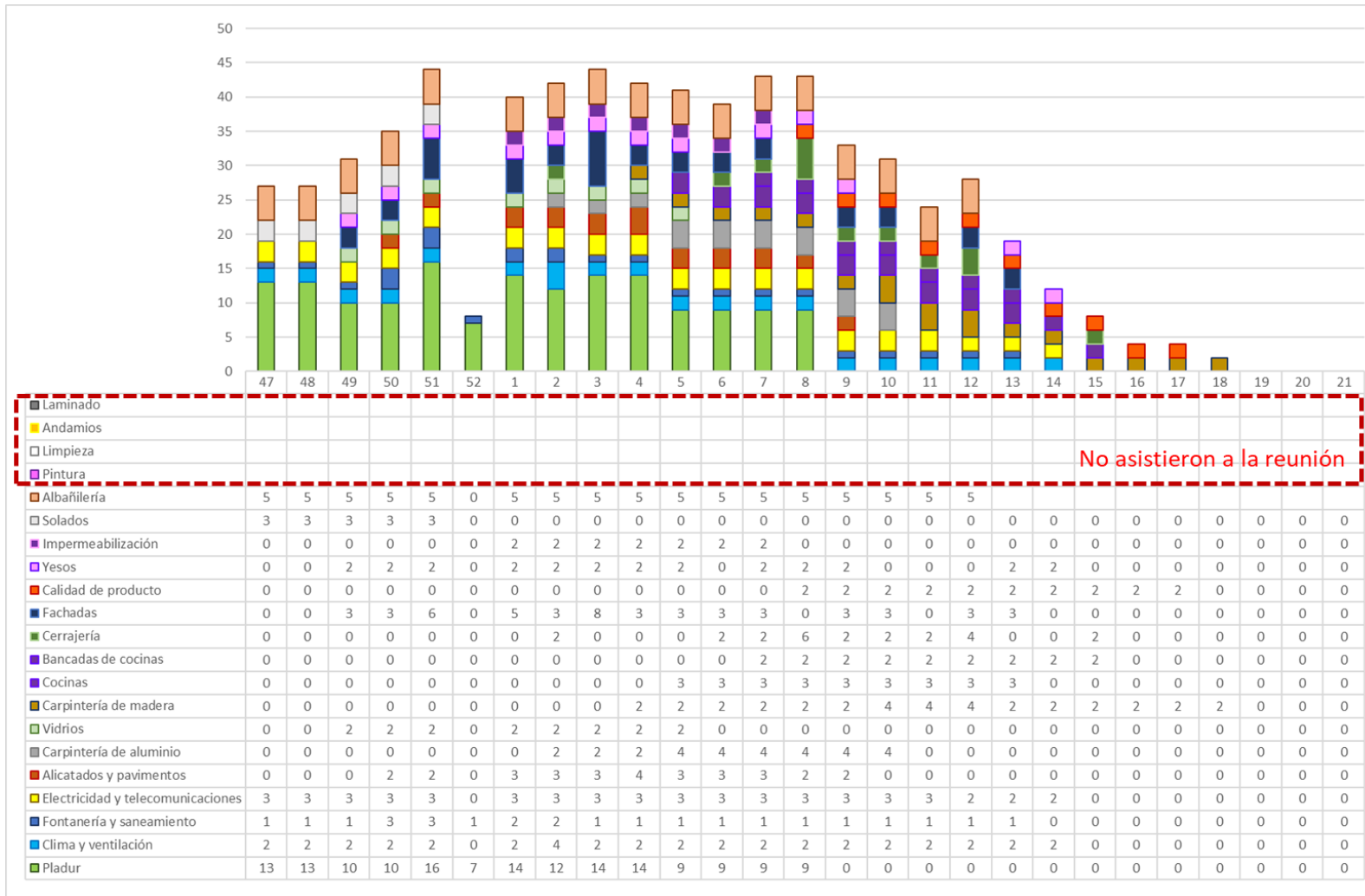


Figura 77. Compromiso de flujo de personal por subcontratista a lo largo de la obra
Elaboración propia

4.4.2 Gestión de la información planificación intermedia

Para gestionar la información generada en esta fase, se implementó un análisis centrado en las próximas tres semanas de trabajo. Este enfoque se determinó en función de la experiencia previa del equipo de obra y de los subcontratistas en el sistema. Idealmente, se recomienda realizar una planificación intermedia de aproximadamente seis a ocho semanas adelante. Sin embargo, en este caso, debido a la experiencia de los involucrados, se optó por trabajar con un horizonte de tres semanas para asegurar una información confiable.

En este análisis, el énfasis principal estuvo en la identificación y evaluación de restricciones. Todas las partes interesadas contribuyeron en la planificación de las actividades para las tres semanas siguientes, adicional las restricciones previamente identificadas en la sesión pull se registraron, procesaron y compartieron en un formato digital en una hoja de cálculo Excel. Esta recopilación de restricciones se muestra en la **Tabla 4-15**, donde se presenta la digitalización de la información y un análisis de cómo se categorizan las restricciones en seis tipos principales: diseño, materiales, mano de obra, equipos, contrato y otros. Para cada tipo de restricción, se realizó una evaluación siguiendo las convenciones establecidas y mostradas en la tabla en cuestión.

*Tabla 4-15. Listado de restricciones sesión pull
Digitalización de tablero de obra*

IDENTIFICACIÓN DE RESTRICCIONES PARA EL LARGO-MEDIO PLAZO								OBSERVACIONES
PULL SESSION & LOOKAHEAD	RECURSOS						FECHA INICIO	
	DISEÑO	MATERIALES	MANO OBRA	EQUIPOS	CONTRATO	OTROS		
Andamios	✓	!	!	!	✓	✗	28-nov	El subcontratista no asiste
Pintura	✓	!	!	!	✗		23-ene	No se ha contratado este oficio
Laminado	✓	✓	✗	✗	✗		20-mar	No se ha contratado este oficio
Limpieza	✓	✗	✗	✗	✗		20-feb	No se ha contratado este oficio
Tejados	✗	!	!	!	✗		22-dic	No se ha contratado este oficio
Carpintería de aluminio	✓	✗	!	!	✓		16-ene	La fabricación tarda dos semanas
Vidrios	✓	✗	!	!	✓		16-ene	La fabricación de los vidrios dura tres (3) semanas a partir del envío de las medidas
Bancadas de cocina	✓	✗	✗	✗	✗		20-feb	No se ha contratado este oficio, se tenía previsto que el subcontratista de módulos de cocina ejecutara pero no realiza granito
Platos de ducha y bañera	✓	✗	✓	✓	✓		12-dic	Falta que lleguen las duchas y platos
Pladur	✓	✓	✗	✓	✓		09-dic	Debe disponer de un número alto de mano de obra que se debe gestionar
Ascensores	✓	!	!	!	✓	✗	13-ene	No se planifican y se analizan en la sesión pull
Fontanería y saneamiento	✓	✓	✗	✓	✓		09-dic	Se deben finalizar actividades atrasadas para cerrar pladur segunda cara de pladur
Electricidad	✓	✓	✗	✓	✓		09-dic	Se deben finalizar actividades atrasadas para cerrar pladur segunda cara de pladur
Perfil de U de balcones	✗	!	!	!	✓		19-ene	La fabricación tarda dos semanas a partir que se toman medidas del balcón, luego del mortero de cal
Peldaños y rellanos de terrazo en escaleras	✓	✗	!	!	✓		02-ene	La fabricación tarda tres semanas desde que se realiza el pedido

✓	Tengo todo lo necesario o bien un compromiso para conseguirlo a tiempo
!	Dependencia de solución la restricción
✗	Me faltan elementos para empezar y todavía no tengo los compromisos

Teniendo en cuenta que para este proyecto se realizó una planificación intermedia de tres semanas vistas, durante cada reunión semanal, se recopilaban y evaluaban las restricciones identificadas para esta planificación. Estas restricciones se registraban físicamente en un cuadro de control y después de la reunión se convertían en formato digital para su almacenamiento y análisis, siguiendo el modelo presentado en la **Figura 78**.

El propósito principal de esta planificación era reconocer cualquier restricción que pudiera obstaculizar el inicio, la finalización o la continuidad fluida de una actividad. Con este objetivo en mente, el equipo de obra trabajaba en la eliminación de estas restricciones y se monitoreaba la cantidad de restricciones pendientes y las que se habían solventado a lo largo de cada semana. Esta aproximación facilitó el análisis de los datos y permitió la implementación de acciones con respecto a las restricciones de mayor impacto.

A continuación, se proporciona una explicación detallada de cada sección presente en el formato utilizado para registrar las restricciones:

1. **Fecha de seguimiento:** Esta corresponde a la fecha en que se realiza el control y seguimiento, que coincide con la fecha de la reunión semanal.
2. **ID de restricción y descripción:** Cada restricción es identificada con un ID único, y se proporciona una breve descripción que aclara en qué consiste la restricción.
3. **Impacto y actividad afectada:** Se evalúa el impacto de la restricción en términos de bajo, medio o alto en relación con el flujo de producción. Además, se indica la actividad específica que se ve afectada por esta restricción.
4. **Acciones correctivas:** Se detallan las acciones específicas que se deben llevar a cabo para eliminar la restricción.
5. **Prioridad:** Se clasifica la prioridad de la restricción según el nivel de impacto que se le ha asignado previamente. Esto permite abordar inicialmente aquellas restricciones que tienen un impacto más significativo.
6. **Responsables:** Aquí se especifican los responsables de abordar la restricción. Se mencionan tanto el subcontratista encargado de liberar la restricción como el miembro del equipo de obra responsable de supervisar y controlar las acciones correctivas.
7. **Fechas relevantes y estado:** Se registran las fechas clave relacionadas con la restricción, como la fecha de identificación, la fecha requerida para resolverla y la fecha en que finalmente se liberó. Esta trazabilidad es crucial para el seguimiento y la generación de alertas. Además, se indica si la restricción está abierta o cerrada en ese momento.

Este formato integral y detallado permite un registro claro y sistemático de todas las restricciones identificadas, junto con las medidas correctivas adoptadas para abordarlas. También brinda la estructura necesaria para gestionar las restricciones de manera eficiente y garantizar un flujo de trabajo fluido y sin interrupciones.

OBRA: 36 viviendas Rocafort					FECHA CONTROL: 17 FEBRERO DE 2023					
ID	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN/PROBLEMA	IMPACTO / ACTIVIDAD QUE SE VE AFECTADA	ACCIÓN	Prioridad Baja (1) Media (2) Alta (3)	RESPONSABLE DE LIBERARLA (SUBCONTRATISTA)	RESPONSABLE CONSTRUCTORA	FECHA DE IDENTIFICACIÓN	FECHA REQUERIDA	FECHA REAL LIBERACIÓN	ABIERTA / CERRADA
F1	El enlucido esta tardando más de lo planificado pues en las ventanas se requiere más tiempo	Alto / El retiro del andamio y por lo tanto las actuaciones en urbanización y exteriores	Aumentar personal para mejorar rendimiento	●	Fachadas	Jefe de producción / Encargado general	27/01/2023	02/02/2023	10/02/2023	CERRADA
A1	El andamio no se esta montando y desmontando en las fechas establecidas	Alto / Las actuaciones en urbanización y exteriores, como el montaje de barandilla en balcones	Envío de planificación detallada de montaje y desmontaje, gestionar con el contratista.	●	Andamios	Jefe de producción	23/12/2023	06/01/2023	10/01/2023	CERRADA
P1	La actividad de falsos techos no se puede unir con el encitado pues manejan rendimientos diferentes	Medio / Se encuentra una diferencia de rendimientos que esta afectando al subcontratista de pintura	Modificar la planificación separando estas dos actividades	●	Pladur	Jefe de producción	06/01/2023	09/01/2023	09/01/2023	CERRADA
C1	Las actividades del ascensor no se planificaron	Medio / Afecta al tren de producción de zonas comunes	Replanificación incluyendo este oficio e informar a todas las partes afectadas	●	Constructora	Jefe de obra	03/02/2023	06/02/2022	06/02/2022	CERRADA
AL1	Cierre de albañilería en frente de ascensores	Bajo / Instalación del pavimento en zonas comunes	Disponer de más personal para realizar esta actividad	●	Albañilería	Encargado	10/02/2023	03/03/2023		ABIERTA
C2	El tejado no se planifica, falta incluir la planificación del tejado y subdividir las actividades	Medio / actividades en fachadas exteriores	Realizar la planificación e incluirla dentro del plan maestro y compartirla	●	Constructora	Jefe de obra	27/01/2023	03/02/2023	02/02/2023	CERRADA
P2	Rendimiento de pladur en viviendas grandes	Alto / Toda la secuencia de viviendas	Aumentar personal para mejorar rendimiento	●	Pladur	Jefe de producción	06/01/2023	21/01/2023	18/01/2023	CERRADA
E1	Rendimiento de electricidad en viviendas grandes	Alto / Toda la secuencia de viviendas	Aumentar personal para mejorar rendimiento	●	Electricidad y te	Jefe de producción	06/01/2023	21/01/2023	18/01/2023	CERRADA
F1	Rendimiento de fontanería, en viviendas grandes	Alto / Toda la secuencia de viviendas	Aumentar personal para mejorar rendimiento	●	Saneario y fontanería	Jefe de producción	06/01/2023	21/01/2023	18/01/2023	CERRADA
CA1	Rendimiento en fabricación de la carpintería de aluminio	Alto / Toda la secuencia de viviendas	Aumentar la producción y replanificar la obra	●	Carpintería de aluminio	Jefe de obra / Jefe de producción	03/02/2023	17/02/2023		ABIERTA
P1	Rendimiento de pintura por falta de subdividir la actividad	Alto / Toda la secuencia de viviendas de obra limpia	Replanificar la actividad y aumentar el personal para mejorar el rendimiento	●	Pintura	Jefe de producción	17/02/2023	24/02/2023		ABIERTA
M1	Instalación de muebles bajos fabricación	Medio / Bancadas de cocina	Replanificar las actividades	●	Muebles de cocinas	Jefe de producción	17/02/2023	20/02/2023		ABIERTA
F2	Falta de mano de obra para acrílico de fachada exterior	Alto / El retiro del andamio y por lo tanto las actuaciones en urbanización y exteriores	Aumentar personal para mejorar rendimiento	●	Fachadas	Jefe de producción / Encargado general	27/01/2022	03/03/2023		ABIERTA
CE1	Fabricación de barandillas se retrasa	Bajo / Actuaciones en exteriores	Replanificar la instalación	●	Cerrejaría	Jefe de obra / Jefe de producción	17/02/2023	24/02/2023		ABIERTA
CM1	Retraso en suministro de puertas de paso	Alto / Limpieza y pintura final	Replanificar las actividades	●	Carpintería de madera	Jefe de obra / Jefe de producción	17/02/2023	10/03/2023		ABIERTA
CM2	Retraso en suministro de puertas de entrada	Alto / instalación de grifería y sanitarios	Replanificar las actividades	●	Carpintería de madera	Jefe de obra / Jefe de producción	17/02/2023	10/03/2023		ABIERTA

Figura 78. Fragmento de listado de restricciones planificación intermedia
Digitalización de tablero de obra

4.4.3 Gestión de la información planificación semanal

En el contexto de la planificación semanal, se realizó un análisis de los indicadores más significativos para el seguimiento efectivo del LPS. En consecuencia, con la estructura de trabajo previamente establecida y los indicadores seleccionados, que se encuentran detallados en la **Figura 70**, se procede a describir cómo se gestionó la información relevante en este nivel, destacando que este nivel en particular proporcionó una cantidad considerable de datos esenciales para la toma de decisiones. Además, se examinan las implicaciones en relación con los demás niveles y cómo este nivel interactúa con los demás, generando un flujo de información importante que requiere una gestión rigurosa. Esta gestión fue fundamental para asegurar un flujo de producción continua en la obra.

Tras la conclusión de las reuniones semanales, que tenían lugar los viernes, en la cual cada encargado de subcontratista se comprometía con las actividades que podría llevar a cabo durante la semana siguiente y trazaba su planificación a tres semanas vistas, siguiendo la estructura de la planificación maestra e intermedia. Se utilizaban las tarjetas diarias, cuyo contenido debía reflejar la misma información que las tarjetas de la Sesión Pull, pero desglosada en actividades diarias, se indicaba en cada tarjeta el día específico dentro del ciclo de 3 o 5 días. En esta etapa estas tarjetas se trasladaban en orden secuencial lógico, de izquierda a derecha, siguiendo la secuencia natural de inicio a fin.

Posteriormente a la reunión, se procedía a registrar estos compromisos en una hoja de cálculo Excel, semana tras semana, siguiendo el formato ilustrado en la **Figura 79**. La semana siguiente, se evaluaban los compromisos asumidos en la semana previa y se realizaba un seguimiento de su progreso, en estas se detallaban las actividades que aún no se habían completado, se registraban actividades que se habían adelantado y se establecía el estado de cada una de ellas. De manera aún más importante, si algún compromiso no se había cumplido, se registraba la causa de no cumplimiento de acuerdo con la clasificación previamente presentada (**Tabla 4-14**).

Toda esta información era registrada en el formato mencionado y semana a semana, se analizaban los datos recopilados a partir de esta gestión de información. Este proceso proporcionaba datos sumamente relevantes para la producción de la obra. En efecto, a partir de estos datos se tomaban acciones inmediatas mediante una colaboración y colaboración con las subcontratas. Se identificaban las causas fundamentales de los incumplimientos y si era necesario, se reorganizaba tanto la planificación como la ejecución de la obra.

A continuación, se proporciona una explicación detallada de cada sección presente en el formato utilizado para registrar los compromisos de cada uno de los subcontratistas:

FECHA:		24/02/2023																							
OBRA:		1		36 Viviendas Rocafort - Valencia																					
PERIODO:				Febrero 19 al 24 de 2023																					
SUBCONTRATISTA	ID	ACTIVIDAD	ACTIV. CRÍTICAS	OBJETIVO	% ALCANZADO	CAUSAS NO CUMPLIMIENTO													PPC	% PRODUCTIVIDAD					
						Faltan definiciones o falta de información	Mala Planificación	Terminación de un trabajo anterior de otro subcontratista	Terminación de un trabajo anterior propio	Ausencia no planificada	Falta de personal	Falta de materiales, equipos, andamios,	Estimación incorrecta de tiempo	Mala Calidad o Retraso	Rendimiento inferior al esperado	Cierre por vacaciones/Abandono	Reorganización	Tareas			Imprevistos				
PLADUR	1	SEGUNDA CARA DE PLADUR VIVIENDA C9	x	100%	100%																			1	100%
	2	SEGUNDA CARA DE PLADUR VIVIENDA C9	x	100%	100%																			1	100%
	3	FALSO TECHO VIVIENDA C4	x	100%	100%																			1	100%
PLADUR	4	CIERRE FRONTAL DE PATINILLOS ESCALERA C PLANTA BAJA A ÁTICO	x	100%	0%				1															0	0%
PLADUR	5	FALSOS TECHOS ZONA COMUN PLANTA BAJA ESCALERA B	x	100%	100%																			1	100%
PLADUR	6	FALSOS TECHOS ZONA COMUN PLANTA 1 ESCALERA B	x	100%	100%																			1	100%
PLADUR	7	FALSOS TECHOS ZONA COMUN PLANTA 2 ESCALERA B	x	100%	100%																			1	100%
PLADUR	8	FALSOS TECHOS ZONA COMUN PLANTA 3 ESCALERA B	x	100%	100%																			1	100%
PLADUR	9	FALSOS TECHOS ZONA COMUN PLANTA ATICO ESCALERA B	x	100%	100%																			1	100%
PLADUR	10	INSTALACION DE REGISTROS PLANTA 1 ESCALERA B	x	100%	100%																			1	100%
PLADUR	11	INSTALACION DE REGISTROS PLANTA 2 ESCALERA B	x	100%	100%																			1	100%

Figura 79. Fragmento de digitalización y gestión de planificación semanal
Digitalización de tablero de obra

- Fecha de seguimiento:** Esta corresponde a la fecha en que se realiza la reunión semanal y el periodo que se evalúa.
- Subcontratista:** Corresponde al subcontratista responsable del compromiso.
- Actividad:** Se registran los compromisos de cada subcontratista que corresponden a las actividades a ejecutar en la semana.
- Seguimiento:** Se especifica si la actividad es crítica, el objetivo comprometido en porcentaje para la semana y se registra el porcentaje real ejecutado.
- Causas de no cumplimiento:** En caso de que la actividad no se ejecute o no este al 100% se registra la CNC de acuerdo con la clasificación.
- Indicadores:** Se calcula el PPC (si la actividad está al 100% se le asigna 1, si no se le asigna 0) y se calcula el FP o % de productividad es el porcentaje real ejecutado de la actividad, por ejemplo, si un compromiso se realiza al 80% se le asigna este valor de FP registrando la CNC.

Tras evaluar detalladamente cada uno de los compromisos establecidos por los subcontratistas, se obtiene de manera semanal un conjunto fundamental de información, tal como se presenta en la **Tabla 4-16**. En esta tabla, se reflejan todas las actividades programadas y cuántas de ellas se han culminado exitosamente. Además, se procede a calcular dos indicadores importantes: el PPC semanal y el PPI semanal que abarcan el proyecto en su totalidad.

La interpretación de estos indicadores ofrece una visión general sobre la efectividad de la gestión de compromisos y si la productividad de la obra está sincronizada con la planificación general. También se cuantifica el número de CNC que se han presentado a lo largo de la semana. Este recuento detallado permitió identificar qué problemas tuvieron un mayor impacto y se centró en abordar de manera precisa los problemas identificados, como se ilustra en la **Tabla 4-17**. Este análisis detallado no solo ofreció una comprensión más clara de los desafíos semanales de la obra, sino que también sirvió como orientación para la toma de decisiones en torno a cómo mejorar la gestión de los compromisos y la productividad general del proyecto.

*Tabla 4-16. Resultados de gestión semana 8
Elaboración propia*

GESTIÓN SEMANAL	
Actividades programadas	140
Actividades completadas	85
PPC semanal	61%
PPI semanal	73%

*Tabla 4-17. Cantidad de CNC semana 8
Elaboración propia*

Causas de no cumplimiento	Cantidad
Faltan definiciones o falta de información	1
Mala Planificación	0
Terminación de un trabajo anterior de otro subcontratista	8
Terminación de un trabajo anterior propio	3
Ausencia no planificada	0
Falta de personal	32
Falta de materiales, equipos, andamios, etc.	1
Estimación incorrecta de tiempo	0
Mala Calidad o Re-trabajo/NO Conformidad D.F.	6
Rendimiento inferior al esperado	4
Cierre por Vacaciones/Abandono de la obra	0
Reorganización Tareas	0
Imprevistos	0

Es importante destacar que se llevó a cabo una evaluación semanal de cada subcontratista, considerando los indicadores semanales, esta evaluación se presentan en la **Tabla 4-18** Estos mismos indicadores que se evalúan en el proyecto en su conjunto son aplicados específicamente a cada subcontratista. Esta estrategia permite identificar con mayor precisión las variaciones y los puntos en los que la planificación y la gestión de compromisos están teniendo dificultades para cada uno de los subcontratistas.

Al centrarse en estas evaluaciones a nivel individual, se logró una comprensión más detallada de las áreas que requerían mejoras y facilitó el proceso de corregir las desviaciones. Esta aproximación proporcionó una visión específica de cómo cada subcontratista contribuye al proyecto en términos de

cumplimiento de compromisos y productividad

 Tabla 4-18. Fragmento evaluación semanal de subcontratistas
Elaboración propia

ACTIVIDAD PRINCIPAL	ACTIVIDADES PROGRAMADAS	ACTIVIDADES COMPLETADAS	PPC	FP
PLADUR	17	13	76%	79%
CLIMA Y AEROTERMIA	4	2	50%	75%
FONTANERÍA Y SANEAMIENTO	2	1	50%	50%
ELECTRICIDAD	15	2	13%	13%
MANO DE OBRA	14	14	100%	100%
PAVIMENTOS Y ALICATADOS	16	12	75%	80%
YESOS Y REVESTIMIENTO	5	5	100%	100%
CARP. ALUMINIO	12	7	58%	89%
VIDRIO	7	7	100%	100%
PINTURA	15	0	0%	49%
TOTAL	140	85	61%	73%

En consecuencia, cada semana se recopilaron un conjunto de datos que permitieron rastrear la evolución tanto del proyecto en su conjunto como de cada subcontratista de manera individual. Estos datos fueron sometidos a un análisis y procesamiento detallado en hojas de cálculo de Excel, tal como se ilustra en las tablas a continuación el análisis a profundidad de la información generada se analiza en el **capítulo 4.5**. Este enfoque sistemático y organizado se utilizó para obtener una visión integral de la progresión del proyecto y de las contribuciones específicas de cada subcontratista, facilitando la identificación de áreas de mejora en la gestión y planificación.

Por último, y de igual importancia, se llevaba a cabo un registro diario de todos los trabajadores presentes en la obra, mediante una aplicación específica destinada para este fin. Este proceso generaba un informe detallado día a día sobre la cantidad de trabajadores de cada subcontratista, permitiendo una comparación entre los compromisos iniciales y la realidad, así como una evaluación del rendimiento de cada UP. Estos listados se creaban y gestionaban en hojas de cálculo, como se ejemplifica en la **Tabla 2-1**. Esta práctica proporcionaba una visión precisa de la mano de obra disponible y su correspondencia con los compromisos acordados, permitiendo una supervisión y ajuste más efectivos de los recursos humanos en el sitio de construcción.

Tabla 4-19. Fragmento evolución global de indicadores de obra
Elaboración propia

RESUMEN GLOBAL OBRA												
MES	DICIEMBRE 22				ENERO 23				FEBRERO 23			
FECHA FIN	09/12/2022	16/12/2022	23/12/2022	30/12/2022	06/01/2023	13/01/2023	20/01/2023	27/01/2023	03/02/2023	10/02/2023	17/02/2023	24/02/2023
SEMANA DEL AÑO	049	050	051	052	001	002	003	004	005	006	007	008
ACTIVIDADES PROGRAMADAS	53	60	79	51	75	106	82	76	76	67	123	140
ACTIVIDADES COMPLETADAS	33	30	36	28	37	58	45	40	33	34	77	85
PPC SEMANAL	58%	51%	34%	37%	42%	50%	42%	44%	39%	47%	62%	61%
PPC ACUMULADO SEMANAL	58%	54%	48%	45%	44%	45%	45%	45%	44%	44%	46%	47%
PPC MENSUAL	45%				44%				52%			
PPC ACUMULADO MENSUAL	45%				45%				47%			
PRODUCTIVIDAD	73%	59%	55%	60%	57%	60%	59%	61%	55%	62%	72%	73%
PRODUCTIVIDAD ACUMULADA	73%	66%	63%	62%	61%	61%	61%	61%	60%	60%	61%	62%

Tabla 4-20. Fragmento evolución global de CNC de obra
Elaboración propia

MES	DICIEMBRE 22				ENERO 23				FEBRERO 23			
FECHA FIN	09/12/2022	16/12/2022	23/12/2022	30/12/2022	06/01/2023	13/01/2023	20/01/2023	27/01/2023	03/02/2023	10/02/2023	17/02/2023	24/02/2023
SEMANA DEL AÑO	049	050	051	052	001	002	003	004	005	006	007	008
CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO												
Faltan definiciones o falta de información	2	0	10	0	1	2	4	0	1	4	0	1
Mala Planificación	0	0	7	0	4	12	0	0	0	0	0	0
Terminación de un trabajo anterior de otro subcontratista	6	4	4	4	13	9	9	14	23	12	11	8
Terminación de un trabajo anterior propio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Ausencia no planificada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
Falta de personal	5	6	9	13	6	9	16	15	10	0	15	32
Falta de materiales, equipos, andamios, etc.	0	2	3	0	3	2	2	3	4	0	8	1
Estimación incorrecta de tiempo	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0
Mala Calidad o Re-trabajo/NO Conformidad D.F.	0	5	0	0	0	0	0	0	0	2	0	6
Rendimiento inferior al esperado	0	0	5	6	11	10	6	4	5	13	7	4
Cierre por Vacaciones/Abandono de la obra	7	13	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reorganización Tareas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Imprevistos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*Tabla 4-21. Fragmento evolución global del PPC por subcontratistas
Elaboración propia*

MES	DICIEMBRE 22				ENERO 23				FEBRERO 23			
FECHA	09/12/2022	16/12/2022	23/12/2022	30/12/2022	06/01/2023	13/01/2023	20/01/2023	27/01/2023	03/02/2023	10/02/2023	17/02/2023	24/02/2023
SEMANA	049	050	051	052	001	002	003	004	005	006	007	008
PLADUR	90%	17%	8%	73%	0%	40%	54%	0%	35%	47%	53%	78%
CLIMA Y VENTILACIÓN	71%	64%	75%	50%	63%	88%	100%	0%	11%	50%	57%	50%
SANEAMIENTO Y FONTANERÍA	57%	54%	55%	50%	70%	20%	23%	60%	67%	100%	88%	100%
ELECTRICIDAD Y TELECO	50%	28%	0%	45%	17%	33%	33%	38%	40%	33%	50%	13%
ALBAÑILERÍA	83%	100%	100%		60%	86%	100%	100%	75%	67%	80%	100%
ALICATADOS Y PAVIMENTO		83%	67%	100%	75%	67%	80%	65%	41%	42%	74%	75%
YESOS Y REVESTIMIENTOS	100%	100%			100%	100%		100%	100%	100%	100%	100%
CARPINTERÍA DE ALUMINIO									100%		0%	58%
VIDRIO										100%	100%	100%
PINTURA											29%	0%

*Tabla 4-22. Fragmento evolución global del FP por subcontratistas
Elaboración propia*

MES	DICIEMBRE 22				ENERO 23				FEBRERO 23			
FECHA	09/12/2022	16/12/2022	23/12/2022	30/12/2022	06/01/2023	13/01/2023	20/01/2023	27/01/2023	03/02/2023	10/02/2023	17/02/2023	24/02/2023
SEMANA	049	050	051	052	001	002	003	004	005	006	007	008
PLADUR	90%	70%	25%	73%	16%	49%	54%	66%	49%	57%	75%	81%
CLIMA Y VENTILACIÓN	92%	82%	88%	75%	63%	94%	100%	50%	56%	75%	79%	75%
SANEAMIENTO Y FONTANERÍA	64%	54%	71%	57%	70%	23%	23%	60%	83%	100%	88%	100%
ELECTRICIDAD Y TELECO	56%	28%	0%	49%	26%	44%	50%	48%	40%	44%	50%	13%
ALBAÑILERÍA	92%	100%	100%		80%	86%	100%	100%	75%	67%	85%	100%
ALICATADOS Y PAVIMENTO		93%	80%	100%	85%	67%	80%	65%	46%	55%	74%	80%
YESOS Y REVESTIMIENTOS	100%	100%			100%	100%		100%	100%	100%	100%	100%
CARPINTERÍA DE ALUMINIO									100%		50%	89%
VIDRIO										100%	100%	100%
PINTURA											54%	49%

Tabla 4-23. Fragmento evolución global del FP por subcontratistas
 Elaboración propia

MARZO - 2023																																								
INFORME RESUMEN DE ESTADÍSTICAS POR EMPRESAS: CANTIDAD DE TRABAJADORES																																								
Obra	36 VIVIENDAS ROCAFORT																																							
SUBCONTRATISTAS	mié	jue	vie	sáb	dom	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom	lun	mar	mié	jue	vie		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31									
TOT. TRABJ. TODAS SUBCONTRATAS	41	44	39			38	33	33	34	33	2		36	37	34	22	1			33	33	32	27	35			32	30	25	31	29									
Albañilería	8	9	10	0	0	5	6	7	6	7	2	0	5	5	7	6	1	0	0	6	6	7	6	7	0	0	5	5	6	7	7									
Electricidad y teleco	2	1	1			2	1						1	1																										
Saneamiento y fontanería	1	1	1			1	1	1	1	1										2	2	2	1				1	1	1	1	1	1								
Extracción de sótano	2		2																																					
Yesos y recubrimientos						1			1	1			1	1	1																									
Pladur	6	5	4			5		2	2				1	3						3		1		2			2	2												
Clima y ventilación		2	3			1		2		2					1	1				2	2	2		1			2	2	1	2	2									
Impermeabilización	1					2	2								2	2				1		1	2				1													
Andamios	1	3											6																											
Alicatados y pavimentos	2	2	1			1	1	1	3	3			1	1		1				1	1			1			6	6	3	5	3									
Fachadas	6	6	6			5	6	6	6	6			5	6	5	6				6	5	5	5	5			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Carpintería de alumini			2				2						2		1	2								1				1												
Ascensores																												1												
Cerrajería	2	2				2	2	2	2				2	2	2	2				2	2	2	2				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Pintura	5	5	5			5	5	5	5	5			5	5	5					5	5	5	5	5			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Vidrios						2	2	2	2	2			2	2	2	2														2										4
Muebles de cocina		2				1	2							2	2	2												3	2										4	
Laminado		1	1						1	1																		1										1		
Bancadas														2	2																						2	2	2	2
Constructora	3	3	3			3	3	3	3	3			3	3	3					3	3	3	3	3			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Cerrajería																				2	2																			
Tejado	2	2				2		2	2	2			2	2	1					2	2	2		2			2	2									2	2		

4.5 Indicadores de gestión

En este capítulo se examinan y analizan los resultados derivados de la gestión de la información originada en la aplicación del LPS. Estos resultados se evalúan en base a los indicadores de gestión específicos del LPS, que han sido presentados en capítulos previos. La finalidad principal de este análisis es comprender el impacto y la eficacia de la implementación de la gestión de la información del LPS en el proyecto.

4.5.1 Porcentaje requerido completado (RPC) y variación de actividades respecto al plan maestro

Teniendo en cuenta el plan maestro que se elaboró durante la sesión pull, que actúa como punto de referencia para detectar discrepancias en la ejecución real y en consecuencia identificar fallos e inconsistencias en la planificación inicial, con ayuda de la gestión de la información digitalizada se llevó a cabo una comparación precisa entre la ejecución efectiva y el RPC utilizando la herramienta Microsoft Project.

En la **Tabla 4-24** se muestra un resumen detallado de cada capítulo y subcapítulo que refleja la evolución del proyecto a lo largo de las semanas de ejecución. Entre los parámetros iniciales se destacando la variación en días con respecto al RPC, lo que proporcionó una primera evaluación de la confiabilidad del plan. Se observa que el proyecto registró un retraso final de 11 días en comparación con el plan maestro y la fecha de finalización prevista, lo que equivale a una variación del 4,9% con respecto a la planificación original, lo que relativamente podría tomarse como aceptable, teniendo en cuenta que con estos indicadores no es posible conocer las causas de las variaciones.

Es importante destacar que, si bien los capítulos relacionados con zonas comunes y fachadas presentaron variaciones, al no formar parte de la ruta crítica, no influyeron en la variación general del proyecto. Sin embargo, sí tuvieron implicaciones logísticas en la obra y en la integración de las diversas actividades de las viviendas. Por otro lado, el capítulo de viviendas tuvo un impacto directo en la variación final del proyecto. Este indicador inicial ofrece una perspectiva valiosa sobre cómo se desvió la ejecución con respecto a la planificación o RPC, lo que facilitó la toma de medidas correctivas, como lo fue ajustar el plan maestro para mejorar la productividad y el flujo continuo de actividades.

La variación mencionada resulta más fácil de observar de la **Figura 80** a la **Figura 86**, ya que estas representan gráficamente la comparación entre el plan maestro y la ejecución real en cada semana. Estas representaciones visuales permitieron gestionar de manera efectiva la información proporcionada en la **Tabla 4-24**. A través de estas figuras, se pudo identificar de forma visual las semanas en las que se presentaron las mayores variaciones entre la planificación y la realidad.

La gestión de esta información relativa a los indicadores ofreció la posibilidad de analizar tanto el proyecto en su conjunto como de llevar a cabo análisis más detallados, para tomar decisiones específicas que beneficien a la obra. Estos análisis sirvieron para corregir las desviaciones, optimizar la eficiencia y garantizar la continuidad del flujo de trabajo.

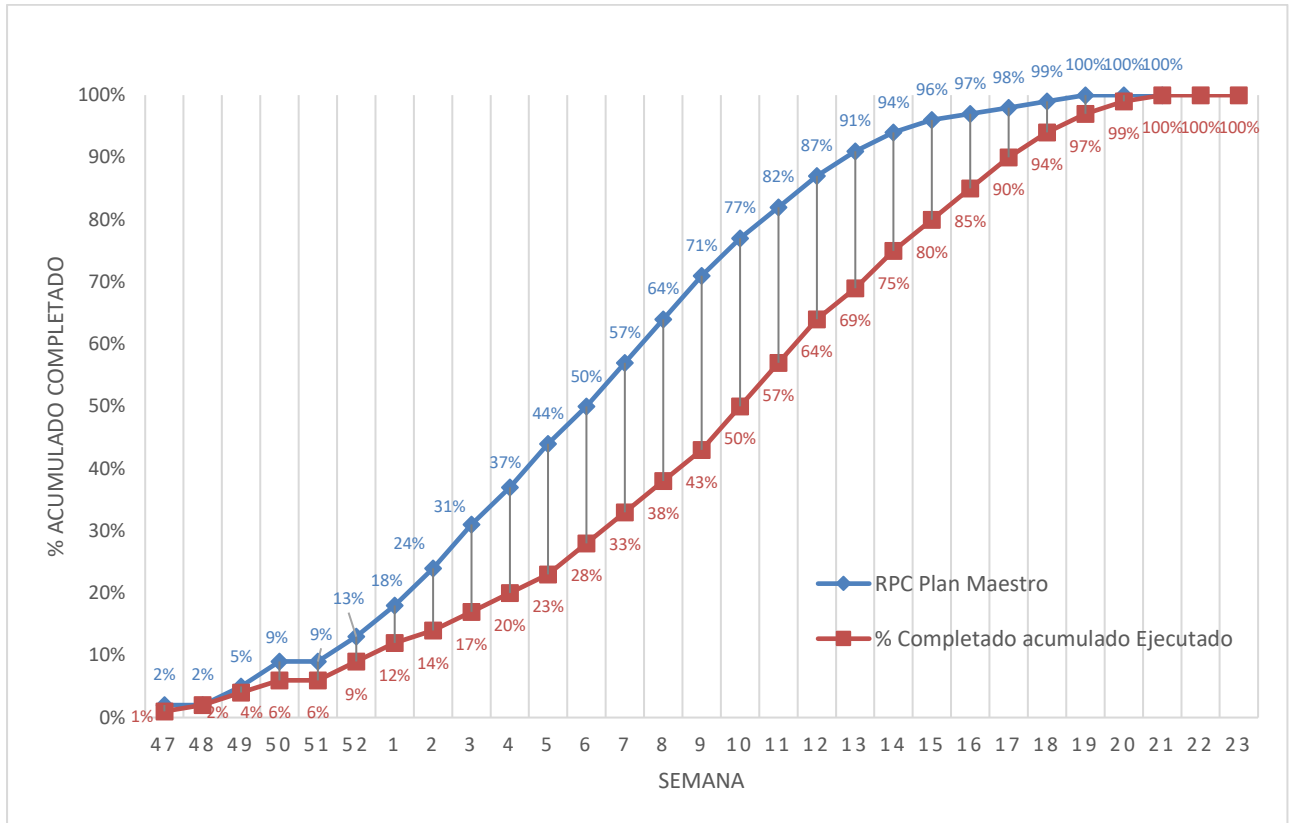


Figura 80. Comparación entre RPC y porcentaje acumulado ejecutado semanal del proyecto en general
Elaboración propia

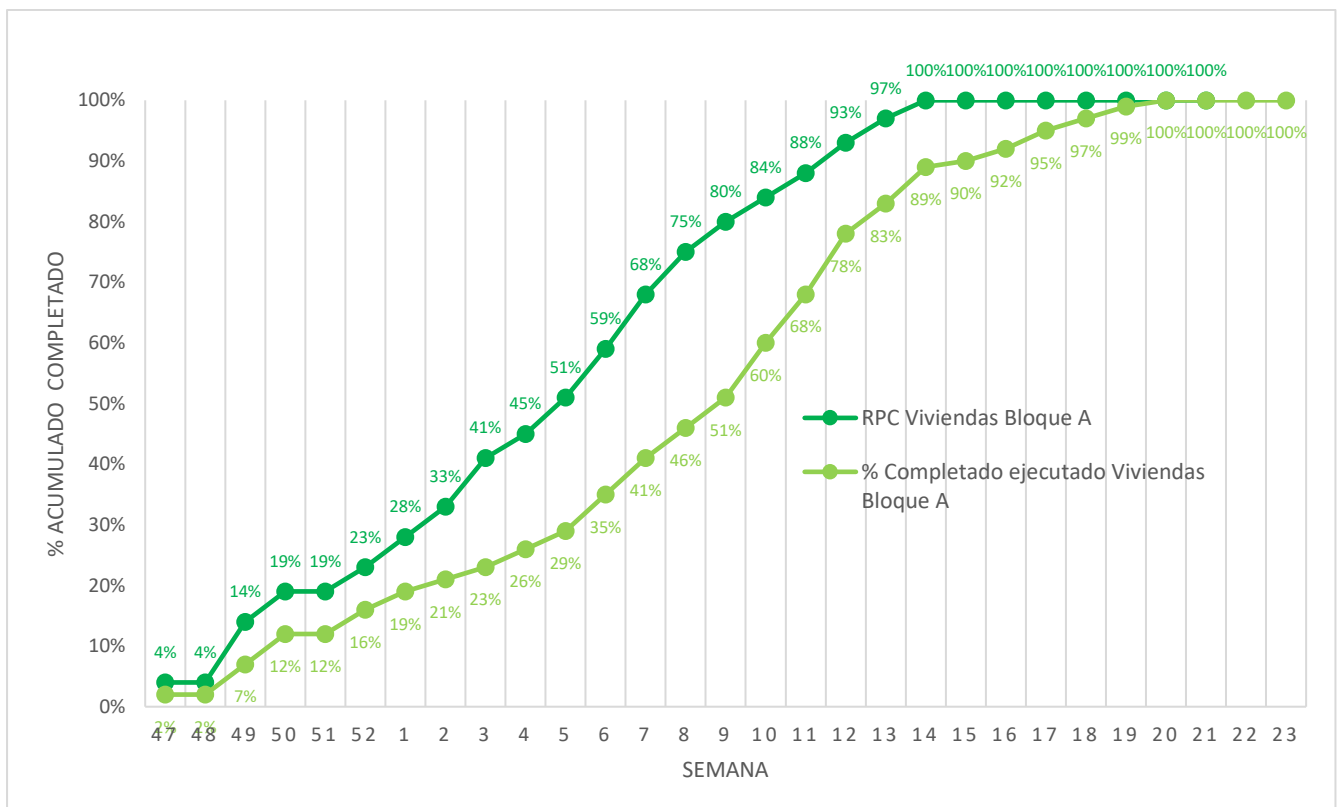


Figura 81. Comparación entre RPC y porcentaje acumulado ejecutado semanal de viviendas Bloque A
Elaboración propia

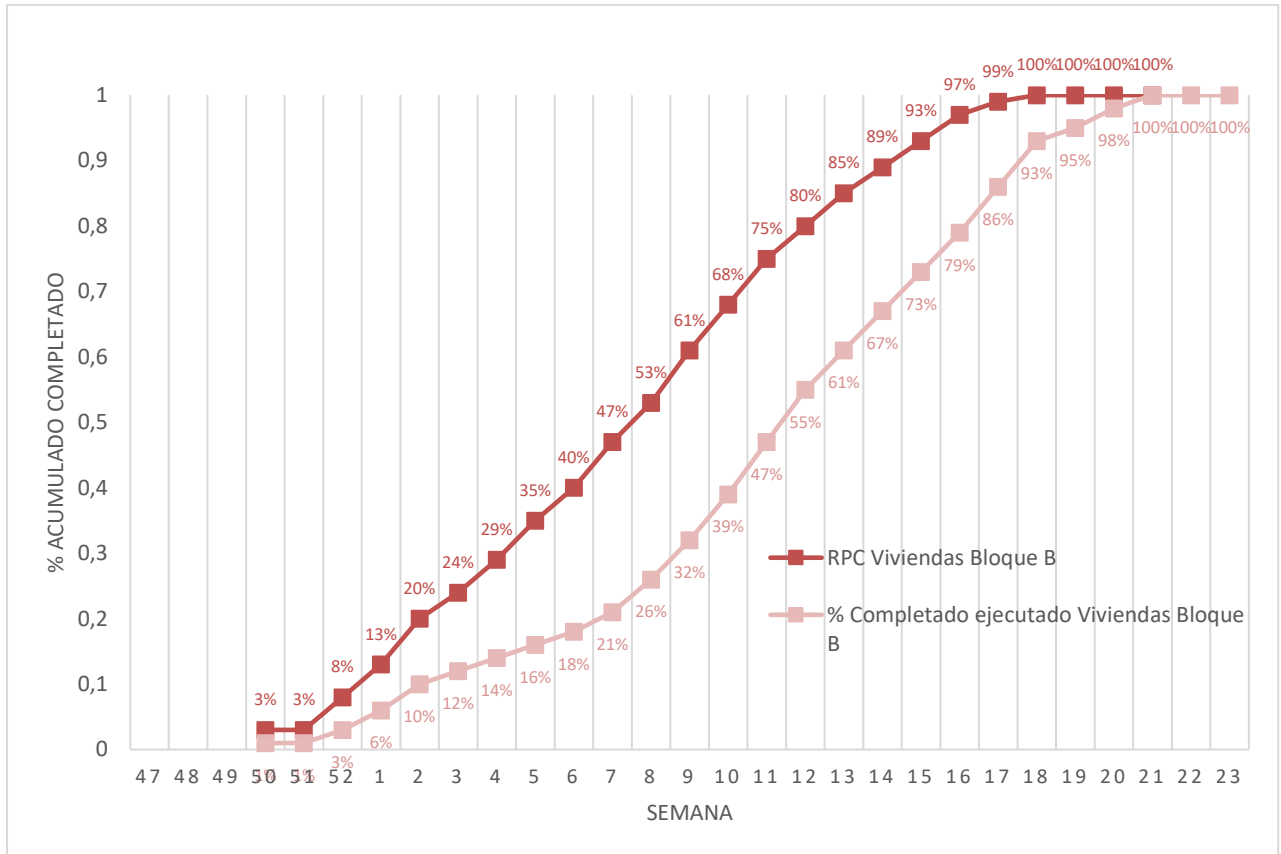


Figura 82. Comparación entre RPC y porcentaje acumulado ejecutado semanal de viviendas Bloque B
Elaboración propia

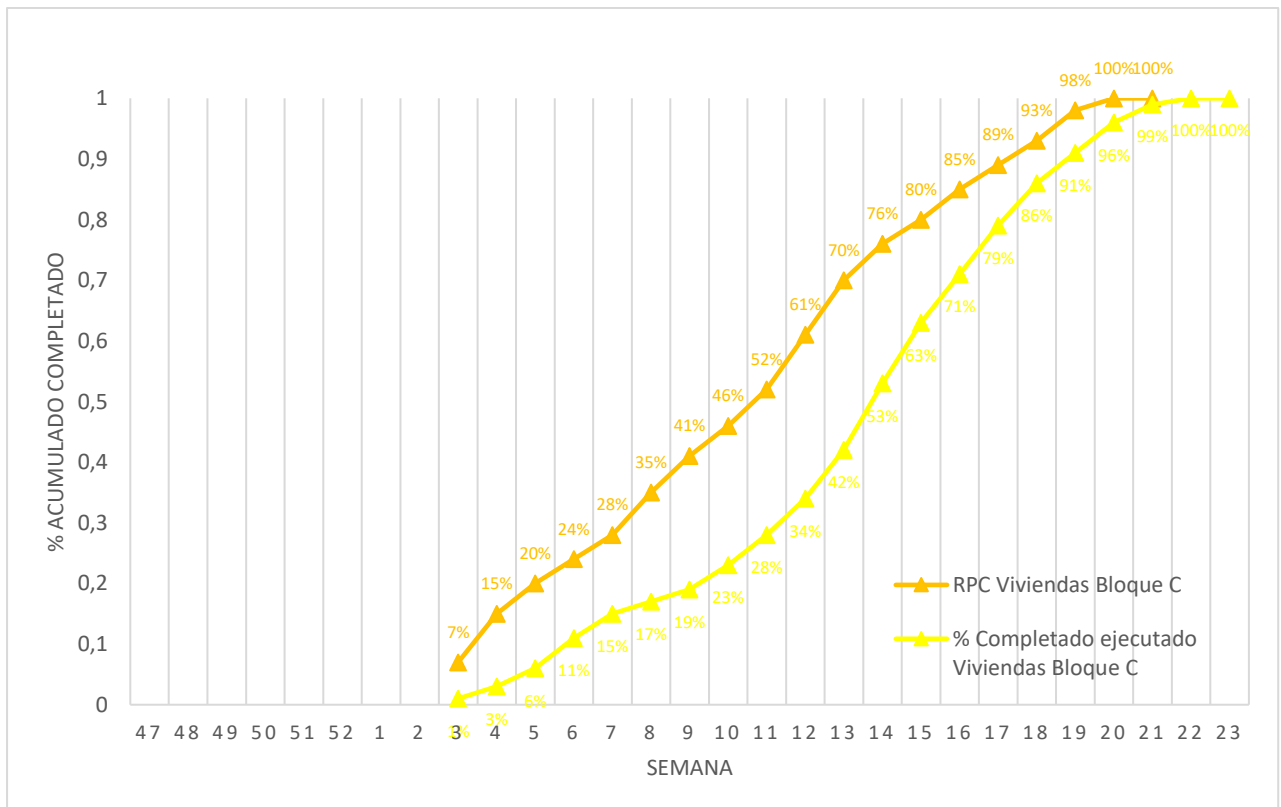


Figura 83. Comparación entre RPC y porcentaje acumulado ejecutado semanal de viviendas Bloque C
Elaboración propia

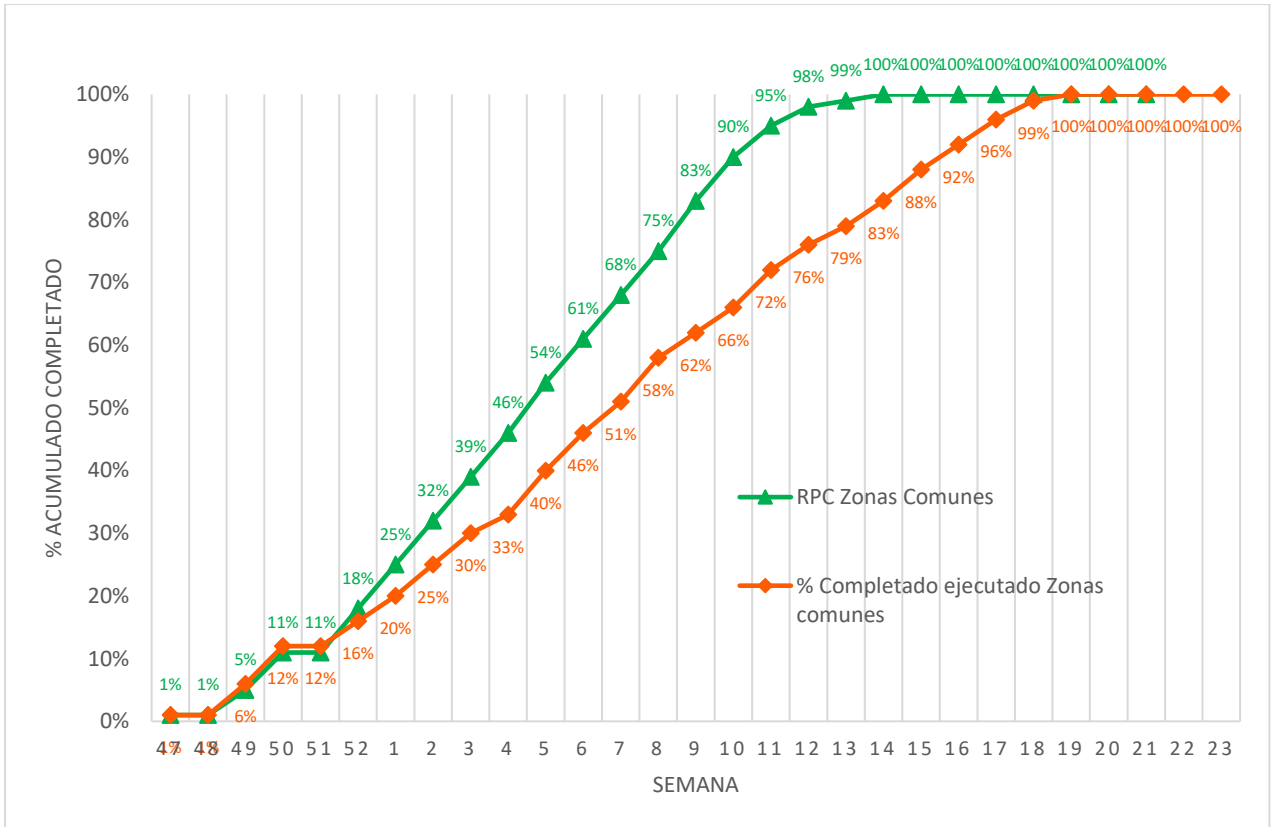


Figura 84. Comparación entre RPC y porcentaje acumulado ejecutado semanal de zonas comunes
Elaboración propia

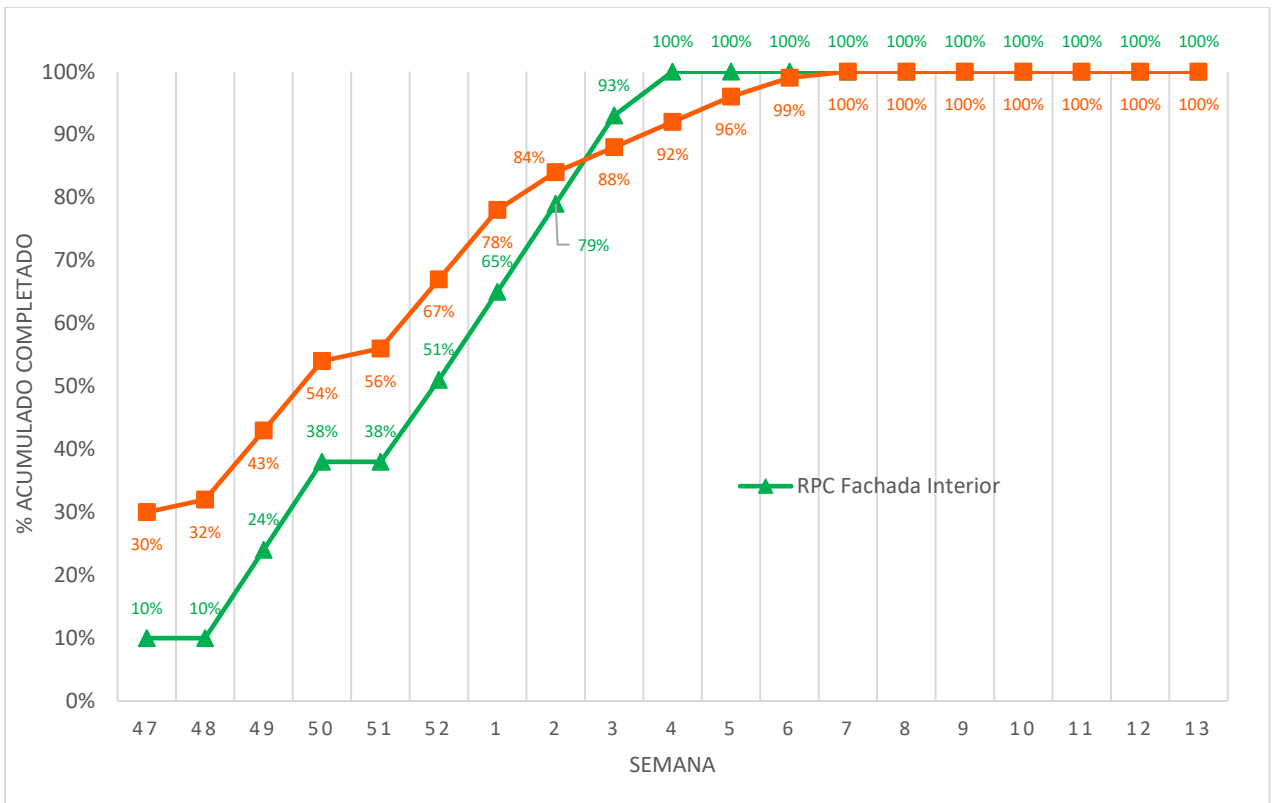


Figura 85. Comparación entre RPC y porcentaje acumulado ejecutado semanal de fachada interior
Elaboración propia

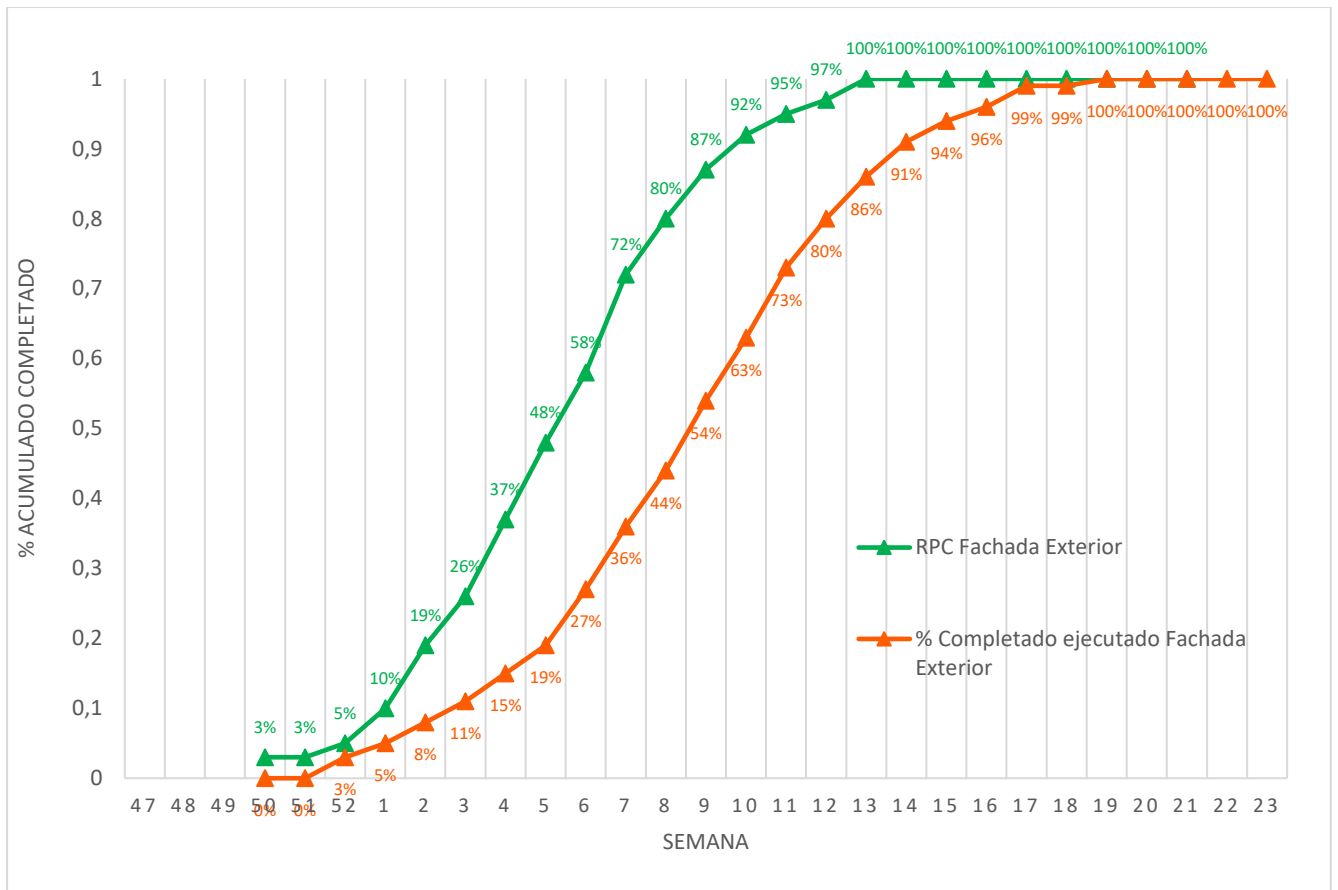


Figura 86. Comparación entre RPC y porcentaje acumulado ejecutado semanal de fachada exterior
Elaboración propia

Las variaciones que más impactaron en los trenes de producción fueron en los intervalos con un RCP del 20% al 90%. Esta diferencia se originó debido al incremento significativo en la cantidad de actividades que se debían ejecutar durante esos periodos. Ese aumento excesivo de carga refleja una desigualdad entre la capacidad y la ejecución de las UP, evidenciando que estas no estaban preparadas para gestionar tal cantidad de trabajos. Este desbalance provocó las variaciones detectadas, mostrando una desviación de la planificación original.

En línea con las bases teóricas del LPS, que apuntan a equilibrar la carga y la capacidad de las UP, el análisis de la comparación entre el RCP y la ejecución real brinda la oportunidad de examinar en profundidad el flujo efectivo de la ejecución de las actividades. Esto incluye la evaluación de los rendimientos observados y la posibilidad de desarrollar nuevas estrategias de distribución para la obra. Un objetivo esencial es ajustar el plan maestro en busca de la nivelación entre carga y capacidad.

Mientras que la mayoría de los trenes de producción mostraron desviaciones importantes en relación con el RCP, también se ha identificado la posibilidad de generar actividades anticipadas (TA), como se referencia en el caso del tren de fachadas interiores en la **Figura 85**. No obstante, es importante resaltar que las actividades anticipadas (TA) no se consideraron en el alcance del presente proyecto.

Además, esta comparación proporciona la oportunidad de analizar el flujo real de ejecución de las actividades, evaluando los rendimientos y permitiendo la formulación de nuevas estrategias de distribución para proyectos futuros.

4.5.2 Variación de los hitos

Este indicador proporciona un análisis clave sobre cómo las variaciones en los hitos de la obra, que son puntos críticos de análisis, pueden impactar en el proyecto y permitir la toma de medidas correctivas. Estos hitos representan momentos de evaluación y decisiones en el transcurso de la obra y son fundamentales para anticipar futuros retrasos y actuar en consecuencia.

En el caso de este proyecto en particular, la variación en los hitos resultó notablemente alta, como se ilustra en la **Tabla 4-25**. Esto se debió a las condiciones específicas de cada tren de producción. La alteración en la finalización de estos hitos demandó ajustes tanto en el plan maestro como en los hitos mismos. Esta modificación fue necesaria para garantizar que los cambios en los hitos no afectaran la fecha de finalización del proyecto en su totalidad. Esencialmente, estos hitos actuaron como puntos de control críticos. La falta de cumplimiento de estos hitos desencadenó una necesaria replanificación, lo que afectó la confiabilidad del plan. Cabe destacar que estos hitos marcan actividades y procesos cruciales que, si se ven retrasados, pueden generar un impacto significativo en el avance general de la obra.

*Tabla 4-25. Variación de los hitos de obra
Elaboración propia*

Hito	Semana programada	Fecha planificada	Semana real	Fecha real	Variación
Retiro plataforma Bloque A	6	10-feb-23	9	03-mar-23	21,00
Inicio obra limpia	8	24-feb-23	13	31-mar-23	35,00
Retiro plataforma Bloque B	9	03-mar-23	14	07-abr-23	35,00
Retiro plataforma Bloque C	12	24-mar-23	15	14-abr-23	21,00
Desmontaje grúa	15	14-abr-23	17	28-abr-23	14,00

4.5.3 Confiabilidad del plan

Este indicador representa un análisis retrospectivo que examina las desviaciones entre el plan maestro original y la ejecución real del proyecto. A través de los indicadores que se detallarán en capítulos posteriores, se evalúa formas adicionales para determinar la confiabilidad del plan inicial desarrollado durante la sesión pull. En este contexto, el plan maestro inicial experimentó dos cambios sustanciales. El primero tuvo lugar alrededor de las semanas 5 y 6 en el mes de febrero de 2023. Este cambio se debió a un retraso significativo en la fabricación de la carpintería de aluminio. Durante este período, el tren de producción de viviendas mostró una variación acelerada en comparación con el RCP, como respuesta a esta situación, se llevó a cabo una modificación en la secuencia de actividades y en la asignación de la capacidad las UP.

Esta modificación se logró a través de una colaboración activa y coordinada entre todas las partes involucradas. El objetivo era asegurar que todos estuvieran de acuerdo, bien informados y participantes en la nueva planificación. Este proceso de ajuste y realineación se llevó a cabo para abordar el retraso y mantener el proyecto en el camino correcto. La **Figura 87** proporciona una representación visual de cómo se implementó esta nueva planificación en colaboración con todas las partes interesadas.

HITOS					RETIRO PLATAFORMA ESC. A	INICIO OBRA LIMPIA	RETIRO PLATAFORMA ESC. B		RETIRO PLATAFORMA ESC. C		DESMONTAJE GRÚA						
SEMANA	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
FECHA FIN	10-feb-23	17-feb-23	24-feb-23	03-mar-23	10-mar-23	17-mar-23	24-mar-23	31-mar-23	07-abr-23	14-abr-23	21-abr-23	28-abr-23	05-may-23	12-may-23	19-may-23	26-may-23	
ESCALERA A	Viviendas (4 und.) A1 - A4	1ª MANO PINTURA	CARPINTERÍA ALUMINIO	VIDRIOS	BLOCKS ARMARIOS	SANITARIOS + GRIFOS REJILLAS CLIMA LIMPIEZA INICIAL	REVISIÓN	REPASOS	PUERTAS + FRENTE DE ARMARIOS	LAMINADO + RODAPIE	ACABADO PINTURA	LIMPIEZA FINAL OBRA					
			MECANISMOS	MODULOS DE COCINA	BANCADAS DE COCINA												
	Viviendas (4 und.) A5 - A8			CARPINTERÍA ALUMINIO	VIDRIOS	BLOCKS ARMARIOS	SANITARIOS + GRIFOS REJILLAS CLIMA LIMPIEZA INICIAL	REVISIÓN	REPASOS	PUERTAS + FRENTE DE ARMARIOS	LAMINADO + RODAPIE	ACABADO PINTURA	LIMPIEZA FINAL OBRA				
			MECANISMOS	MODULOS DE COCINA	BANCADAS DE COCINA												
	Viviendas (5 und.) A9 - A13		CARPINTERÍA ALUMINIO	VIDRIOS	BLOCKS ARMARIOS	SANITARIOS + GRIFOS REJILLAS CLIMA LIMPIEZA INICIAL	REVISIÓN	REPASOS	PUERTAS + FRENTE DE ARMARIOS	LAMINADO + RODAPIE	ACABADO PINTURA	LIMPIEZA FINAL OBRA					
			MECANISMOS	MODULOS DE COCINA	BANCADAS DE COCINA												
ESCALERA B	Viviendas (4 und.) B1 - B4		1ª MANO PINTURA	CARPINTERÍA ALUMINIO	VIDRIOS	BLOCKS ARMARIOS	SANITARIOS + GRIFOS REJILLAS CLIMA LIMPIEZA INICIAL	REVISIÓN	REPASOS	PUERTAS + FRENTE DE ARMARIOS	LAMINADO + RODAPIE	ACABADO PINTURA	LIMPIEZA FINAL OBRA				
				MECANISMOS	MODULOS DE COCINA	BANCADAS DE COCINA											
	Viviendas (4 und.) B5 - B8		1ª MANO PINTURA	CARPINTERÍA ALUMINIO	VIDRIOS	BLOCKS ARMARIOS	SANITARIOS + GRIFOS REJILLAS CLIMA LIMPIEZA INICIAL	REVISIÓN	REPASOS	PUERTAS + FRENTE DE ARMARIOS	LAMINADO + RODAPIE	ACABADO PINTURA	LIMPIEZA FINAL OBRA				
				MECANISMOS	MODULOS DE COCINA	BANCADAS DE COCINA											
	Viviendas (4 und.) B9 - B12		1ª MANO PINTURA	CARPINTERÍA ALUMINIO	VIDRIOS	BLOCKS ARMARIOS	SANITARIOS + GRIFOS REJILLAS CLIMA LIMPIEZA INICIAL	REVISIÓN	REPASOS	PUERTAS + FRENTE DE ARMARIOS	LAMINADO + RODAPIE	ACABADO PINTURA	LIMPIEZA FINAL OBRA				
				MECANISMOS	MODULOS DE COCINA	BANCADAS DE COCINA											
	Viviendas (2 und.) B13 - B14		1ª MANO PINTURA	CARPINTERÍA ALUMINIO	VIDRIOS	BLOCKS ARMARIOS	SANITARIOS + GRIFOS REJILLAS CLIMA LIMPIEZA INICIAL	REVISIÓN	REPASOS	PUERTAS + FRENTE DE ARMARIOS	LAMINADO + RODAPIE	ACABADO PINTURA	LIMPIEZA FINAL OBRA				
				MECANISMOS	MODULOS DE COCINA	BANCADAS DE COCINA											
ESCALERA C	Viviendas (4 und.) C1 - C4		1ª MANO PINTURA	CARPINTERÍA ALUMINIO	VIDRIOS	BLOCKS ARMARIOS	SANITARIOS + GRIFOS REJILLAS CLIMA LIMPIEZA INICIAL	REVISIÓN	REPASOS	PUERTAS + FRENTE DE ARMARIOS	LAMINADO + RODAPIE	ACABADO PINTURA	LIMPIEZA FINAL OBRA				
				MECANISMOS	MODULOS DE COCINA	BANCADAS DE COCINA											
	Viviendas (5 und.) C5 - C9		1ª MANO PINTURA	CARPINTERÍA ALUMINIO	VIDRIOS	BLOCKS ARMARIOS	SANITARIOS + GRIFOS REJILLAS CLIMA LIMPIEZA INICIAL	REVISIÓN	REPASOS	PUERTAS + FRENTE DE ARMARIOS	LAMINADO + RODAPIE	ACABADO PINTURA	LIMPIEZA FINAL OBRA				
				MECANISMOS	MODULOS DE COCINA	BANCADAS DE COCINA											

Figura 87. Replanificación inicial plan maestro mes de febrero 2023
Elaboración equipo de obra

Similar a la modificación anterior del plan maestro, esta última replanificación se llevó a cabo durante el último mes de ejecución, como se detalla en la **Figura 88**. En esta ocasión, se identificó una reducción importante en la producción de pintura específicamente el acabado final, lo que planteó la necesidad de revisar y ajustar la planificación para ese tramo final del proyecto. Esto implicó una modificación del plan maestro, implementando medidas correctivas con el objetivo de garantizar la consecución exitosa de la fecha de finalización del proyecto.

Es relevante señalar que, al igual que en ajustes anteriores, estas modificaciones en el plan maestro llevaron consigo cambios en los hitos del proyecto. El proceso de adaptación y revisión de la planificación se realizó con la intención de asegurar que la variación en la producción de pintura y de las diferentes actividades no comprometiera el logro de los plazos establecidos.

HITOS		DESMTAJE GRÚA 28/5					
SEMANA		17	18	19	20	21	
FECHA FIN		28-abr-23	05-may-23	12-may-23	19-may-23	26-may-23	
VIVIENDAS	ESCALERA A	Viviendas (4 und.) A1 - A4		ACABADO PINTURA	LIMPIEZA FINAL OBRA		
		Viviendas (4 und.) A5 - A8	REPASOS	ACABADO PINTURA	LIMPIEZA FINAL OBRA		
		Viviendas (5 und.) A9 - A13	REPASOS	ACABADO PINTURA	LIMPIEZA FINAL OBRA		
	ESCALERA B	Viviendas (4 und.) B1 - B4	LAMINADO	PUERTAS INTERIOR RODAPIE	ACABADO PINTURA	LIMPIEZA FINAL OBRA	
			REVISIÓN	PUERTAS INTERIOR	ACABADO PINTURA	LIMPIEZA FINAL OBRA	
		Viviendas (4 und.) B5 - B8	PUERTAS ENTRADA	LAMINADO + RODAPIE			
			REVISIÓN	PUERTAS INTERIOR	ACABADO PINTURA	LIMPIEZA FINAL OBRA	
	Viviendas (4 und.) B9 - B12	PUERTAS ENTRADA	LAMINADO + RODAPIE				
		REVISIÓN	PUERTAS INTERIOR	ACABADO PINTURA	LIMPIEZA FINAL OBRA		
	Viviendas (2 und.) B13 - B14	CLÁSICA URBANA	PUERTAS + FRENDES DE ARMARIOS	ACABADO PINTURA			
		REVISIÓN	PUERTAS ENTRADA	LAMINADO + RODAPIE			
	ESCALERA C	Viviendas (4 und.) C1 - C4	SANITARIOS + GRIFOS	REVISIÓN	PUERTAS + FRENDES DE ARMARIOS	ACABADO PINTURA	LIMPIEZA FINAL OBRA
				LAMINADO + RODAPIE			
Viviendas (5 und.) C5 - C9		SANITARIOS + GRIFOS	REVISIÓN	PUERTAS + FRENDES DE ARMARIOS	ACABADO PINTURA	LIMPIEZA FINAL OBRA	
	LIMPIEZA INICIAL		LAMINADO + RODAPIE				

*Figura 88. Segunda replanificación plan maestro mes de mayo 2023
Elaboración equipo de obra*

Esta última modificación demuestra la agilidad y capacidad de respuesta del enfoque de gestión implementado, permitiendo enfrentar de manera eficaz los desafíos imprevistos y adaptarse a las condiciones cambiantes de la obra.

Además de evaluar la confiabilidad del plan a través de las modificaciones efectuadas en el plan maestro, se realiza un análisis utilizando el PPC final del proyecto. Este indicador proporciona una visión de la planificación a lo largo de todo el proyecto y ofrece una evaluación de la efectividad de la implementación del LPS. A continuación, se detallan los indicadores específicos correspondientes a los distintos niveles que permiten un análisis más detallado del proyecto.

4.5.4 Porcentaje de restricciones eliminadas (PCR)

Conforme se detalla en el **capítulo 4.4.2**, se llevó a cabo una lista semanal de todas las restricciones que no permitían el inicio o flujo continuo de actividades en periodos de tres semanas vistas. Asimismo, de forma semanal, se identificaban y liberaban actividades al identificar las restricciones eliminadas que las afectaban. En este contexto a partir del indicador PCR, se podía identificar qué proporción de actividades no tenían restricciones y se podían ejecutar, lo que se conoce como actividades preparadas (TMR). Gracias al PCR, se pudo identificar las actividades críticas que requerían intervenciones para eliminar restricciones de manera rápida, así como la cantidad de restricciones completamente eliminadas.

En consonancia con el PCR, se empleó este indicador para evaluar la efectividad en la liberación de actividades. La **Figura 90** representa de manera porcentual la eliminación progresiva de restricciones semana tras semana. Además, las restricciones no eliminadas se categorizaron según su prioridad, es decir, alta, media o baja, tal como se mencionó en el **capítulo 4.4.2**. Esta clasificación se presenta en la **Figura 89**, evidenciando el porcentaje correspondiente a cada prioridad en una semana específica. Esta visualización resultó fundamental para establecer prioridades y enfocar las acciones correctivas en aquellas restricciones que generaban un impacto más significativo en el desarrollo de la obra. A partir de la **Figura 89**, se observa claramente que, en los meses anteriores a las replanificaciones mencionadas en capítulos previos, el porcentaje de restricciones con prioridad alta se mantiene en un nivel considerablemente elevado. Este hecho indica la necesidad de implementar medidas correctivas de manera urgente. A medida que avanzan las replanificaciones, se puede apreciar cómo el impacto de estas acciones se traduce en una disminución gradual del porcentaje de restricciones de alta prioridad.

No obstante, es de destacar que, así como se abordaron las restricciones de alta prioridad, también se gestionaron las de prioridad media y baja. La razón detrás de esto es que, aunque inicialmente estas restricciones puedan parecer menos críticas, existe el riesgo de que se conviertan en prioridades altas en un futuro cercano. Aquí radica la importancia de la gestión de la información generada por este indicador. Esta información ofreció una fuente importante de datos que permitió concentrar las acciones y enfocarse en las actividades críticas del proyecto.

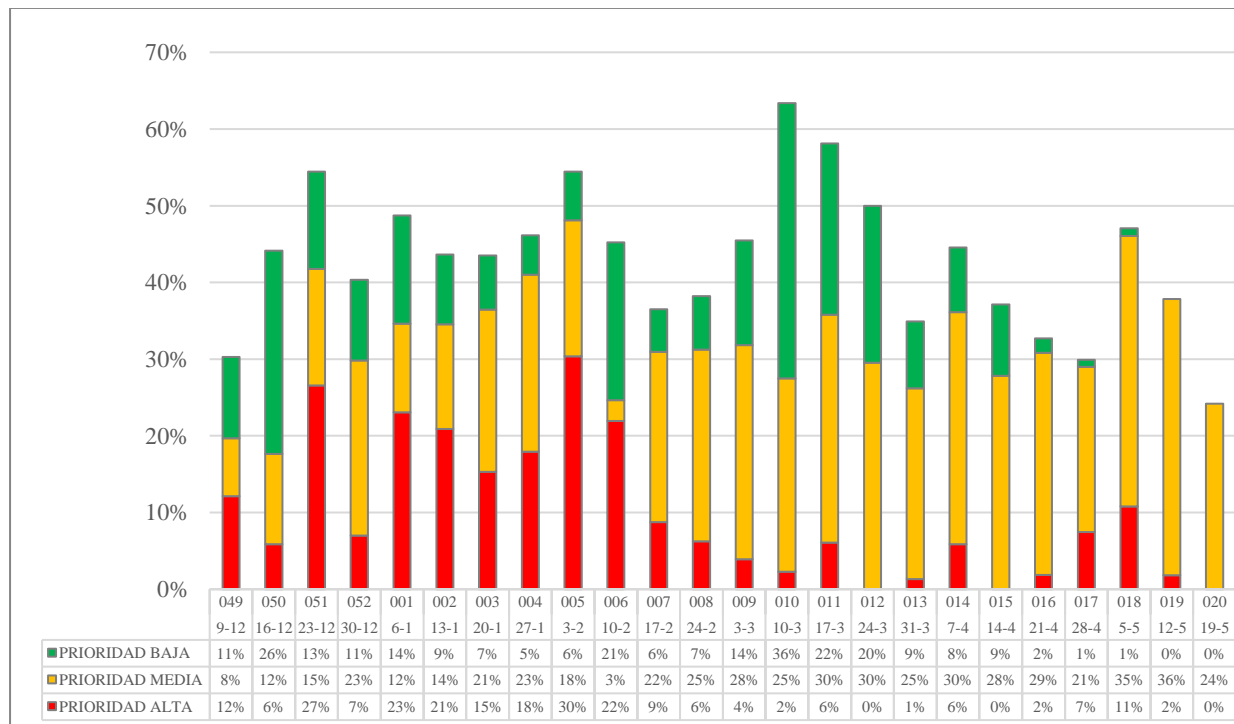
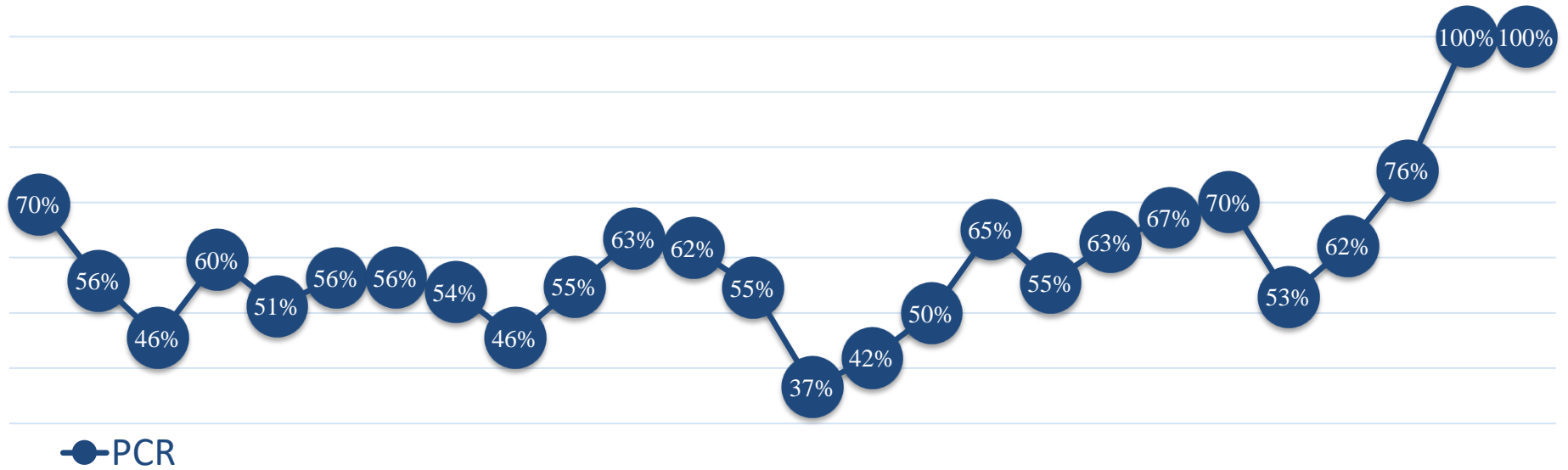


Figura 89. Porcentaje de restricciones no removidas a priorizar
Elaboración propia

PCR



Semana

049	050	051	052	001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	011	012	013	014	015	016	017	018	019	020	021	022
9-12	16-12	23-12	30-12	6-1	13-1	20-1	27-1	3-2	10-2	17-2	24-2	3-3	10-3	17-3	24-3	31-3	7-4	14-4	21-4	28-4	5-5	12-5	19-5	26-5	2-6

Figura 90. Porcentaje de restricciones removidas semanal
Elaboración propia

4.5.5 Porcentaje de plan completo (PPC)

El PPC, uno de los indicadores más importantes en la planificación semanal, ofrece una visión detallada sobre la gestión de compromisos y la ejecución de actividades por parte de las UP a lo largo de cada semana. Proporcionó una evaluación precisa del cumplimiento semanal de las actividades por parte de los subcontratistas, lo cual refleja cómo están llevando a cabo las actividades que se comprometieron a realizar en la semana en curso.

En este sentido, la evaluación del PPC para cada subcontratista se basaba en su grado de cumplimiento. Esta evaluación generaba alertas específicas relacionadas con cada subcontratista. **Tabla 4-26** presenta tres colores distintos que denotan diferentes tipos de alertas según el valor del PPC. Por ejemplo, los valores inferiores al 55% se destacan en rojo, representando alertas críticas que requerían una atención inmediata. Los valores entre el 55% y el 75% se muestran en naranja, indicando alertas que debían ser tratadas, aunque no tenían un impacto significativamente grave. Por último, los valores superiores al 75% aparecen en verde, ya que el objetivo ideal en la gestión de compromisos es lograr valores por encima de este umbral. Esto se debe a la naturaleza inherente de la predicción en actividades, donde siempre existe cierto grado de incertidumbre.

Figura 91 proporciona una perspectiva esclarecedora sobre la evolución del proyecto y su ejecución. Es de destacar que este indicador considera únicamente actividades completamente finalizadas, por lo que presenta el PPC acumulado que refleja la confiabilidad del plan semanal. Este indicador resulta esencial para evaluar la eficacia de la implementación del LPS al final del proyecto.

Es así como el PPC indica qué tan bien se ejecutan las actividades semana a semana. En la primera semana, se consigue un PPC del 70%, dentro de lo esperado. Pero luego, debido a la planificación insuficiente de días festivos y la falta de compromiso, el PPC disminuye radicalmente. Se tomaron medidas correctivas en las semanas 5 y 6 replanificando la obra, aumentando el PPC. Sin embargo, hubo otro descenso después de las festividades locales aproximadamente en la semana 10 y 11. La obra se recuperó posteriormente hasta la primera semana de abril, coincidiendo con las festividades de Semana Santa las cuales volvieron a afectar el flujo continuo. Tras mejoras y replanificaciones en mayo, se consigue un PPC acumulado del 60%, con solo una variación del 4.8% respecto a la planificación inicial.

Es importante mencionar que estas variaciones no solo se deben a festividades, pues en la planificación deberían tenerse en cuenta, sino también a la actuación de subcontratistas y la gestión de sus UP, evaluados en la **Tabla 4-26**. Estos subcontratistas son clave en la ejecución y en el flujo continuo de trabajos. Más sin embargo se encontró que en las primeras semanas, el pladur, saneamiento, fontanería y electricidad influyeron en el cumplimiento bajo de las promesas, adicional a esto como se ha mencionado anteriormente subcontratistas como los encargados de carpintería de aluminio y pintura influyeron de tal forma que fue necesario replanificar el proyecto, destacando la gestión del equipo de obra ya que debía procesar estos datos y tomar decisiones en función de los requerimientos del proyecto.

Este flujo de información relacionado con el PPC se complementa con el FP y el PPI, que se analizarán a continuación. Sin embargo, es importante resaltar el constante flujo de datos que se examinaron semanalmente, lo que resultó en información valiosa para la constructora. Esto permitió evaluar el compromiso de cada subcontratista con el proyecto e identificar los principales obstáculos que interrumpieron el flujo continuo de actividades. El PPC permitió identificar las actividades no completadas y tomar medidas correctivas en colaboración y cooperación con los subcontratistas. Esta colaboración generó una sinergia entre las actividades, brindando una visión clara del cumplimiento de actividades y facilitando la detección temprana de problemas. En última instancia, el PPC se convirtió en una herramienta efectiva para la toma oportuna de medidas correctivas y la gestión colaborativa de la obra.

PPC

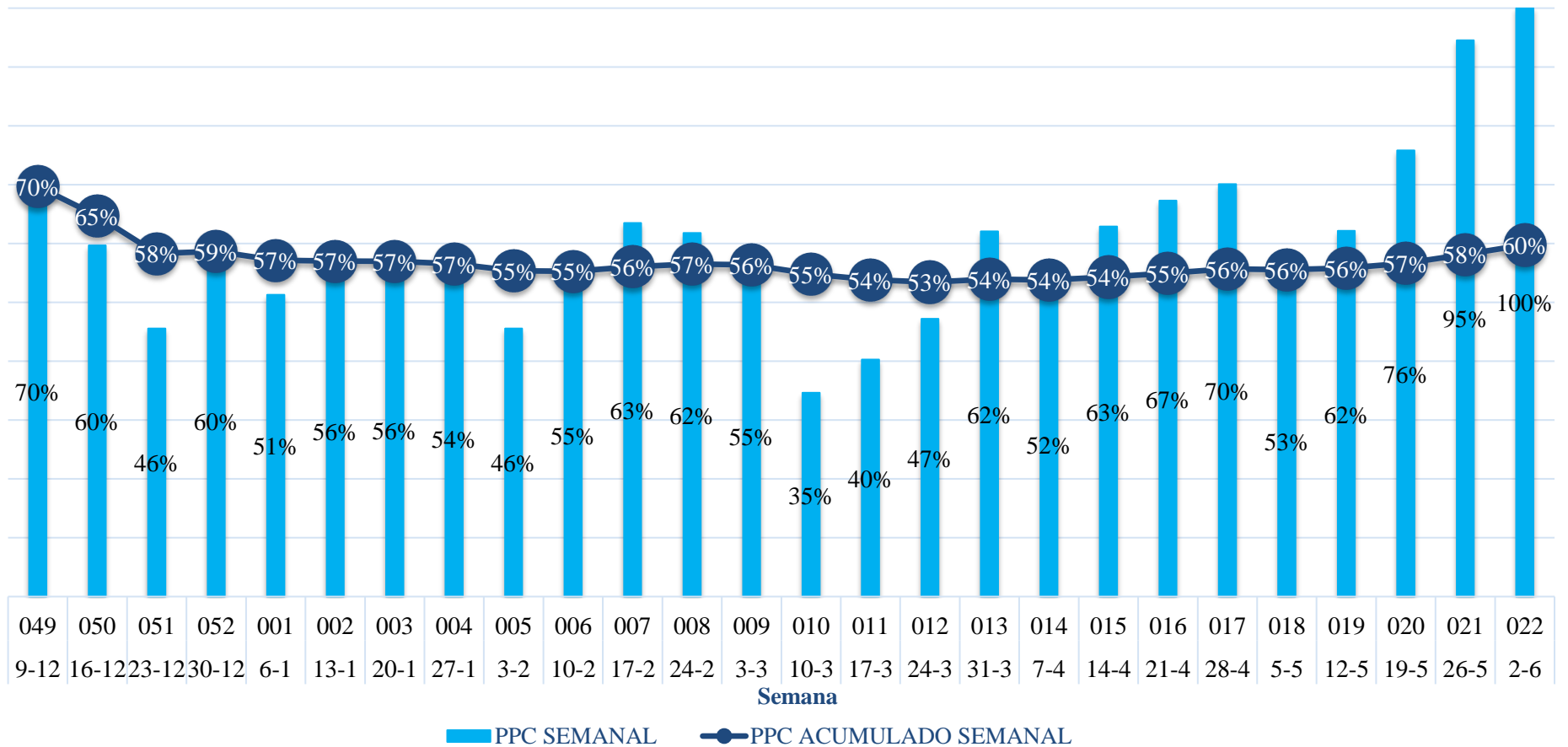


Figura 91. Porcentaje de plan completo semanal del proyecto
Elaboración propia

Tabla 4-26. Porcentaje de plan completo semanal por subcontratista
 Elaboración propia

MES	DICIEMBRE 22				ENERO 23				FEBRERO 23				MARZO 23				ABRIL 23				MAYO 23				JUNIO 23	PROM.	
FECHA	9-12	16-12	23-12	30-12	6-1	13-1	20-1	27-1	3-2	10-2	17-2	24-2	3-3	10-3	17-3	24-3	31-3	7-4	14-4	21-4	28-4	5-5	12-5	19-5	26-5		2-6
SEMANA	049	050	051	052	001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	011	012	013	014	015	016	017	018	019	020	021		022
PLADUR	90%	17%	8%	73%	0%	40%	54%	0%	35%	47%	53%	78%	93%	100%	100%	100%	100%	100%									60%
CLIMA Y VENTILACIÓN	71%	64%	75%	50%	63%	88%	100%	0%	11%	50%	57%	50%	100%				100%	100%		100%							67%
SANEAMIENTO Y FONTANERÍA	57%	54%	55%	50%	70%	20%	23%	60%	67%	100%	88%	100%	50%	25%	42%	47%	7%	0%	43%	63%	86%	83%	100%				57%
ELECTRICIDAD Y TELECO	50%	28%	0%	45%	17%	33%	33%	38%	40%	33%	50%	13%	24%	33%	39%	44%	44%	100%		100%	100%	100%	100%				48%
ALBAÑILERÍA	83%	100%	100%		60%	86%	100%	100%	75%	67%	80%	100%	71%	100%	100%					100%	100%	100%					90%
ALICATADOS Y PAVIMENTO		83%	67%	100%	75%	67%	80%	65%	41%	42%	74%	75%	42%	75%	100%			100%		100%						74%	
YESOS Y REVESTIMIENTOS	100%	100%			100%	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%								100%	100%				100%
CARPINTERÍA DE ALUMINIO									100%		0%	58%	58%	7%	61%	0%	42%	13%	100%								44%
VIDRIO										100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	22%	75%	100%							91%
PINTURA											29%	0%	42%	0%	0%	61%	44%	40%	43%	0%	0%	0%	14%	53%	100%	100%	33%
CARPINTERÍA DE MADERA													69%	100%	100%	100%	100%	52%	43%	26%	82%	33%	64%	100%	100%		75%
MODULOS DE COCINA												0%	0%	0%	0%	42%	26%	59%	44%	100%	100%	100%					43%
BANCADAS														0%	42%	20%	44%	71%	100%	100%							54%
LAMINADO												100%								69%	71%	89%	89%	100%	100%		88%
CALIDAD DE PRODUCTO																			100%			71%	100%				90%
IMPERMEABILIZACIÓN	100%			100%							100%		100%			100%											100%
FACHADAS	100%	100%			100%	100%		100%		100%	75%	60%	100%		100%		100%	100%		100%	100%		100%				96%
ANDAMIOS	0%			100%		100%	100%				25%		100%	100%				100%		100%		100%	100%	100%			85%
CERRAJERÍA										100%	80%	67%	0%	100%	100%				100%		100%	100%					83%
LIMPIEZA																	100%				100%		100%	100%	100%	100%	100%
TEJADO											100%	100%	100%			100%											100%
INSERTAR SUBCONTRATA																											

4.5.6 Índice de productividad del proyecto (PPI)

Este indicador evalúa la productividad global del proyecto y debería tener una correlación con la **Figura 91**, mostrando una tendencia similar. Sin embargo, al considerar el porcentaje real de ejecución, sus valores deberían ser más elevados. La **Figura 92** muestra la productividad general del proyecto a lo largo de las semanas. A diferencia del PPC, este indicador profundiza en el análisis de la productividad, proporcionando información detallada que permite gestionar de manera más específica cada UP y actividad, con el objetivo de mejorar la productividad. Para obtener una visión más detallada por subcontratista, este indicador se complementa con el FP.

Este indicador, al igual que el PPC, es altamente sensible a los cambios ya que abarca todas las actividades del proyecto. Por lo tanto, cualquier disminución en la productividad tiene un impacto directo en este indicador. Como se ilustra en la **Figura 92**, la productividad acumulada mantiene una tendencia constante, influenciada por las fluctuaciones semanales del PPI.

Al concluir el proyecto, se obtiene un PPI del 70%, lo cual no es un resultado óptimo en términos de productividad. Como se ha mencionado previamente, las variaciones en la productividad de subcontratistas específicos han afectado negativamente al PPI final. Aunque este indicador representa el rendimiento general del proyecto, es esencial comprender que estas fluctuaciones están condicionadas por la gestión de la productividad en su conjunto. En este contexto, el indicador FP adquiere relevancia al enfocarse en las áreas problemáticas para una mejora más específica.

4.5.7 Factor de productividad (FP)

A diferencia del PPC, que evalúa solo actividades totalmente completas, este indicador se enfoca en analizar individualmente la productividad de cada subcontratista, evaluando el porcentaje real de ejecución de cada actividad comprometida. El enfoque está en la productividad de las UP de cada subcontratista, lo que permite detectar problemas que puedan afectar o no el flujo continuo de la obra. Este indicador trabaja en conjunto con el PPI, que considera el proyecto en su conjunto.

La **Tabla 4-27** muestra la evolución del FP para cada subcontratista, siguiendo una lógica de colores similar al PPC, pero con valores diferentes. El color rojo se asigna a un FP por debajo del 70%, ya que actividades con ejecución menor a este umbral requieren un análisis detallado de las CNC que afectan directamente la productividad. Por su parte, actividades con un FP entre el 70% y el 85% se señalan con el color naranja, indicando que no se han completado y que deben gestionarse, aunque con menos urgencia que las actividades por debajo del 70% y actividades con un FP mayor al 85% se destacan en verde, ya que su falta de cumplimiento se debe a acciones menores que pueden gestionarse más fácilmente.

Este indicador complementa al PPC y proporciona una visión más realista para tomar decisiones óptimas, ya que permite analizar de manera precisa la productividad de cada subcontratista y abordar los problemas de forma estratégica.

Tabla 4-27. Factor de productividad semanal por subcontratista
 Elaboración propia

MES	DICIEMBRE 22				ENERO 23				FEBRERO 23				MARZO 23				ABRIL 23				MAYO 23				JUNIO 23	PROM.		
FECHA	9-12	16-12	23-12	30-12	6-1	13-1	20-1	27-1	3-2	10-2	17-2	24-2	3-3	10-3	17-3	24-3	31-3	7-4	14-4	21-4	28-4	5-5	12-5	19-5	26-5		2-6	
SEMANA	049	050	051	052	001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	011	012	013	014	015	016	017	018	019	020	021		022	
PLADUR	90%	70%	25%	73%	16%	49%	54%	66%	49%	57%	75%	81%	99%	100%	100%	100%	100%	100%										72%
CLIMA Y VENTILACIÓN	92%	82%	88%	75%	63%	94%	100%	50%	56%	75%	79%	75%	100%				100%	100%		100%								83%
SANEAMIENTO Y FONTANERÍA	64%	54%	71%	57%	70%	23%	23%	60%	83%	100%	88%	100%	50%	38%	42%	47%	7%	60%	89%	93%	93%	92%	100%					65%
ELECTRICIDAD Y TELECO	56%	28%	0%	49%	26%	44%	50%	48%	40%	44%	50%	13%	37%	48%	58%	56%	72%	100%		100%	100%	100%	100%					55%
ALBAÑILERÍA	92%	100%	100%		80%	86%	100%	100%	75%	67%	85%	100%	91%	100%	100%					100%	100%	100%						93%
ALICATADOS Y PAVIMENTO		93%	80%	100%	85%	67%	80%	65%	46%	55%	74%	80%	48%	75%	100%			100%		100%								78%
YESOS Y REVESTIMIENTOS	100%	100%			100%	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%								100%	100%					100%
CARPINTERÍA DE ALUMINIO									100%		50%	89%	58%	35%	70%	23%	42%	39%	100%								60%	
VIDRIO										100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	46%	98%	100%							95%	
PINTURA											54%	49%	42%	31%	48%	76%	89%	94%	43%	6%	37%	59%	70%	88%	100%	100%	62%	
CARPINTERÍA DE MADERA													95%	100%	100%	100%	100%	72%	55%	56%	86%	57%	78%	100%	100%		85%	
MODULOS DE COCINA												0%	40%	33%	50%	71%	63%	96%	78%	100%	100%	100%					66%	
BANCADAS														10%	48%	25%	50%	73%	100%	100%							58%	
LAMINADO												100%								77%	79%	94%	89%	100%	100%		91%	
CALIDAD DE PRODUCTO																			100%			71%	100%					90%
IMPERMEABILIZACIÓN	100%			100%							100%		100%			100%											100%	
FACHADAS	100%	100%			100%	100%		100%		100%	81%	76%	100%		100%		100%	100%		100%	100%		100%				97%	
ANDAMIOS	100%			100%		100%	100%				25%		100%	100%				100%		100%		100%	100%	100%			94%	
CERRAJERÍA										100%	80%	98%	95%	100%	100%				100%		100%	100%					97%	
LIMPIEZA																	100%				100%		100%	100%	100%	100%	100%	
TEJADO											100%	100%	100%			100%											100%	
INSERTAR SUBCONTRATA																												

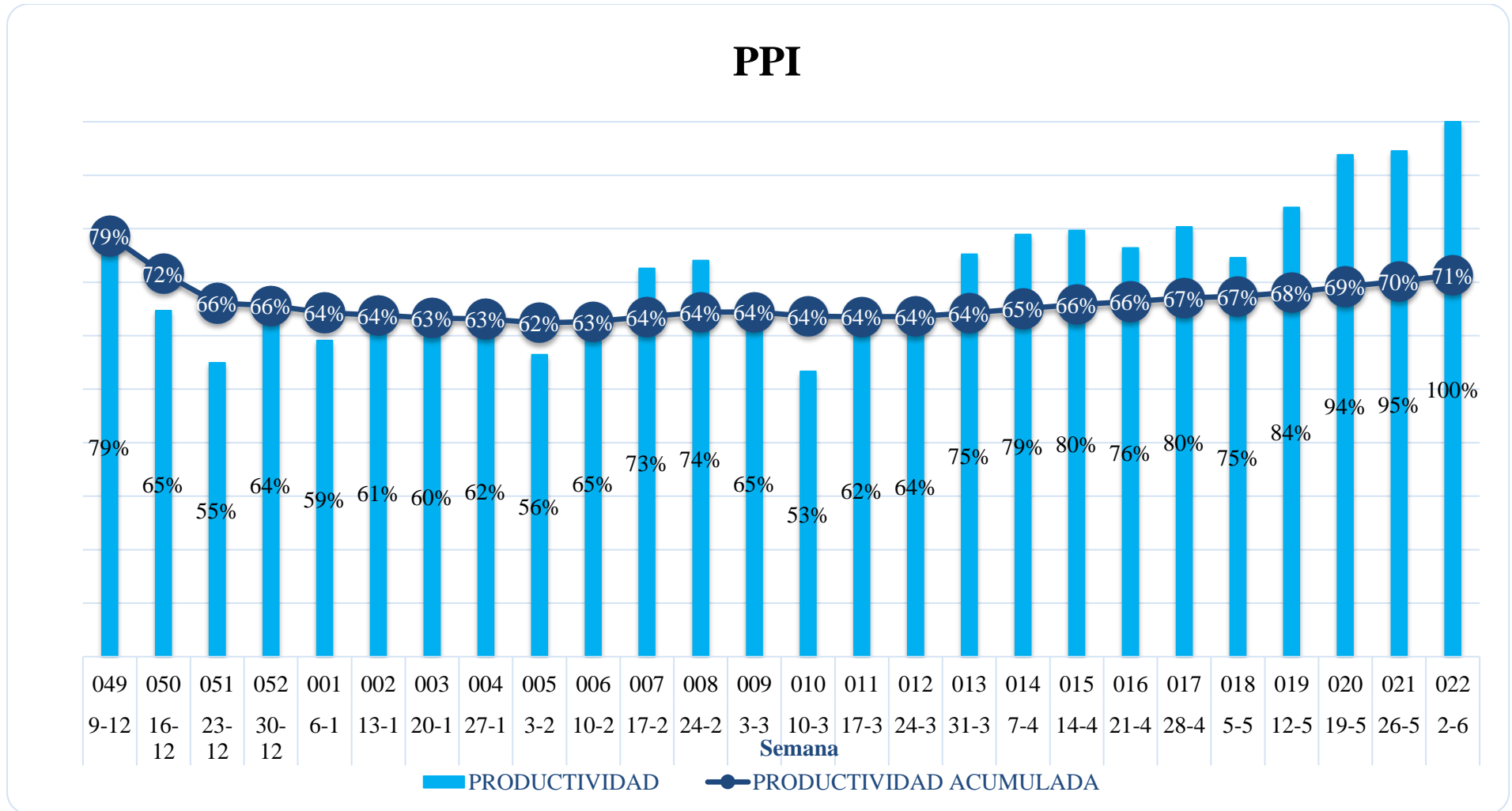


Figura 92. Índice de productividad del proyecto semanal
Elaboración propia

4.5.8 Causas de no cumplimiento (CNC)

Este indicador es de suma importancia tanto para la planificación semanal como para el proyecto en su conjunto. Se centra en especificar las razones detrás del incumplimiento en la ejecución completa de las actividades programadas para cada semana. Es de resaltar que cada semana, se analizaron y categorizaron las causas siguiendo la clasificación previamente referencia en los capítulos sobre las CNC. Este enfoque permitió identificar acciones correctivas y mejoras para cada CNC, con el objetivo de eliminar o gestionar eficazmente estas causas y así mejorar el flujo constante de actividades.

La **Figura 93** detalla la cantidad de CNC al final del proyecto, destacando cuáles de estas causas se repitieron con mayor frecuencia y tuvieron un impacto significativo en el proyecto. La gráfica revela que las principales causas de incumplimiento para este proyecto incluyen la finalización de trabajos anteriores por otros subcontratistas, lo que se traduce en restricciones por actividades predecesoras. Otra causa común es la finalización de trabajos propios, una variable dependiente de cada subcontratista. En cuanto a las causas más prominentes, la falta de personal sobresale, corroborando el análisis previo de carga y capacidad, teniendo en cuenta que comprometerse con una actividad requiere disponer del personal adecuado para ejecutarla y esta fue una de las principales razones detrás del incumplimiento.

Además, la falta de materiales, el rendimiento inferior al esperado (afín con el análisis de FP) y la reorganización de actividades debido a las replanificaciones, son factores relevantes que también influyeron en la falta de cumplimiento. Estos hallazgos proporcionaron una perspectiva valiosa para la gestión de las CNC y orientan hacia soluciones efectivas para optimizar la productividad y el flujo de trabajo.

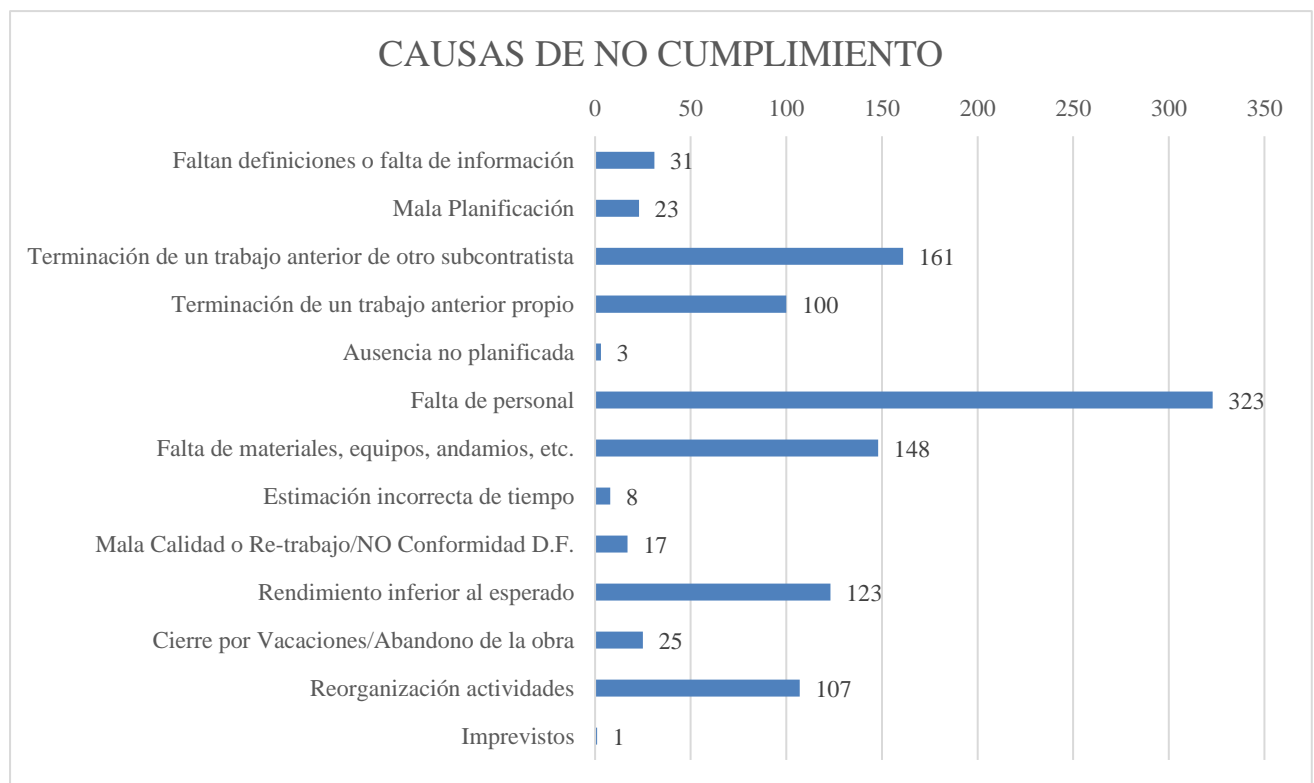
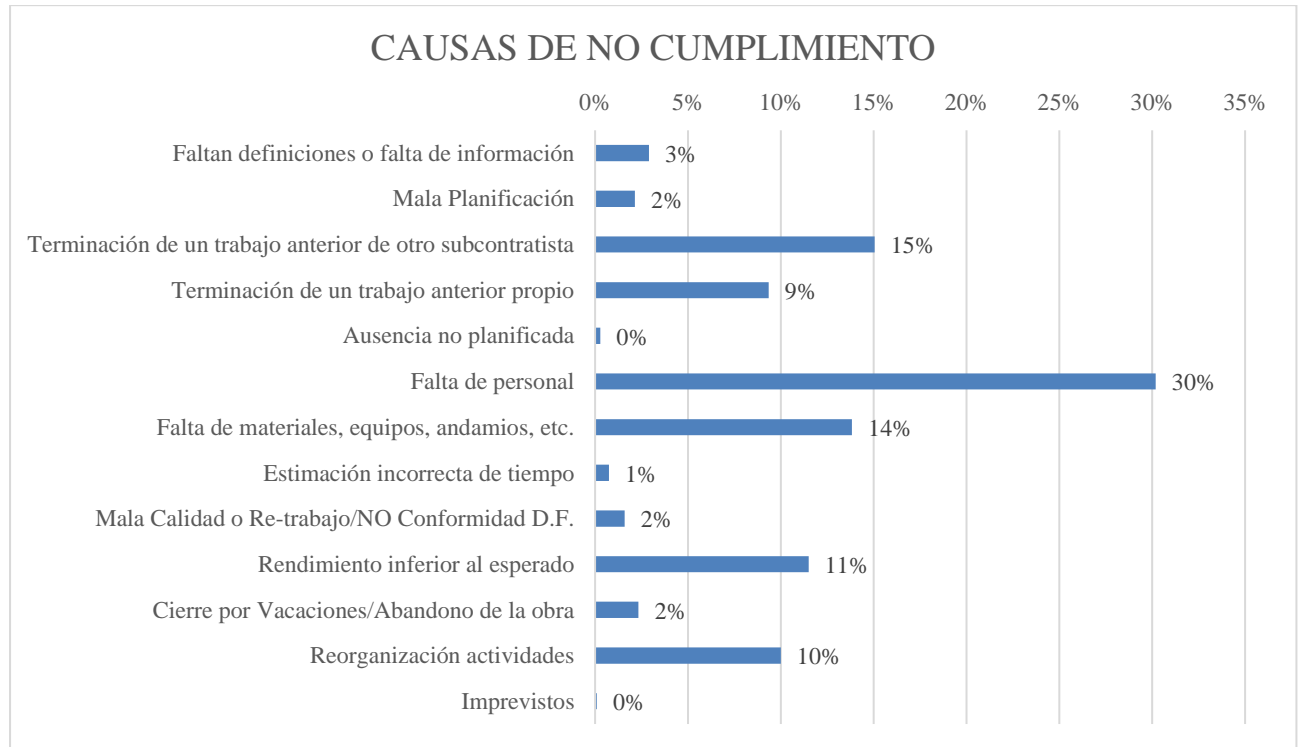


Figura 93. Cantidad por tipo de causas de no cumplimiento
Elaboración propia

Además, la **Figura 94** muestra una representación porcentual de cada CNC en relación con el total identificado en el proyecto. Esta visualización permite enfocar las actuaciones en futuros proyectos y definir mejoras para los mismos. De esta manera, se puede abordar de manera más eficiente los problemas principales que causan estos incumplimientos, generando un proceso de aprendizaje continuo. Además, esta perspectiva permite filtrar y omitir ciertas CNC que quizás no tengan un impacto directo en la producción de cada proyecto.

La gestión de esta información generada y procesada a través de este indicador es de suma importancia tanto para la obra actual como para proyectos futuros. Esta práctica resalta la eliminación de procesos que no agregan valor al flujo productivo y contribuye a una toma de decisiones más estratégicas.



*Figura 94. Porcentaje del total de cada causa de no cumplimiento
Elaboración propia*

Finalmente, para un análisis más detallado, se referencia la **Figura 95**, que ofrece una visión de cómo evolucionaron las CNC a lo largo de las semanas de ejecución del proyecto. Esta figura reafirma las tendencias que se han observado en los indicadores anteriores del proyecto. Estos últimos indicadores, en conjunto, constituyen uno de los flujos de datos e información más importantes para guiar la toma de decisiones y aplicar medidas correctivas.

Por eso es importante destacar y comprender que el PPC, PPI, FP y CNC se analizaron de manera conjunta, debido a que esta integración de información permitió tomar decisiones más informadas y efectivas, con el objetivo de agregar valor al proyecto y cumplir con los objetivos establecidos. Este proceso se basó en una colaboración y cooperación efectivas entre todos los involucrados, lo que contribuyó a una gestión eficiente y exitosa de la obra con una variación del 4,9% e indicadores positivos teniendo en cuenta el flujo de trabajo implementado y la implementación en periodo de mejora continua del LPS en la empresa.

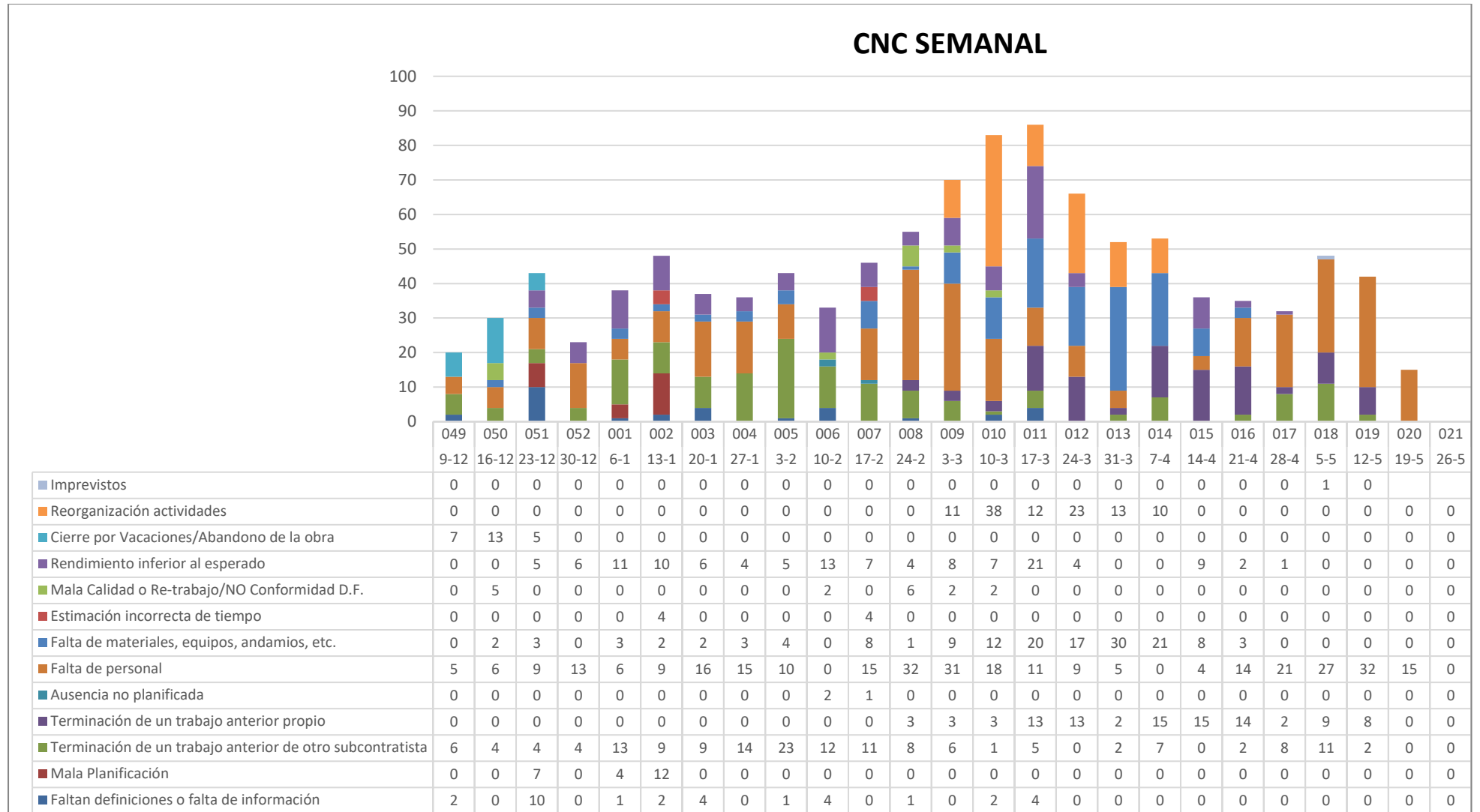


Figura 95. Cantidad de causas de no cumplimiento semanal
Elaboración propia

5 Conclusiones

Por una parte, el análisis detallado del marco teórico ha integrado desde antecedentes hasta conceptos fundamentales relacionados con el LPS. Se ha evidenciado un sólido estado de conocimiento que comprende tanto los fundamentos teóricos como las aplicaciones prácticas del sistema. Las fuentes de información relevantes han respaldado de manera contundente la efectividad y eficiencia del LPS, siempre en búsqueda de la mejora continua y el aprendizaje constante. La exploración de la gran cantidad de información relacionada con el LPS ha requerido la focalización respecto el objeto de estudio del presente trabajo. El enfoque se centró en la metodología propuesta por Fontana (2020), proporcionando una sólida base para la gestión de información en el caso de estudio. Esta selección ha permitido dirigir los esfuerzos teóricos hacia conceptos esenciales para la implementación exitosa del LPS, brindando una guía confiable respaldada por fuentes teóricas confiables.

El análisis de la gestión de información en el contexto del LPS ha revelado desafíos actuales. Aunque el sistema ofrece la gestión de datos a través de herramientas informáticas, persiste el reto de integrar información física y visual entre los diversos agentes involucrados en el proceso productivo que permita la optimización del almacenamiento, procesamiento y el cómo se comparte esta información siendo un aspecto fundamental en el éxito de los proyectos.

El estudio comparativo entre la metodología tradicional y el LPS ha demostrado que este último actúa como un complemento valioso en el sector de la construcción. Además de atender aspectos de la gestión tradicional, el LPS promueve la colaboración y cooperación entre todas las partes implicadas, asegurando compromiso, participación y acceso constante a la información, lo que resulta en una gestión óptima, más informada y efectiva demostrado en el proceso del caso de estudio.

El análisis del flujo de trabajo relativo al LPS ha puesto de manifiesto la trascendencia de la información generada en cada fase en la gestión de proyectos constructivos. El proceso de recopilación, procesamiento y flujo de datos a lo largo de todo el sistema ejerce un impacto altamente significativo en la ejecución de las actividades y en la toma de decisiones. En este sentido, se destaca que la gestión de la información implica una variedad de aspectos importantes. Al implementar el flujo de trabajo, se ha observado que para este proyecto con implementación prematura del LPS, es fundamental llevar a cabo gestiones menos elaboradas mediante herramientas de gestión básicas como Microsoft Excel y Project, tal como se evidenció en la ejecución de la obra.

En base a la implementación del LPS y la aplicación del flujo de trabajo en la obra, se establece que a través de estos elementos es posible lograr una gestión eficiente de la información y una colaboración efectiva. Estos aspectos emergen como pilares esenciales en la búsqueda constante de la mejora continua en la industria de la construcción. En este contexto, el caso de estudio presentó una efectividad aceptable, con una variación del 4.9%. Considerando que la empresa está en una etapa de crecimiento y aprendizaje en la implementación del LPS, estos resultados son prometedores para futuros proyectos. El proyecto en cuestión se finalizó con un PPC del 60% y un PPI del 71%, cifras aceptables para el nivel de implementación de la empresa. La transparencia y la disponibilidad de la información jugaron un papel fundamental en la efectividad y la eficiencia del proceso de construcción, contribuyendo así al éxito global del proyecto. Además, este sistema de gestión logró reducir el atraso acumulado de las etapas iniciales de más de tres semanas a solo 11 días, un logro sustancial siendo uno de los objetivos principales de la implementación del LPS y gestión de su información en el proyecto.

La gestión colaborativa permitió integrar a los diferentes actores involucrados en el proceso productivo, aumentando la productividad y permitiendo una toma de decisiones oportuna. La eliminación de restricciones que afectaban el flujo continuo de trabajo y la sinergia generada a partir de la gestión eficiente de datos, contribuyeron a fomentar la colaboración y el trabajo en equipo. Esto permitió a los diversos participantes del proyecto compartir sus conocimientos y perspectivas para la toma de decisiones informadas y eficaces, con base en datos fiables y en tiempo real.

Esta configuración facilitó la comunicación abierta, la resolución de problemas en tiempo real y la adaptación ágil a los desafíos que surgieron durante la ejecución del proyecto. La sala pull se consolidó como un centro neurálgico para el éxito del proyecto, promoviendo la alineación de objetivos y la optimización de recursos con el fin de alcanzar resultados óptimos en el desarrollo de la obra. En última instancia, la implementación del LPS y el enfoque en la gestión eficiente de la información demostraron ser factores determinantes para impulsar la eficacia, la colaboración y la excelencia en la industria de la construcción.

6 Referencias

- Alarcón, L. F., & Pellicer, E. (2009). Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas. *Revista de Obras Públicas*, 3.495, 1-7.
- Álvarez Pérez, M., Soler Severino, M., & Pellicer Armiñana, E. (2019). An improvement in construction planning: Last Planner System®. *Building & Management*, 3(2), 60-70.
- Andrade, M., & Arrieta, B. (2010). Last Planner en subcontrato de empresa constructora. *Revista de la Construcción*, 10, 36-52.
- Ballard, G. (2000). *The Last Planner System of Production Control*. The University of Birmingham.
- Ballard, G. (2020). Chapter 3 The Last Planner System. En *Lean Construction Core Concepts and New Frontiers* (pp. 45-53).
- Cerveró, F. (2010). *Lean Construction. Nueva filosofía de Gestión en la Construcción Española* [Trabajo Fin de Master]. Universidad Politécnica de Valencia.
- De La Torre, J. R., Taboada, L. J., & Picoy, P. E. (2021). Road construction labor performance control using ppc, pcr and rnc during the pandemic. *roc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC29)*, 747-756.
- El País. (2022). *Una fuerte tormenta estática bate el récord histórico de lluvia en Valencia en el mes de mayo*. <https://elpais.com/espana/comunidad-valenciana/2022-05-03/una-muy-fuerte-tormenta-estatica-bate-el-record-historico-de-lluvia-en-valencia-en-el-mes-de-mayo.html>
- Fontana, E. (2021). *Sistema del Último Planificador: estado del conocimiento y propuesta de flujo de trabajo*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Hamerski, D. C., Fernandes, L. L. de A., Porto, M. S., Saurin, T. A., Torres, C., & Bastos, D. (2021). Production planning and control as-imagined and as-done: the gap at the look-ahead level. *Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC29)*, 767-776.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25, 420-437.
- Hoyos, M. F., & Botero, L. F. (2018). Evolución e impacto mundial del Last Planner System: una revisión de la literatura. *Ingeniería y Desarrollo.*, 36(0122-3461), 187-214.
- Jürgen, G., Bosch-Rekveldt, M., & Radujkovi, M. (2021). The Last-Planner-System's impact on project culture. *Journal of Engineering, Design and Technology*.
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction* (Stanford University, Ed.). CIFE Technical Report #72.
- Koskela, L. (2020). Chapter 1 Theory of Lean Construction. En *Lean Construction Core Concepts and New Frontiers* (pp. 3-13).
- Koskela, L., & Howell, G. (2002). The Theory of Project Management: Explanation to Novel Methods. *Proceedings IGLC*, 10, 1-11.
- Lagos, C. I. (2017). *Desarrollo e implementación de herramientas para el mejoramiento de la gestión de la información de Last Planner*. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Lagos, C. I., & Alarcón, L. F. (2021). Composition and impact of reasons for noncompletion in construction projects. *roc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC29)*, 817-826.
- Lean Construction Institute. (2007). *The Last Planner Production System Workbook Improving Reliability in Planning and Work Flow* (Version 2.0).
- Lledó, P. (2017). *Administración de proyectos: El ABC para un Director de proyectos exitoso* (6.ª ed.).
- Lurueña, D. (2020). *La Gestión de Proyectos de Construcción* (1.ª ed.).
- McHugh, K., Patel, V., & Dave, B. (2021). Role of a digital last planner® system to ensuring safe and



- productive workforce and workflow in covid-19 pandemic. *Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC29)*, 87-96.
- Mossman, A., & Ramalingam, S. (2021). Last planner, everyday learning, shared understanding & rework. *Proc. 29th Annual Conf. of the Int'l Group for Lean Construction (IGLC29)*, 697-706.
- Nassereddine, H., Veeramani, D., & Hanna, A. S. (2022). Design, Development, and Validation of an Augmented Reality-Enabled Production Strategy Process. *Built Environment*, 7.
- Pellicer, E. (2021). *Last Planner System; Master Class Lean Construction - Máster en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil*.
- Porras, H., Sánchez, O., & Galvis, J. A. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *AVANCES Investigación en Ingeniería*, 11(1794-4953).
- Project Management Institute. (2017). *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)* (Inc., editor. Project Management Institute, Ed.; 6.ª ed.).
- Retamal, F., Salazar, L. A., Alarcón, L. F., & Arroyo, P. (2021). Monitoring of linguistic action perspective during online weekly work planning meetings. *Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC29)*, 433-442.
- Robles, C., Rangel, E., & Sánchez, N. (2022). Material supply planning and management model for social housing projects in a construction company. *Revista Ingeniería Construcción. RIC*, 37, 185-200.
- Rooke, J. (2020). Chapter 5 People and knowledge Lean Organisation. En *Lean Construction Core Concepts and New Frontiers* (pp. 85-101).
- Sabbatino, D., Alarcón, L. F., & Toledo, M. (2011). Análisis de indicadores claves para una exitosa implementación del sistema Last Planner en proyectos de edificación. *Proceedings of the IV Encuentro Latino-Americano de Gestión y Economía de la Construcción (ELAGEC)*.
- Salazar, L. A., Pardo, D., & Guzmán, S. (2021). Results of key indicators from linguistic action perspective in pandemic: case study. *Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC29)*, 363-373.
- Sharma, A., & Trivedi, J. (2021). Application of information theory in last planner® system for work plan reliability. *Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC29)*, 727-736.
- Think Productivity. (2021). *Last Planner System: Cómo avanzar con éxito*. <https://think-productivity.com/last-planner-exito/>
- Torres, C., Bolviken, T., & Dietz, D. (2020). Chapter 7 Understanding waste in construction. En *Lean Construction Core Concepts and New Frontiers* (pp. 129-145).
- Tzortzopoulos, P., Kagioglou, M., & Koskela, L. (2020). *Lean Construction Core Concepts and New Frontiers*. Routledge Taylor & Francis Group.
- Zhao, J., Pikas, E., Seppänen, O., & Peltokorpi, A. (2021). Using Real-Time Indoor Resource Positioning to Track the Progress of Tasks in Construction Sites. *Built Environ*, 7.