

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PROPUESTA DE UNA PLATAFORMA DIGITAL BASADA EN LA  
APLICACIÓN DEL *LAST PLANNER SYSTEM* PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES MULTIFAMILIARES EN LIMA  
METROPOLITANA, 2022**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

Kevin Steven Ballesteros Collazos

Roberto Alonso Sotomayor Murillo

**ASESOR**

José Félix Alejandro Benavides Vargas

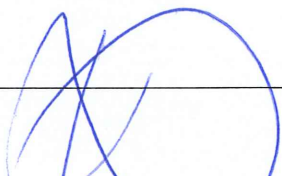
Lima, Junio, 2023

# Informe de Similitud

Yo, José Félix Alejandro Benavides Vargas, docente de la Facultad de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulada: **Propuesta de una Plataforma Digital Basada en la Aplicación del Last Planner System para la Construcción de Edificaciones Multifamiliares en Lima Metropolitana, 2022** de los autores: Kevin Steven Ballesteros Collazos y Roberto Alonso Sotomayor Murillo, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 18 %. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 13/07/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lima, 21 de Julio del 2023

Apellidos y nombres del asesor: Benavides Vargas, José Félix Alejandro		
DNI: 10141857	Firma	
ORCID: 0000-0001-7231-6168		

## RESUMEN

En el Perú, previo a la pandemia por el COVID-19, se evidenció que más del 80% de obras en ejecución son destinadas para edificaciones multifamiliares. Asimismo, se ha visto que, en la gran mayoría de estas obras, las empresas constructoras no disponen de inversión en desarrollo e innovación para el uso de tecnologías con el fin de mejorar su productividad. Debido a este contexto, se propone el desarrollo esquemático de una plataforma digital colaborativa basada en el *Last Planner System* (LPS) que permita gestionar eficientemente la construcción de estos edificios. Para poder lograr este objetivo, se identifican las variables asociadas al *last planner system* con base en la literatura existente, revisando conceptos de *lean construction*, programaciones en obra y tecnologías de la información. Posteriormente, se utiliza el método Delphi para validar estas variables, en la cual se realiza una primera ronda de entrevistas con expertos en la aplicación del *last planner system*. Como resultado de estas entrevistas semiestructuradas, se excluyen algunas variables del marco teórico y se realiza una segunda ronda con encuestas a los expertos mencionados anteriormente, obteniendo como resultado las funcionalidades del esquema de la plataforma propuesta. Con estos resultados, y teniendo en consideración a un caso de estudio como base concreta en el uso del *last planner system*, se plantea el esquema de la plataforma digital colaborativa basada en LPS, el cual asocia las variables y funcionalidades validadas del estudio. Con este esquema se espera poder gestionar las diferentes partidas en la ejecución de un proyecto multifamiliar, así como observar en tiempo real los diferentes indicadores de avance que sirven como base para la toma de decisiones en distintas constructoras en la capital peruana. Asimismo, se espera que la presente investigación impulse la innovación y desarrollo de tecnologías de la información en la industria de la construcción peruana como parte de la mejora continua en los diferentes proyectos del país.

## DEDICATORIA

A mi mamá, quien fue la persona que me ha apoyado durante toda este camino en la universidad, a pesar de los diferentes obstáculos que atravesamos como familia.

A mi papá, quien a pesar de haberse ido pronto al cielo, me enseñó los mejores valores y la capacidad de amar a las personas.

A mis hermanos y hermanas, quienes siempre me apoyaron y creyeron en mí para poder lograr esta meta.

A todas las personas que logré conocer durante mi etapa universitaria, las cuales me brindaron su apoyo constante y cariño, entre ellos mis amigos cercanos y mi pareja.

Kevin B.

A mi mamá Cristina, por todas las dificultades que tuvimos que pasar para llegar a esta meta, y que si no hubiera sido por ella, no hubiese logrado nada.

A mi hermana Lorena, a quien amo y de quien estoy muy orgulloso por todo el esfuerzo y la fortaleza que me demuestra día a día.

A mis abuelos Victoria y Armando, quienes siempre me sostienen sin dudarlo, amándome y dándome un espacio donde reposar mi corazón.

A mis tías Karina y Vanessa, por su guía y consejos desde que era un niño, esperando que Kristel y Franco puedan verme de la misma forma.

A mis padrinos Raúl y Teresa, una pareja que admiro por todo el amor que se demuestran, y a quienes agradezco por acogerme como un hijo.

A Pepe y a toda la familia Miranda, en especial a mi abuela María, que si bien no nos unieron lazos de sangre, me abrieron las puertas de su hogar y me permitieron formar parte de su familia.

Roberto S.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>Contenido</b>	
<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Preguntas de investigación.....	2
1.2.1. Pregunta general.....	2
1.2.2. Preguntas específicas .....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos .....	2
1.4. Justificación .....	3
1.5. Alcance y limitaciones .....	4
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO</b>	<b>5</b>
2.1. Filosofía Lean Construction.....	5
2.1.1. Reseña histórica .....	5
2.1.2. Definición y principios .....	6
2.1.3. Enfoque tradicional vs enfoque <i>lean</i> .....	7
2.2. La teoría de <i>Last Planner System</i> (LPS).....	8
2.2.1. Definición .....	8
2.2.2. Debería – puedo – se hará - hecho.....	9
2.2.3. Etapas de LPS .....	10
2.2.4. Estudio de Hamzeh de implementación de LPS en proyectos de construcción .....	14
2.3. Tecnologías de la información en la construcción.....	16
2.4. Método Delphi .....	17
2.4.1. Definición del método Delphi.....	17
2.4.2. Estructura del método Delphi .....	18
2.5. Escala de Likert.....	19
<b>CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>21</b>
3.1. Diseño de investigación .....	21
3.2. Instrumento de investigación.....	23
3.3. Criterios adoptados para el método de validación Delphi .....	24
3.4. Variables de LPS en sus diferentes etapas.....	25
3.4.1. Definición de variables en base a literatura .....	25

3.4.2. Primera validación de variables: entrevistas.....	30
3.4.2.1. Análisis de entrevista a E01 .....	32
3.4.2.2. Análisis de entrevista a E02.....	33
3.4.2.3. Análisis de entrevista a E03.....	35
3.4.2.4. Análisis de entrevista a E04.....	36
3.4.2.5. Análisis de entrevista a E05.....	37
3.4.2.6. Análisis de entrevista a E06.....	38
3.4.2.7. Análisis de entrevista a E07.....	40
3.4.2.8. Análisis de entrevista a E08.....	41
3.4.3. Segunda validación de variables: encuestas .....	47
<b>CAPÍTULO 4: PLANTEAMIENTO DE UNA PLATAFORMA DIGITAL COLABORATIVA BASADA EN EL <i>LAST PLANNER SYSTEM</i> A UN CASO DE ESTUDIO</b>	<b>54</b>
4.1. Información general del caso de estudio.....	54
4.2. Diagnóstico de planificación del caso de estudio .....	56
4.3. Esquema de plataforma digital colaborativa basada en <i>last planner system</i> .....	64
4.5. Retroalimentación del caso de estudio en base al esquema presentado.....	78
<b>CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES</b>	<b>80</b>
5.1. Conclusiones.....	80
5.2. Recomendaciones .....	82
<b>REFERENCIAS</b>	<b>84</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Enfoque tradicional vs enfoque lean en proyectos de edificación .....	8
Figura 2. Asignación de tareas en el <i>last planner system</i> .....	10
Figura 3. Proceso de planificación del <i>last planner system</i> .....	11
Figura 4. Esquema de implementación de <i>last planner system</i> según Hamzeh.....	15
Figura 5. Proceso de iteración Delphi.....	18
Figura 6. Opciones de respuesta de escala de Likert .....	20
Figura 7. Proceso de investigación con enfoque cualitativo.....	22
Figura 8. Variables más relevantes en la ejecución del Plan Maestro según entrevistas.....	43
Figura 9. Variables más relevantes en la ejecución del Look Ahead según entrevistas .....	43
Figura 10. Variables más importantes en la ejecución del Plan Semanal según entrevistas .....	44
Figura 11. Involucrados presentes en la ejecución del Plan Maestro según entrevistas.....	44
Figura 12. Involucrados presentes en la ejecución del Lookahead según entrevistas .....	45
Figura 13. Involucrados presentes en la ejecución del Plan Semanal según entrevistas .....	45
Figura 14. Indicadores más importantes a extraer del LPS según entrevistas .....	46
Figura 15. Causas de No Cumplimiento más recurrentes en las obras según entrevistas .....	46
Figura 16. Resultados de la pregunta 1 referente a la funcionalidad de Recursos.....	48
Figura 17. Resultados de la pregunta 2 referente a la funcionalidad de Cuadros comparativos ..	48
Figura 18. Resultados de la pregunta 3 referente a la funcionalidad de Visor de Planos .....	49
Figura 19. Resultados de la pregunta 4 referente a la funcionalidad de Involucrados .....	49
Figura 20. Resultados de la pregunta 5 referente a la funcionalidad de proyecciones del Lookahead.....	50
Figura 21. Resultados de la pregunta 6 referente a la funcionalidad del Sistema semáforo en el Análisis de restricciones .....	50
Figura 22. Resultados de la pregunta 7 referente a la funcionalidad del software para teléfono .	51
Figura 23. Resultados de la pregunta 8 referente a los indicadores de control incluibles en la plataforma .....	51
Figura 24. Puntajes promedio por cada pregunta realizada en la encuesta.....	52
Figura 25. Organigrama de trabajo de empresa constructora que forma parte del caso de estudio .....	56
Figura 26. Plan maestro del caso de estudio .....	58
Figura 27. Fase de obras provisionales y estructura del sótano del caso de estudio.....	58
Figura 28. Sectorización del sótano 2 para elementos verticales y horizontales del caso de estudio .....	60
Figura 29. Evolución del Porcentaje de Plan Completado semanal (PPC) del caso de estudio ...	62
Figura 30. Tipos de Causas de No Cumplimiento del caso de estudio.....	63
Figura 31. Causas de No Cumplimiento acumuladas del caso de estudio.....	63
Figura 32. Interfaz principal de la plataforma .....	65
Figura 33. Datos generales del proyecto desde la pestaña General .....	66

Figura 34. Funcionalidad de recursos dentro de la pestaña General.....	66
Figura 35. Ingreso de datos del personal responsable del proyecto.....	67
Figura 36. Cuadros comparativos dentro de la funcionalidad de Especialidades.....	67
Figura 37. Visor de planos compartido por los diferentes involucrados del proyecto .....	68
Figura 38. Sección de involucrados de la plataforma.....	69
Figura 39. Alcance definido del proyecto en base a sus hitos principales.....	70
Figura 40. Definición del calendario laboral del proyecto .....	70
Figura 41. Definición de hitos principales en la plataforma.....	71
Figura 42. Ruta crítica del proyecto en la plataforma.....	71
Figura 43. Vista general de la programación del <i>lookahead</i> en la plataforma .....	73
Figura 44. Sistema semafórico en la liberación de restricciones en la plataforma.....	73
Figura 45. Listado de actividades del Plan semanal en la plataforma .....	75
Figura 46. Versión de teléfono de la plataforma digital con sus diferentes funcionalidades .....	75
Figura 47. Evolución del PPC semanal en comparación con el PPC meta.....	76
Figura 48. Evolución de la liberación de restricciones y la confiabilidad de los responsables ....	77
Figura 49. Estado de recursos consumidos en la obra .....	77

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales desperdicios en la construcción.....	7
Tabla 2. Formato estándar de <i>lookahead</i> en un proyecto de edificación.....	14
Tabla 3. Codificación de los entrevistados .....	30
Tabla 4. Resultados de la encuesta realizada .....	52
Tabla 5. Distribución de departamentos por piso del edificio multifamiliar del caso de estudio.	55
Tabla 6. Programación intermedia o <i>lookahead</i> en etapa del casco del edificio del caso de estudio .....	59
Tabla 7. Programación semanal (semana 11) del caso de estudio.....	61



## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentará el problema que ha motivado el desarrollo de este trabajo de investigación, y se desarrollará el tema de tesis, el cual involucra la aplicación de *last planner system* para el desarrollo de una plataforma digital colaborativa. Asimismo, se plantearán el objetivo general y los objetivos específicos. Posteriormente, se mencionarán las preguntas de investigación, así como la justificación de este trabajo, y finalmente se señalarán el alcance y limitaciones de la tesis.

### 1.1. Planteamiento del problema

De acuerdo con lo establecido por Maceli (2017), quien señaló que en varias obras en el Perú siguen usando metodologías tradicionales, las cuales representan un alto riesgo en seguridad y calidad, el sector de la construcción mantiene una inversión muy reducida en innovación, lo cual se refleja en que las empresas no cuentan con un departamento de Innovación y Desarrollo (I+D) para poder llevar a cabo mejoras en productividad y calidad de sus proyectos. En relación con lo anteriormente mencionado, Guevara (2014) indicó en un estudio en relación al área de I+D que un 94.6% de las empresas no cuentan con un departamento enfocado en I+D, mientras que solo un 3.6% de empresas sí lo hacen.

A pesar de que en el país aún se mantenga este carácter tradicional, se ha evidenciado, en los últimos años, la inserción de diferentes herramientas de gestión y planificación en las diferentes obras. Entre estas herramientas, se menciona al *last planner system* (LPS) como un sistema de control de producción que busca mejorar la relación entre la programación y el control de la producción (Ballard, 2000). En las últimas décadas se han planteado diversas contribuciones al sistema LPS, mediante el uso de tecnologías de la información, con el fin de brindar mejoras en la

gestión de la información, y un análisis crítico para la mejora continua (Alarcón & Calderón, 2003).

Teniendo en cuenta estos antecedentes, resulta interesante el planteamiento de una plataforma virtual colaborativa como parte de las diferentes tecnologías de la información (TI) que desarrolle la metodología LPS, con el fin de promover la innovación y desarrollo en la industria de la construcción peruana.

## **1.2. Preguntas de investigación**

### **1.2.1. Pregunta general**

¿Cómo elaborar el esquema de una plataforma digital colaborativa basada en el *last planner system* para un proyecto de edificación multifamiliar en Lima Metropolitana?

### **1.2.2. Preguntas específicas**

¿Cuáles son las variables más relevantes en la aplicación de *last planner system* en un proyecto de edificación multifamiliar en Lima Metropolitana?

¿Cuáles son las variables relevantes que deberán incluirse dentro de una plataforma digital colaborativa para un proyecto de edificación multifamiliar en Lima Metropolitana?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

- Elaborar una propuesta de una plataforma digital colaborativa basada en el *last planner system* para un proyecto de edificación multifamiliar en Lima Metropolitana

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Identificar las variables relevantes en la aplicación *last planner system* en un proyecto de edificación multifamiliar en Lima Metropolitana

- Incluir las variables relevantes de aplicación de *last planner system* en un proyecto de edificación multifamiliar en Lima Metropolitana para el desarrollo de una plataforma digital colaborativa

#### **1.4. Justificación**

Durante las últimas dos décadas, el crecimiento del sector inmobiliario ha sido relevante para el desarrollo económico del Perú. Debido a la creciente demanda de proyectos inmobiliarios, en su gran mayoría en la ciudad de Lima, se ha visto necesario que muchas empresas constructoras mejoren sus procesos constructivos, con el fin de optimizar recursos y así poder generar una mayor utilidad en la venta de estos proyectos multifamiliares. Dentro de las diversas alternativas planteadas, se ha evidenciado el uso extendido de la metodología *last planner system* dentro de la planificación en las obras de la capital peruana. Sin embargo, se ha visto que se mantienen prácticas tradicionales en la colaboración de los involucrados, y en muchos casos se requerían reuniones presenciales para acordar compromisos, y así nutrir a la herramienta *last planner*.

Esta situación genera una barrera para el crecimiento de la industria de la construcción peruana, más aún en tiempos difíciles por la llegada de la COVID 19 que afectó a muchas empresas constructoras, dado que tuvieron que parar sus actividades por un periodo de tiempo significativo. Teniendo en cuenta los cambios que se dieron por esta pandemia, se plantean mejoras en la gestión de la planificación, teniendo como aliados a las tecnologías de la información (TI). Así se plantea el uso de plataformas virtuales que tengan como eje principal el LPS, de esta manera los involucrados dentro de un proyecto de edificación multifamiliar puedan brindar sus avances, reportes y posibles retrasos, con el objetivo de tomar decisiones y gestionar ello de manera eficiente.

## 1.5. Alcance y limitaciones

Se menciona que el alcance de este trabajo de investigación es del tipo descriptivo. De esta manera, este estudio descriptivo busca especificar características, propiedades y perfiles de personas, grupos, procesos, objetos que se someten a un análisis (Hernández, 2014). En esta tesis se pretende describir lo asociado a la filosofía *lean construction* así como lo referente a la teoría del *last planner system*.

De acuerdo con Galarza (2020), quien indicó que una investigación con alcance descriptivo de tipo cualitativo tiene como objetivo realizar estudios de tipo fenomenológicos que busquen describir las representaciones subjetivas que emergen en un grupo humano sobre un fenómeno determinado. De esta manera, en este trabajo de investigación se pretende describir las variables relevantes en el uso del *last planner system* en la construcción de un edificio multifamiliar.

Por un lado, se menciona entre las limitaciones de esta tesis a la muestra de expertos en el uso de la metodología *last planner system*; dado que esta muestra de estudio será de ocho profesionales expertos en el uso de LPS en diferentes proyectos multifamiliares a lo largo de su trayectoria profesional. Teniendo en cuenta esta situación se menciona que el análisis planteado dependerá de cierta subjetividad por parte de estas personas. Asimismo, se menciona que esta investigación no contará con datos cuantitativos en el uso de plataformas digitales colaborativas para posibles inferencias y/o correlaciones finales. De esta manera, con esta tesis se pretende desarrollar futuras líneas de investigación en la implementación y uso de estas plataformas colaborativas en diferentes proyectos de viviendas multifamiliares para lograr un avance tecnológico en la construcción peruana.

## CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

En primer lugar, se mencionará a la filosofía *lean construction*, en sus inicios y los principios en los que se sostiene. Luego, se describirá la teoría del *last planner system*, donde se explicará el esquema de su funcionamiento, y los componentes que la conforman. Posteriormente, se describirá el uso de tecnologías de la información en la construcción. Finalmente, se mencionará al método Delphi como sistema de validación que se utilizará en la presente investigación.

### 2.1. Filosofía Lean Construction

#### 2.1.1. Reseña histórica

En primer lugar, se menciona una breve reseña histórica de la filosofía *lean construction*. Esta reseña se remonta a los cambios que se produjeron en la manufactura de automóviles Toyota. Esta empresa fundada en 1918 por Sakichi Toyoda se afianzó con la producción de camiones y automóviles hasta que se detuvo la producción en la Segunda Guerra Mundial (Sanchis, 2013). Debido a este evento catastrófico y en conjunto con las dificultades económicas de la posguerra, se originó un aumento de inventario de automóviles sin vender, lo cual generó dificultades financieras para esta compañía, y por ende produjo diferentes cambios en la misma. A pesar de esta situación, Eiji Toyoda, quien dirigía a Toyota, estaba dispuesto a implementar técnicas de producción en masa; sin embargo, las limitaciones de capital y bajos volúmenes de mercado japones no desarrollaron esta iniciativa (Holweg, 2006).

Posteriormente, de acuerdo con Holweg (2006), el impulso para el desarrollo del sistema de producción de Toyota fue promovido por Taiichi Ohno, el cual fue capaz de producir gran variedad de automóviles en pequeños volúmenes. En la concepción de este sistema, nació el término “*lean*” como una filosofía de reducción de pérdidas en los procesos de industrias de

producción en serie. Con esta finalidad de eliminar estas pérdidas, Ohno se concentró en la producción de cada trabajador y en la producción a gran escala de las maquinarias automatizadas (Ureta, 2018). De esta manera, Ohno puso en práctica el mencionado enfoque con la finalidad de ofrecer un producto que se adapte a las necesidades del cliente (Mateu, 2015). Entre los objetivos principales desarrollados por este nuevo sistema de producción destacan los siguientes: realizar la entrega de manera instantánea, producir de acuerdo con los requerimientos del cliente y no mantener inventarios ni intermediarios (Howell, 1999). Con relación a la introducción del pensamiento *lean*, Womack y Jones (1996) establecieron 05 principios en los que se sostiene esta filosofía: especificación del valor, identificación del flujo de valor, organización del flujo, libertad de que el cliente obtenga valor del producto, y empujar a la perfección. De esta manera se señala que la filosofía *lean construction* representa una extensión y adaptación e implementación del sistema japonés de Toyota, el cual considera que la construcción es un tipo de producción especial (Bertelsen, 2004).

### **2.1.2. Definición y principios**

En primer lugar, la filosofía *lean construction* adopta los principios y herramientas *lean* al proceso completo de un proyecto desde su concepción hasta su ejecución y puesta en servicio (Pons, 2014). Esta metodología incluye una serie de objetivos para el proceso de entrega, la cual apunta a maximizar el rendimiento para el cliente a nivel de proyecto, así como el planteamiento de un diseño concurrente de productos y procesos. (Howell, 1999). En el desarrollo de estos objetivos, se plantea como objetivo principal la identificación y reducción de desperdicios (González, 2007). A continuación, se muestra en la Tabla 1 los desperdicios que se buscan reducir mediante la aplicación de esta metodología (Al Omar, 2012):

Tabla 1. Principales desperdicios en la construcción

### **Desperdicios en la construcción**

---

Demoras

Defectos

Exceso de producción

Exceso de procesado

Inventarios excesivos

Transporte innecesario

Movimiento no útil de personas

*Nota.* Adaptado de “Analysis of lean construction practices at Abu Dhabi construction industry” (pp. 105-121), por

R. Al Omar, 2012, *Lean Construction Journal 2012*, CC-BY-NC

En consideración con las pérdidas en producción de la tabla 1, se establece que esta teoría de construcción sin pérdidas requiere mejorar los sistemas de gestión en producción, así como los procesos de producción en sí (Ghio, 2000). Para llevar a cabo estas mejoras en la gestión de la producción, se establecen los siguientes principios que sirven de base para esta filosofía: identificar el valor del proyecto e incrementarlo bajo las necesidades del cliente, programar el flujo de valores, simplificar y minimizar pasos y etapas, buscar la perfección y el desarrollo continuo, reducir la variabilidad y tiempos de ciclo, y otorgar poder de decisión a los trabajadores (Despradel et al., 2011).

#### **2.1.3. Enfoque tradicional vs enfoque *lean***

De acuerdo con lo establecido por Ghio (2000), se señala que el enfoque tradicional se caracteriza por trabajar con un modelo de conversión de procesos mientras que el enfoque *lean* trabaja con un modelo de flujos de procesos. El primer modelo concibe a las actividades de producción como un conjunto de operaciones que son controladas una por una para obtener menores costos y mejorar periódicamente en relación con la productividad. En contraste, el

segundo modelo concibe a las actividades de producción como el flujo de procesos de materias e información, el cual plantea la reducción y eliminación de pérdidas, así como la generación de valor. En relación a los enfoques mencionados, se muestra a continuación la Figura 1 que exhibe la comparación de estos enfoques en proyectos de edificación (Pons, 2014):

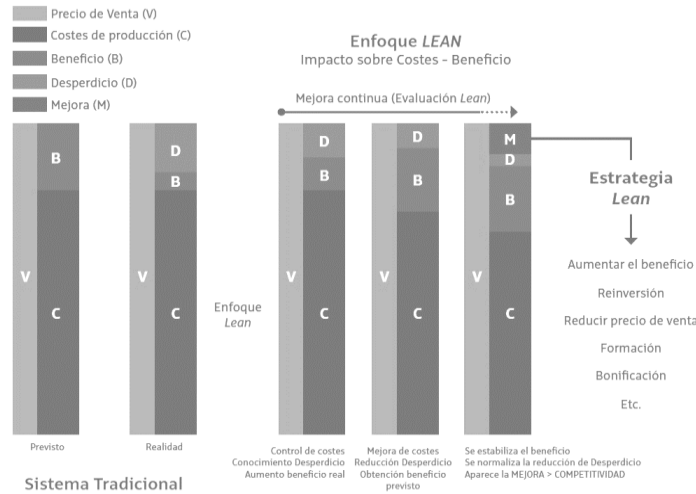


Figura 1. Enfoque tradicional vs enfoque *lean* en proyectos de edificación

Nota. Adaptado de *Introducción a Lean Construction* (p. 24), por J. Pons, 2014, Fundación Laboral de la Construcción.

En relación a la figura 1, se comenta que el método tradicional obtiene el costo de ventas como resultado de la suma del coste de producción y beneficio mientras que el método *lean* se enfoca en la mejora de costes, reducción de pérdidas, mejoras continuas, de esta manera se brinda el proyecto con mejor calidad y costo económico (Pons, 2014).

## 2.2. La teoría de *Last Planner System* (LPS)

### 2.2.1. Definición

En el diseño y la construcción de un proyecto se requiere planificación y control. Estas actividades son llevadas a cabo por diferentes personas, en distintos lugares dentro de la organización, y en diferentes momentos durante la vida del proyecto. (Ballard, 2000). En relación



con la planificación, esta actividad se ha convertido en uno de los métodos eficientes para incrementar la productividad, la cual implica la reducción de pérdidas, en la cual se plantea la secuencia más conveniente de actividades (Botero & Álvarez, 2005). Para llevar a cabo esta planificación, una persona o grupo de personas deciden qué trabajos se realizarán en un futuro cercano. A estos planteamientos se les considera asignaciones que impulsan el trabajo directo de las cuadrillas en una obra. A esta persona o grupo se les denomina “*last planner*”, o en español, como “último planificador” (Ballard & Howell, 1994). En el Perú, de acuerdo con una investigación realizada en obras en Lima Metropolitana, solía ser común que la función de este último planificador sea encargada a los capataces, maestros de obra e ingenieros de obra (Carrasco, 2000, como se citó en Ghio, 2000).

### **2.2.2. Debería – puedo – se hará - hecho**

En las diferentes asignaciones que plantea el *last planner*, este debe tener en cuenta los requisitos que se necesitan para llevar a cabo estas actividades con el fin de plantear cuadrillas de construcción. Estas cuadrillas responderán lo que “se hará”, con la espera de un proceso de planificación se convierta en “hecho”. En esta respuesta, se plantea como premisa “debería” por parte del *last planner*, en contraste con el “puedo” por parte de la cuadrilla (Ballard, 2000). A continuación, se muestra la Figura 2, la cual señala la asignación de tareas en el *last planner system*:

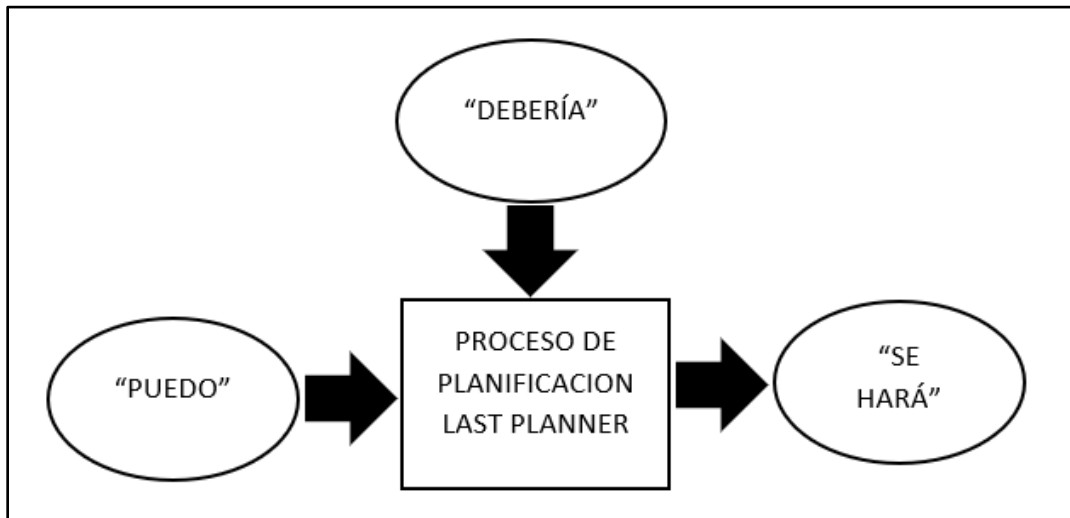


Figura 2. Asignación de tareas en el *last planner system*

Nota. Adaptado de *The last planner system of production control*, por G.H. Ballard, 2000

En relación con lo mostrado en la figura 2, el LPS se configura como sistema de control de producción diseñado para integrar “debería” –“puedo” con lo que “se hará” de la planificación y asignación de actividades en un proyecto (Pons, 2014).

### 2.2.3. Etapas de LPS

El *last planner system* establece criterios definidos de asignación, los cuales consideran compromisos de producción anticipados, con la finalidad de proteger a las unidades de producción de la incertidumbre y variabilidad (Rodríguez et.al, 2011). Para la adecuada asignación de estos criterios, este sistema se divide en 04 etapas: plan maestro, plan de fases, plan intermedio o *lookahead* y plan de corto plazo (Alarcón 2008, como se citó Ureta, 2018). A continuación, se muestra la Figura 3 donde se observa el procedimiento de planificación que sigue el *last planner*:

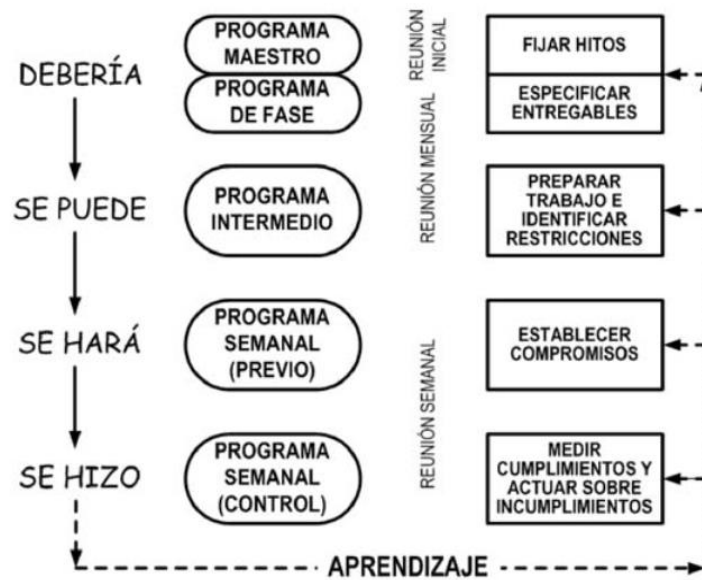


Figura 3. Proceso de planificación del *last planner system*

Nota. Adaptado de *La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador*, por A. Rodríguez et. al, 2011.

Teniendo en cuenta lo mostrado en la figura 3, se explica el procedimiento de aplicación de este sistema de la siguiente manera:

En primer lugar, se revisa el plan general de la obra (programa maestro). Luego, se elabora el programa de fases para casos complejos y extensos. Posteriormente, se realiza la planificación intermedia para un horizonte entre tres y cuatro semanas. En esta planificación, se debe considerar un análisis de restricciones con el objetivo de eliminar cuellos de botella. Después de ello, se elabora la planificación semanal con la participación de encargados, capataces, subcontratistas, etc. Finalmente, se plantea reuniones de últimos planificadores para el adecuado cumplimiento del plan semanal. En estas reuniones se debería detectar las causas de no cumplimiento, y plantear la planificación de la semana posterior (Rodríguez et. al, 2011).

### **2.2.3.1. Plan Maestro**

En este programa maestro se observan todas las actividades que se realizarán durante el proyecto. En esta planificación se establecen los hitos y duración de las diferentes partidas. Cabe mencionar que se debe tener en cuenta las diferentes restricciones que podrían afectar a este plan maestro. Asimismo, resulta relevante considerar a los proveedores y contratistas en la ejecución de este programa, con la finalidad de contar con información más precisa, y así poder establecer plazos adecuados para la ejecución de estas actividades (Ureta, 2018).

### **2.2.3.2. Plan de fases**

Esta planificación se extiende para proyectos extensos y de notable complejidad. En consideración con el plan maestro, se introduce este grado de planificación con el objetivo de dividirlo en tarea, y designarlas por fases (Alarcón, 2008, como se citó Ureta, 2018). Las tareas de cada fase están directamente relacionadas con las tareas de la fase siguiente, por tanto, se requiere adecuada coordinación entre estas. Entre los ejemplos de tipos de fases se mencionan a continuación: excavación, cimentaciones, estructura y acabados (Sabbatino, 2011).

Para poder establecer las diferentes fases del proyecto, se llevan a cabo las sesiones *pull*, donde los involucrados decidirán la forma cómo ejecutarán sus trabajos teniendo en cuenta la fecha de cierre del programa maestro. Primero, se identifican las fases y actividades que la conforman. Posteriormente, se crea un panel que sea visible para todos los involucrados, donde se les entregará un *post-it* de colores diferentes para cada uno. En este panel se marcarán los hitos del programa maestro, donde los involucrados comenzarán a trabajar desde el final de la fase. Esta sesión *pull* se centra en enfocarse desde el final hacia el inicio del trabajo, donde el equipo planificador irá colocando los *post-it* en el panel, en consideración con la duración de sus actividades.

Posteriormente, se irá ajustando la ubicación de estos *post-it*, con la finalidad de que se tenga una red coherente de actividades interdependientes. De esta manera, se contará con una adecuada programación por fases de un proyecto de edificación (Sanchis, 2013).

### **2.2.3.3. Plan intermedio o *lookahead***

El plan intermedio o *lookahead* es el paso siguiente para una adecuada planificación del LPS. Esta programación se inicia con la definición de un horizonte de tiempo, este dependerá de las características del proyecto, así como de la capacidad de respuesta de la empresa constructora y de sus proveedores (Trujillo, 2017). Generalmente, este plan intermedio varía desde 3-4 semanas, por tanto, en esta planificación se observará las actividades durante el periodo de tiempo establecido. Teniendo en cuenta estas actividades, se programan tareas de flujo necesarias tales como inspecciones, pruebas y ensayos, con el objetivo de no afectar a la programación global, y así evitar retrasos y/o desajustes. Asimismo, el *lookahead* logra identificar con mayor precisión los recursos necesarios para el desarrollo de actividades programadas en los plazos establecidos. En esta identificación de recursos, se debe considerar los elementos de seguridad necesarios, así como responsables de cada partida. Por lo mencionado previamente, se establece como objetivo primordial del *lookahead* la identificación con claridad de lo que se puede hacer con lo planificado, así como gestionar las restricciones que se presenten para que no afecten al desarrollo de estas actividades (Rodríguez et.al, 2011). A continuación, se muestra en la tabla 2, donde se observa un formato de *lookahead* en un proyecto de edificación:



*planner* introduce equipos de planificación y control en el proyecto, con la finalidad de la mejora continua. Se muestra en la figura 4 el esquema de implementación de LPS según Hamzeh.

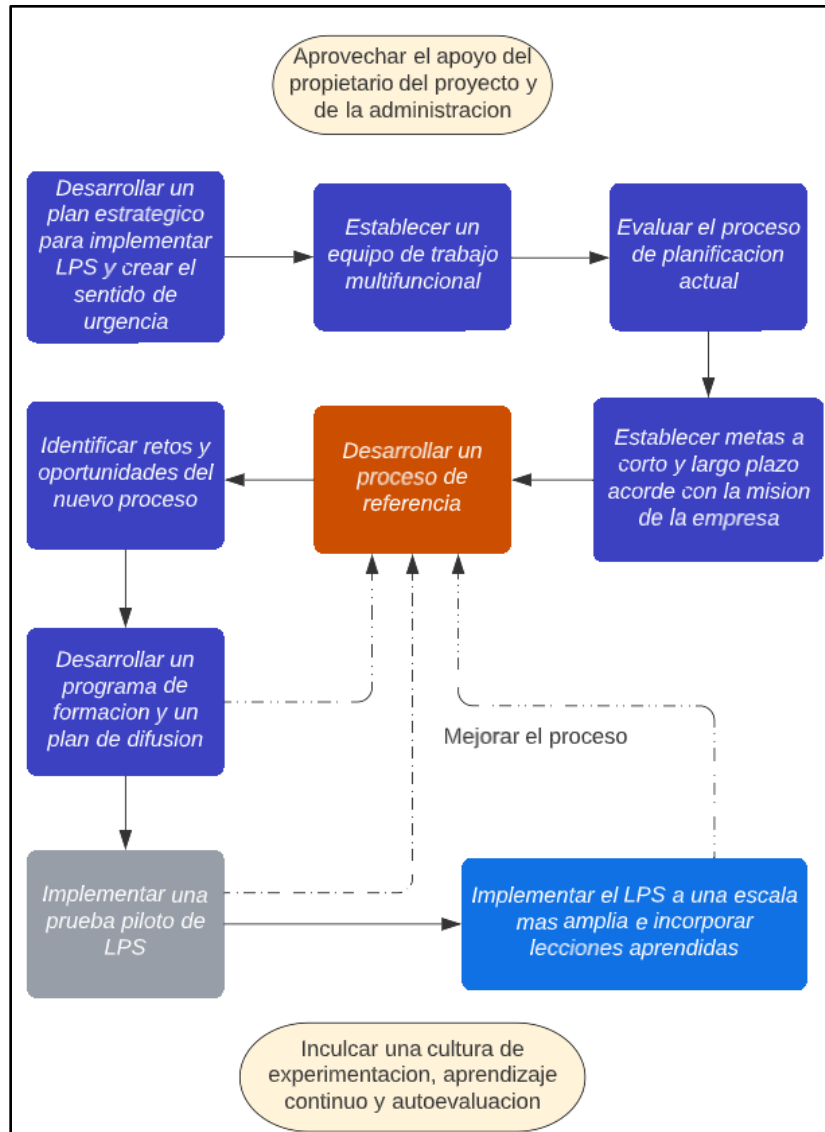


Figura 4. Esquema de implementación de *last planner system* según Hamzeh

Nota. Adaptado de *The Lean Journey: Implementing the Last Planner System in Construction*, por F.R. Hamzeh, 2011.

### **2.3. Tecnologías de la información en la construcción**

En base al enfoque organizacional se ha establecido el interés de poder administrar el conocimiento, con la finalidad de aprovechar el flujo de esta información y poder obtener beneficios para lograr un desarrollo estratégico. En el planteamiento de este objetivo se establece necesario contar con un sistema estructurado del conocimiento, ya que si no es utilizado eficientemente se considerará como un recurso desperdiciado (Train y Egbu, 2006). En la búsqueda de este sistema de gestión del conocimiento se ha extendido el uso de dos estrategias: el uso de tecnologías de la información y la gestión del recurso humano (Carrillo y Chinowsky, 2006). En base a estas estrategias, se establece que el uso de tecnologías de la información ayuda a mejorar la creación y difusión del conocimiento, lo cual se debe a que se caracterizan por brindar una velocidad eficiente en su transmisión y respuesta (Sher y Lee, 2004). En la última década se ha permitido la extensión del uso de Tecnologías de la Información (TI) en nuevas aplicaciones con la finalidad de contar con mayor efectividad en diferentes industrias. En consideración con esta realidad, el avance logrado con la utilización de tecnologías no se ha extendido de manera eficiente en el sector de la construcción (Ureta, 2018). Este deficiente manejo de las TI se debe a que las empresas constructoras no gestionan adecuadamente el conocimiento adquirido por los profesionales y técnicos que laboran en sus proyectos. Entre las posibles causas se considera la alta rotación de este personal, y como consecuencia de ello se pierden las prácticas y aprendizajes adquiridos del proyecto culminado (Ferrada y Serpell, 2009).

En los diferentes planteamientos por el uso eficiente de estas TI, se ha planteado la utilización de estos recursos tecnológicos en el desarrollo de la metodología LPS como innovación en la industria de la construcción. Como parte de la implementación de este sistema de gestión del conocimiento, se ha planteado principales características con la cual debería contar para el uso



eficiente del *last planner system*: procedimiento *last planner* efectivo y simple, soporte para las reuniones de planificación, distribución efectiva de la información, interfaz que resulte familiar, capacidad de sincronización, recolección de la información, entre otras (Choo y Tommelein, 2001).

## **2.4. Método Delphi**

### **2.4.1. Definición del método Delphi**

Existen diferentes definiciones del método Delphi en la literatura existente. Según Linstone y Turoff (1975), se define como un método que concierne un proceso de comunicación grupal efectivo que permita a un grupo de individuos determinar sobre problemas complejos.

Gordon (1994) afirma que la finalidad del método Delphi es causar debate entre los participantes, todo bajo los principios indispensables del anonimato y la retroalimentación: el primero va a impedir de brindar mayor peso a las opiniones por venir de expertos, mientras que el segundo va a posibilitar, mediante el sistema de pregunta y respuesta, un análisis mucho más profundo.

De igual manera, Hallowell y Gambatase (2010) van a definir al método como una técnica de investigación dinámica e interactiva, en la cual se va a obtener el juicio de expertos calificados sobre un tema en específico, buscando minimizar la variabilidad de respuestas y generando así un consenso. Además, agregan que el beneficio es mayor cuando la evidencia empírica del tema es poca o inexistente.

Finalmente, Cruzado-Ramos y Brioso (2020) precisan que es un método de toma de decisiones basado en la iteración de procesos, en la cual se involucran a expertos anónimos que

son guiados por el facilitador de las reuniones que presentará comentarios y con quien se analizarán los resultados en cada proceso iterativo.

## 2.4.2. Estructura del método Delphi

Este método nos brinda la fiabilidad de las respuestas, dado que supera los sesgos y limitaciones de un individuo, y permite realizar un juicio intersubjetivo sobre la información recolectada de los expertos (Reguant y Torrado, 2016). A continuación, se muestra el proceso iterativo que sigue este método de validación cualitativa:

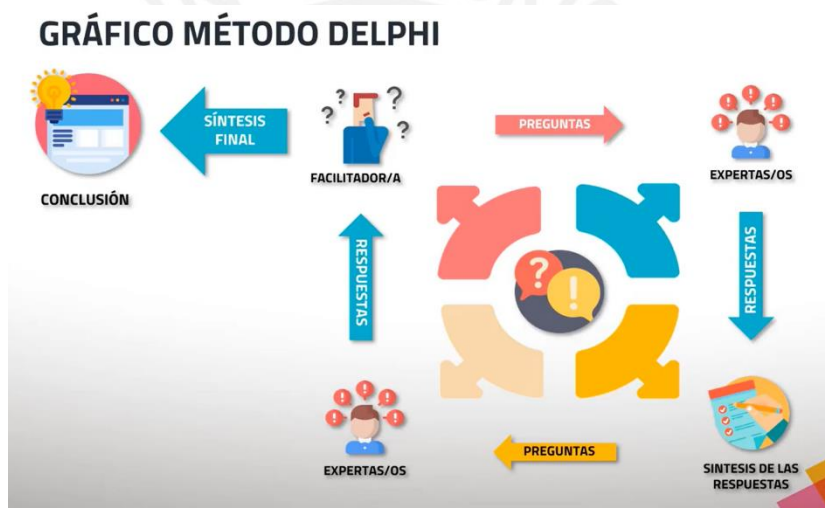


Figura 5. Proceso de iteración Delphi

*Nota.* Tomado de Métodos cualitativos de proyección, por BEA FAVET UCHILE, 2019

En relación a la figura 5 se indica que el facilitador realiza un cuestionario dirigido al grupo de expertos escogido en base a su experiencia, perfil profesional y conocimiento del tema de estudio. Luego de ello, estos expertos brindan sus respuestas mediante entrevistas o encuestas realizadas por parte del moderador. Posteriormente, el facilitador realiza la síntesis de las respuestas obtenidas, en el cual sistematiza esta información y replantea su cuestionario con el objetivo de llegar a un consenso general sobre el tema analizado. Después, el grupo de expertos

vuelve a responder el cuestionario del facilitador, y con esta retroalimentación a consideración del moderador decidirá si realiza otro cuestionario en base a un consenso entre los expertos. Finalmente, el facilitador mostrará sus conclusiones y resultados que haya extraído en base a lo señalado por los expertos.

## **2.5. Escala de Likert**

Las escalas Likert son herramientas psicométricas donde el encuestado debe indicar su conformidad o disconformidad respecto a una afirmación, ítem o idea, a través de una escala ordenada y unidimensional (Bertram, 2008). Este tipo de escala se originó en el año 1932, cuando Rensis Likert publicó un informe donde exhibía como usar un tipo de instrumento para la medición de las actitudes (Likert, 1932). Originalmente, estos instrumentos consistían en una colección de ítems, teniendo una mitad que expresaba una posición acorde con la actitud a medir y la otra mitad en contra. Cada uno de estos ítems iba acompañado de una escala de valoración ordinal, en el que se incluía un punto medio neutral, así como puntos a la izquierda y derecha, inicialmente de desacuerdo y de acuerdo, con opciones de respuestas numéricas del 1 al 5. Esta escala de alternativas aparece en horizontal, con separación uniforme, al lado del ítem e incluyendo las etiquetas numéricas (Matas, 2018). En la figura 6, a continuación, se puede ver un ejemplo de la escala de Likert para opciones de respuesta ante una postura.



Figura 6. Opciones de respuesta de escala de Likert  
Tomado de Escala de Likert: qué es y cómo utilizarla, por HubSpot (2022)

## CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

### 3.1. Diseño de investigación

De acuerdo con Hernández et.al (2014), se menciona que el diseño adoptado para esta investigación es del tipo no experimental, dado que se realizará el estudio donde no se manipularán las variables, sino que se observarán los fenómenos para el posterior análisis.

Este diseño de investigación se divide en dos categorías: diseño transversal y diseño longitudinal. En esta tesis, se tomará en cuenta el diseño no experimental del tipo transversal, dado que se recolectarán datos en un determinado momento, con la finalidad de describir variables y analizar la incidencia e interrelación que tengan en un tiempo único. Asimismo, se ha establecido que este trabajo de investigación tiene un alcance descriptivo en relación con el uso de la metodología *last planner system* en proyectos de edificación multifamiliar. Teniendo en cuenta este alcance, se establece que esta investigación se caracteriza por tener un enfoque cualitativo. Este tipo de estudios pueden desarrollar plantear preguntas e hipótesis durante la recolección y análisis de la información (Hernández et. al, 2014). A continuación, se muestra en el proceso de una investigación con enfoque cualitativo:

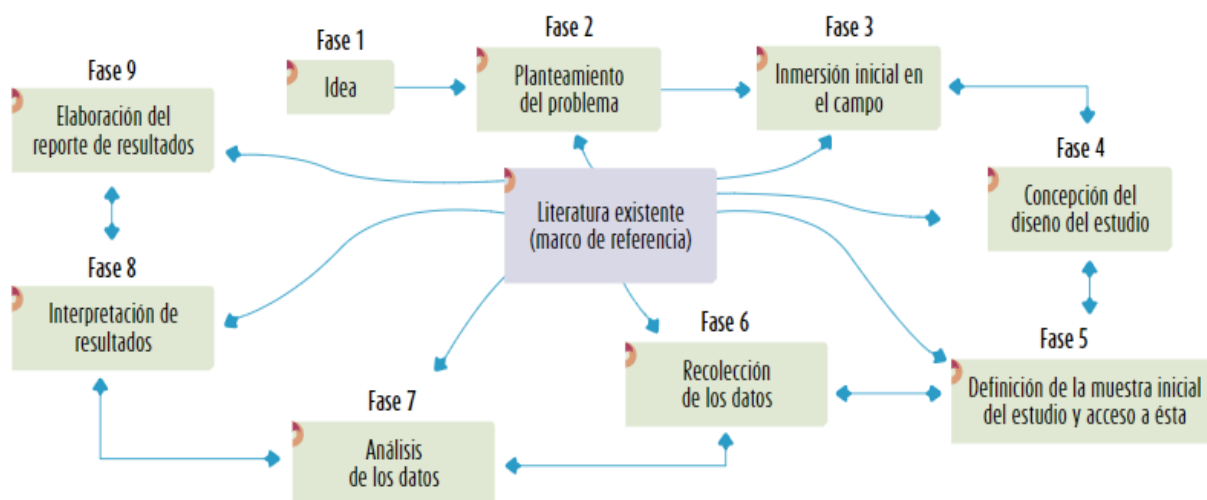


Figura 7. Proceso de investigación con enfoque cualitativo

Nota. Adaptado de Metodología de la Investigación, por R. Hernández, C. Fernández y P. Baptista, 2014.

En relación con la figura 7, se menciona que en este tipo de investigaciones algunas veces es necesario regresar a etapas previas. Asimismo, este enfoque plantea la recolección de datos no estandarizados, dado que estos se pueden obtener desde perspectivas y puntos de vista de los participantes en la investigación. Durante la etapa de análisis de datos se establece que las indagaciones cualitativas obtenidas no se pretenden generalizar de manera probabilística a resultados más amplios, incluso no se tiene que pretender establecer muestras representativas en la investigación (Hernández et. al, 2014).

En relación con el proceso de investigación se tomará en cuenta como muestra a un grupo de ocho especialistas en la planificación y control de un proyecto de edificación, entre ellos ingenieros de planificación, residentes de obra y gerentes de proyectos. Esta muestra servirá para la validación de los factores que se presentan en la aplicación del *last planner system* en la construcción de edificaciones multifamiliares. Para esta validación se realizará un análisis de entrevistas y encuestas a los especialistas, con el objetivo de verificar los factores planteados desde la concepción teórica basada en otros autores. Posteriormente, se presentará un caso de estudio, en

la cual se mostrará la información general de un proyecto de edificación multifamiliar. Luego, se realizará el diagnóstico de la planificación de este proyecto mediante entrevistas a los involucrados. Después de ello, tomando en cuenta lo visto en el caso de estudio y en conjunto con los factores validados por especialistas, se procederá a realizar el esquema de la plataforma digital colaborativa en base a la metodología *last planner system*. Posterior a ello, se procederá a mostrar el esquema final a los involucrados del caso de estudio. Luego, se analizará la retroalimentación brindada por el caso de estudio. Finalmente, se establecerán las conclusiones y recomendaciones relevantes de la investigación realizada.

### **3.2. Instrumento de investigación**

En primer lugar, se describe que el método para la validación de las variables relacionadas con la aplicación de LPS será el método Delphi. En consideración a esta metodología, se tomará como instrumento para la recolección y análisis de los datos mediante entrevistas. Esta entrevista se define como una reunión donde se puede conversar e intercambiar información entre una persona y otra. En esta conversación mediante preguntas y respuestas se logra una comunicación y construcción de significados respecto a un tema (Janesick, 1998, como se citó en Hernández et.al, 2014).

Las entrevistas se dividen en estructuradas, semiestructuradas y no estructuradas. En las entrevistas estructuradas, el entrevistador sigue un orden establecido de preguntas específicas para la recolección de información relevante relacionado con el tema de investigación. En las entrevistas semiestructuradas, se cuenta con una guía de preguntas, sin embargo, el entrevistador cuenta con la libertad de introducir nuevas preguntas para obtener mayor información. Finalmente,

en las entrevistas no estructuradas, el entrevistador cuenta con una guía de contenido, la cual puede manejarla con total flexibilidad (Hernández et.al, 2014)

En este trabajo de investigación, se utilizarán entrevistas semiestructuradas para la validación de los factores que surgen de la aplicación del *last planner system* en proyectos de edificaciones multifamiliares. De esta manera, se tendrá un contraste de los factores teóricos en relación a la experiencia de los especialistas en proyectos de edificación multifamiliar en Lima Metropolitana. Asimismo, se utilizarán encuestas para la validación de estas variables como parte del método Delphi.

### **3.3. Criterios adoptados para el método de validación Delphi**

A continuación, se describen los criterios que se han considerado en la aplicación del método Delphi en la presente investigación:

- **Perfil de expertos:** En la presente investigación se ha considerado realizar entrevistas semiestructuradas y encuestas a un grupo de expertos en la construcción de edificios multifamiliares, tales como residentes de obra, ingenieros de costos, gerentes de proyectos y gerente general. Estos profesionales del rubro de la construcción peruana cuentan como mínimo con siete años de experiencia, y con maestrías en gestión de la construcción.
- **Número de expertos:** De acuerdo con Rowe y Wright (1999) quienes indican que el tamaño del panel para el uso del método Delphi varía desde mínimo tres a ochenta miembros. En base a la mayoría de estudios realizados, se ha observado que se incluyen entre ocho y dieciséis expertos. Por lo tanto, para la presente investigación se ha optado por trabajar con ocho expertos en la industria de la construcción de edificios multifamiliares en Lima Metropolitana.



- **Número de rondas:** De acuerdo con Hallowell y Gambatase (2010) quienes indican que el objetivo del método Delphi es realizar múltiples rondas. Este objetivo está orientado a establecer un consenso entre los expertos, y así reducir la variabilidad en las respuestas. Por lo tanto, para la presente investigación se ha optado por realizar dos rondas para la validación de las variables en la aplicación de *last planner system* en la construcción de edificios multifamiliares en Lima Metropolitana.

### 3.4. Variables de LPS en sus diferentes etapas

#### 3.4.1. Definición de variables en base a literatura

A continuación, se describirán las variables relacionadas a la aplicación del *last planner system* consideradas por los autores de la presente investigación. Cabe mencionar que estas definiciones se han considerado en base a la literatura existente. Por lo tanto, se describen las variables divididas en las etapas del *last planner system*:

##### Plan maestro

- **Plazo de ejecución** es el periodo entre la fecha de inicio y término para la ejecución del contrato.
- **Alcance de proyecto:** Se refiere a la descripción detallada de los trabajos a realizar para obtener el producto requerido por el cliente. Este se gestiona mediante la entrega continua de elementos adicionales y determinación de prioridades, así se pretende agregarle mayor valor comercial al producto final. (Oliva et.al, 2014)
- **Partidas:** Se refiere a los diferentes productos y/o servicios que forman parte del presupuesto de una obra. Estas tienen como objetivo la medición, programación y pago correspondiente al avance de la obra. Asimismo, se van presentando según la

secuencia del proceso constructivo de la edificación. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2011)

- **Metrados:** De acuerdo con el Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado, es el cálculo de la cantidad de obra a ejecutar por cada una de las partidas. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2011)
- **Rendimientos:** Se refiere a la cantidad de trabajo que desarrolla por una cuadrilla en la obra, estos indicadores se expresan con unidad de medida de la actividad por hora hombre. (Botero, 2002)
- **Proveedores:** Son las personas o empresas que van a venderle productos a la empresa ejecutora de la obra
- **Contratistas:** Son las personas o empresas que van a realizar actividades específicas en el proyecto, las cuales tienen una fecha de finalización establecida.
- **Staff de obra:** Se refiere a la plantilla o personal técnico que forma parte de la organización.
- **Planos del proyecto:** Estos se refieren a la representación gráfica de una obra, de tal manera que muestran la naturaleza, dimensiones y detalles del trabajo. Se conforman por plantas, secciones transversales y detalles complementarios para la adecuada ejecución. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2011)
- **Líneas de Balance:** Es un proceso de control de gestión que se utiliza en un proyecto de construcción para mostrar el trabajo repetitivo como una sola línea en un gráfico. La gran diferencia con el diagrama de barras es que las líneas de balance permiten observar la velocidad con la cual se ejecutan las partidas, evitando el cruce de actividades secuenciales.

- **Curva “S”:** La curva “S” es un gráfico que va a representar datos acumulativos importantes del proyecto (como el costo, horas de trabajo o consumo de recursos) en relación al tiempo. La curva tiene esta forma debido al lento crecimiento del proyecto en las etapas iniciales, y, a medida que se avanza más, el crecimiento se acelera rápidamente, creando una pendiente en el gráfico.

#### **Plan intermedio o *Lookahead***

- **Velocidad del flujo de trabajo:** Esta variable representa a los tiempos necesarios para poder gestionar la compra de materiales, obtención de información, entre otras.
- **Carga de trabajo:** Este concepto se refiere a la cantidad de trabajo que se asigna a una cuadrilla en un periodo de tiempo.
- **Capacidad de trabajo:** Se refiere a la capacidad con la que cuenta una cuadrilla para poder realizar determinada tarea en un tiempo asignado,
- **Horizonte de tiempo:** Esta variable dependerá del tipo de proyecto, y por lo general en proyectos de construcción se considera un periodo que varía entre 4 o 6 semanas.
- **Actividades proyectadas:** Este conjunto de actividades pertenecen al periodo de tiempo definido, las cuales forman parte de las partidas mencionadas dentro del Plan Maestro.
- **Responsables:** Se refiere a la contratista o al personal encargado a ejecutar alguna partida del proyecto.
- **Compromisos:** forman parte del ambiente de colaboración de la metodología *last planner system* dentro de la ejecución de actividades proyectadas. Estos deben contar con los siguientes requisitos: actividades, criterios de cumplimiento,

responsable y fecha de cierre de actividades. De esta forma se pretende que los compromisos puedan ser medidos, y finalmente completados. (Rodríguez, s.f.)

- **Cuadrillas:** Esta unidad de producción se conforma de operarios, oficiales y peones para la ejecución de actividades de una partida del presupuesto de obra.
- **Sectorización:** Se refiere a la división de la zona de trabajo en volúmenes de trabajo similares, de esta manera se busca optimizar los recursos por mano de obra para la realización de trabajos repetitivos, y reducir tiempos mediante la curva de aprendizaje (Buleje, 2012).
- **Restricciones:** Se refiere a todas las gestiones sobre información, materiales, equipos y mano de obra impidan que una actividad proyectada se pueda desarrollar. De esta manera, dentro de los objetivos de este nivel de planificación se considera la liberación de estas restricciones para mantener el flujo de actividades. (Rodríguez, s.f)
- **Recursos:** Este concepto engloba a los equipos, maquinarias y herramientas, así como la mano de obra necesaria para completar una actividad de un proyecto.
- **Inventario de Trabajo Ejecutable:** En este conjunto de actividades se consideran aquellas que estén libres de restricciones, de esta manera se cuenta con alta probabilidad de ser ejecutadas. El objetivo de este inventario es poder disponer de actividades en casos que las actividades previas hayan finalizado por las cuadrillas asignadas, y así mantener un flujo de actividades continuo.

## Programación semanal

- **Porcentaje de Plan Completado (PPC)** es un indicador que mide el desempeño del Plan de Corto Plazo a lo largo de todos sus periodos. Contabiliza el porcentaje de los avances comprometidos que realmente fueron ejecutados por los últimos planificadores en cada uno de dichos periodos. Se calcula dividiendo el número de compromisos alcanzados entre el número de compromisos totales del periodo, expresado en porcentaje.
- **Causas de No Cumplimiento (CNC):** Son las razones por las que las actividades comprometidas no se completaron o el motivo por el que el último planificador no logró la meta trazada. Se reportan por los últimos planificadores en las reuniones de los periodos de corto plazo identificando su origen o Causa Raíz, con el objetivo de aprender de ellas para no repetir los mismos errores en el futuro: esto se conoce como mejora continua.
- **Comunicación:** Se refiere a la periodicidad de reuniones que se mantendrán entre cada uno de los *stakeholders*, es decir, los involucrados del proyecto. Por ejemplo, entre staff de obra y capataces las reuniones se pueden plantear de manera semanal.
- **Supervisión:** Se refiere a quien será el personal del staff de obra que controlará el cumplimiento de cada una de las actividades

### 3.4.2. Primera validación de variables: entrevistas

Como parte de la metodología, se contrastó la información extraída de la literatura con las opiniones de algunos ingenieros civiles en nuestro país mediante entrevistas semiestructuradas. La característica principal de los entrevistados es que hayan tenido experiencia sustancial en la implementación del *last planner system*. Como se mencionó en el inciso 3.3, respecto a los criterios que hemos adoptado para aplicar el método Delphi, se ha considerado una muestra de 8 expertos para la validación de las variables teóricas. Cabe mencionar que esta cantidad señalada de expertos califica como mínima para poder aplicar este método de validación, y así obtener resultados con una fiabilidad adecuada.

Los entrevistados fueron codificados según la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 3. Codificación de los entrevistados

Codigo	Puesto	Años de experiencia	Sector	Grado de estudios
E01	Gerente de Proyectos	12 años	Privado	Maestria
E02	Planificador de Obra	17 años	Privado	Maestria
E03	Jefa de Oficina Tecnica	18 años	Privado	Maestria
E04	Gerencia Corporativa	14 años	Privado	Maestria
E05	Planificador de Obra	10 años	Privado	Maestria
E06	Residente de Obra	15 años	Privado	Maestria
E07	Gerente de Proyectos	25 años	Privado	Maestria
E08	Ingeniero de Costos	7 años	Privado	Maestria

*Fuente propia*

Se les realizó nueve preguntas a los entrevistados respecto a su experiencia con el uso e implementación de la herramienta LPS en proyectos inmobiliarios en Lima. Dichas preguntas se pueden dividir en tres grupos: conceptos generales sobre LPS, desarrollo de la herramienta e implementación de la misma.

### Preguntas sobre conceptos generales

- 1) ¿Qué entiende usted por *Last planner system*?
- 2) ¿Qué ventajas le atribuye al *Last planner system* respecto al sistema de planificación tradicional?

### Preguntas sobre el desarrollo de la herramienta

- 3) ¿Cómo se desarrollan cada una de las fases del *Last planner system* (Plan Maestro, *Lookahead* y Plan Semanal)? ¿Cuáles son las variables más relevantes dentro de cada fase?
- 4) ¿Quiénes son los principales stakeholders en cada una de las fases del *Last planner system*?
- 5) ¿Cuáles son los principales indicadores de control que deberíamos obtener del *Last planner system*?
- 6) ¿Cuáles son las Causas de No Cumplimiento más recurrentes dentro de los proyectos en los que ha laborado? ¿Qué medidas correctivas adoptaron para corregirlas o evitarlas?

### Preguntas sobre la implementación de la herramienta

- 7) ¿Cómo fue su capacitación con el *Last planner system* ?¿La empresa en la que labora actualmente capacitó al personal?
- 8) ¿Cuáles son las principales barreras para la aplicación del *Last planner system*?
- 9) ¿Se lleva a cabo un registro de asistencia de las reuniones de planificación? ¿Se toman medidas ante inasistencias? ¿Cómo se desarrollaron las reuniones durante el contexto de la pandemia?

Las entrevistas se pueden leer transcritas en la sección final del documento en Anexos. Asimismo, se podrá encontrar el formato de cuestionario utilizado para estas entrevistas. A continuación, se analizan las entrevistas realizadas al panel de expertos, principalmente respecto a las preguntas de desarrollo de la herramienta.

### 3.4.2.1. Análisis de entrevista a E01

De acuerdo con el Anexo B, E01 señala que el LPS permite obtener **métricas del avance real respecto a lo programado**, y nos brinda **indicadores de desempeño** que con la programación tradicional no era tan específico o tangible (como la curva S). Por otro lado, toma en consideración a la **facilidad y dinámica con la que se puede interactuar con el resto del equipo**, ya que la herramienta muestra gráficas que son entendibles inclusive para el personal con el menor nivel jerárquico, como son los capataces.

Respecto al desarrollo de la herramienta, en primer lugar, en el cronograma maestro el cliente fija **el hito final de entrega**, mientras que la constructora fija los **hitos intermedios**, como fin de casco, inicio de ascensores, etc. Los involucrados en su elaboración son el **Residente de Obra y el Ingeniero de Planificación o el Ingeniero de Producción**. En segundo lugar, en el *lookahead* la planificación se realiza de manera física en papelotes y post-it, no se utilizan herramientas digitales y se extrae del pull planning la semana que nos toca. Finalmente, es de esta misma forma que ejecutamos la planificación semanal en un espacio o sala de producción. Quienes participan en la elaboración tanto del *lookahead* como del plan semanal son el **staff de obra, PDR, administrador, maestro de obra y capataces**.

Terminamos la semana, extraemos los resultados y obtenemos el **Porcentaje de Plan Completado** y las **Causas de No Cumplimiento** más incidentes, los cuales son los indicadores básicos de control en cualquier obra. Luego, si la obra se va encaminando y tiene las posibilidades de incluir otros indicadores, se puede considerar al *Task me Ready (TMR)*, el cual mide las restricciones y el porcentaje de levantamiento de estas. Considera además que es crucial mantener la satisfacción de los involucrados en el proceso, por lo que sería bueno tener un **Buzón de**



**Sugerencias** para las sesiones de LPS; de esta manera, se brinda una alternativa a los capataces, maestros y subcontratistas de buscar mejoras para futuras sesiones.

#### **3.4.2.2. Análisis de entrevista a E02**

De acuerdo con el Anexo C, E02 indica que dentro de las principales ventajas del LPS frente a la programación tradicional está, en primer lugar, que brinda una **mejor visión a mediano y corto plazo**, permitiéndonos una predicción de lo que podría ocurrir o sobre lo que necesitaremos. En segundo lugar, el **enfoque colaborativo** de la herramienta permite considerar a todos los involucrados del proyecto en la planificación, programando actividades y asignando responsables para el levantamiento de restricciones; esto a diferencia de la programación tradicional, donde toda la responsabilidad de la planificación recae en solo una persona. Finalmente, en tercer lugar, está la **transparencia** que brinda la herramienta.

En cuanto al desarrollo de la herramienta, en primer lugar, en plan maestro se debe tener claro el **alcance a nivel de actividades y paquete de trabajo**. Luego, se debe considerar los **hitos principales** señalados en el plan (fin de movimiento de tierras, muros anclados, etc.), así como la **ruta crítica de trabajo**. También se debe tomar en cuenta los días hábiles y los no laborables para estimar los **buffers de tiempo** ante cualquier eventualidad. El plan maestro se puede desarrollar de dos maneras: mediante **trenes de trabajo**, disgregando cada fase en base a sus propios ritmos de producción, y mediante **Gantt**, mostrando las fechas de inicio y fin de cada paquete de trabajo. Los principales involucrados en el desarrollo del plan son el **Gerente de Proyectos, el Residente de Obra, el Jefe de Producción y el Jefe de Oficina Técnica**.

En segundo lugar, viene el *lookahead*, para el cual debe definirse en primer lugar el **horizonte del tiempo** a fijar, el cual puede ir de 3 a 4 semanas, así como los días hábiles de trabajo.

Asimismo, cabe resaltar al **Work Structuring**, el cual trata de la descomposición de las partidas principales en actividades, considerando la dependencia entre ellas y determinar la ruta crítica de actividades. En el *lookahead* podemos considerar **los rendimientos de la mano de obra** de cada actividad, los cuales son obtenidos en base a la experiencia o investigaciones; de esta manera, definimos la cantidad de personal para cada tarea. En su experiencia, recomienda la utilización de trenes de trabajo para observar el nivel en el que te encuentras de avance, así como integrarlo con **la sectorización**, pues te brinda ubicación y evita cruces de actividades en ejecución. Es muy importante considerar previamente al plan semanal **el análisis de restricciones**; esto quiere decir, la identificación de las restricciones de las actividades, fechas de levantamiento y el responsable de estas. En cuanto a los involucrados en el desarrollo del *lookahead*, E02 comenta que para la planificación se debe considerar al **Residente, Jefe de Producción y Jefe de Oficina Técnica**; mientras que, para la ejecución, se considera a todo **el staff de obra**.

En tercer lugar, tenemos al plan semanal, en el cual se debe considerar solamente **actividades sin restricciones**, llegando a mayor nivel de detalle, lugar, ubicación, cantidad de cuadrillas, liberaciones de calidad, etc. Dentro del plan diario organizas tu cuadrilla, así como también se debe considerar el **Visual Management o reportes A3**, en las cuales se indican gráficamente que es lo que debe realizar el trabajador. En las reuniones del plan semanal se incluye al **staff de obra, capataces y subcontractistas**.

En las reuniones semanales se observan el **PPC** y las **CNC**, así como también se revisan las restricciones de las actividades del *lookahead* para su respectiva liberación. Estos dos indicadores que menciona permiten saber qué es lo que está ocurriendo y qué acciones vas a tomar en obra, así como saber si estás cumpliendo con lo programado. Otro indicador que agregaría es el **Plan de Cumplimiento de Restricciones (PCR)**, donde se pueda observar el desempeño de los

responsables en cuanto al levantamiento de restricciones, y determinar quién no está cumpliendo con los objetivos. Podría también incluirse **la curva S**, donde se muestre el avance real de la obra, e identificar la producción ejecutada; así como también al **SPI** o **SB**, y el cronograma ganado como medidores globales de la programación.

### **3.4.2.3. Análisis de entrevista a E03**

De acuerdo con el Anexo D, E03 resalta que la principal diferencia entre la programación tradicional y el LPS es el **cambio del enfoque *push* hacia el *pull***: mientras que en el primero vas necesitando recursos y lo vas pidiendo, o solo revisar avances de producción, en el *pull* la programación va jalando todas las restricciones, revisando la calidad, recursos en almacén, etc. Desde su perspectiva como Jefa de Oficina Técnica, la mayor ventaja es la **mejoría en operatividad logística y de calidad**.

En cuanto al desarrollo de la herramienta, en el plan maestro E03 está muy relacionado en el desarrollo, ya que **los hitos y grandes paquetes de partidas** van muy de la mano con presupuestos y costos. Indicó que los demás agentes en la planificación de esta etapa son el **Residente de Obra y a veces el Maestro de Obra**, inclusive más que el Ingeniero de Producción. Referente al *lookahead*, OT se involucra en el **levantamiento de restricciones** mediante la **habilitación de los planos y modelos** para el área de Producción. Los involucrados en esta etapa son el **Staff de obra, subcontratistas y capataces**. Finalmente, en la planificación semanal, el área de OT se introduce mediante **flujos de requerimientos**, flujos que necesitan que previamente se haya definido **los tiempos, sectorizaciones y levantamiento de restricciones** en obra. El Ingeniero de Costos, el Ingeniero de Calidad, el Residente de Obra y OT son los principales intervinientes en esta fase.

Referente a los indicadores que extraemos del LPS, el primero que menciona es el **PPC**, el cual se obtiene para verificar cumplimientos de actividades, y que a su vez va de la mano con el **SPI**. Desde el área de OT, E03 indicó que lo más importante que se obtiene de la herramienta son las **proyecciones de costos que va a requerir la obra**, lo cual permite actualizar el resultado operativo de la misma. Estas proyecciones son más orientadas a la caja y el costo que a la producción, y permitirá predecir cómo terminará la obra en el enfoque presupuestal.

#### **3.4.2.4. Análisis de entrevista a E04**

De acuerdo con el Anexo E, en cuanto a las ventajas respecto a la programación tradicional, E04 indica que el **LPS permite soportar el cronograma interno de la obra**, utilizando una serie de herramientas que involucran a todas las áreas que participan en los resultados del proyecto; esto sumado con el **análisis de restricciones** para el cumplimiento de la planificación, tienen un impacto directo en las programaciones.

Respecto al desarrollo de las fases, E04 indicó que se parte de un cronograma interno y se identifican **los hitos importantes y penalizables del proyecto**, y es sobre estos hitos que se colocan las **metas parciales**. Antes de presentar este plan interno, se debe armar un plan de construcción con todos los involucrados, en el cual se sinceren **las fechas del cronograma del cliente**. En el *lookahead*, el horizonte se apertura de acuerdo al tipo de proyecto que es; en el caso de edificaciones, las actividades se van a dividir entre **pisos y disciplinas para un periodo de 3 a 4 semanas**. Esta programación debe ser elaborada por el área de **Producción**, la cual va a arrastrar a las demás instalaciones, por lo que el Ingeniero de Instalaciones también debe armar su propio *lookahead* y plan semanal. Cabe resaltar que, para **proyectos de mayor envergadura y duración**, se recomienda **aperturar el horizonte del lookahead hasta un periodo de 3 a 4 meses**, para que

de esta forma las diferentes áreas se preparen en la gestión de **recursos y procuras**. Tanto el **Ingeniero de Producción como el de Instalaciones** tienen que armar sus programaciones, ya que luego van a liderar en campo la ejecución y control de los trabajos, así como **el levantamiento de restricciones**, siendo supervisados por el área de Control de Proyectos.

Respecto a los indicadores de control, E04 opina que para el cumplimiento de la semana está el **PPC**. Muy aparte de eso, también señala que **la curva S** también es fundamental, porque puede pasar que el PPC está planificado erróneamente, o no sincera lo que el cronograma contractual como avance físico debería haber ejecutado. También añadió que cuando el PPC sea bajo, se debe realizar el gráfico de las **CNC**, donde se muestren los factores que causaron que no se cumplieran las actividades planificadas. Por último, **el listado de las restricciones** también es muy importante. E04 sugiere elaborar un **Cronograma de Procura**, donde se refleje la llegada de los materiales o insumos a obra. Se citan semanalmente a las áreas involucradas, sobre todo al Jefe de OT y al Administrador de Contratos, se revisa el cronograma, el ingreso de subcontratistas, la evolución semanal, la gestión de materiales, etc. Este cronograma es sumamente importante, pues permite controlar las CNC y mejorar el PPC de la semana.

#### **3.4.2.5. Análisis de entrevista a E05**

De acuerdo con el Anexo F, E05 comenta que, en líneas generales, las ventajas que le atribuye al LPS frente a la programación tradicional son la optimización de recursos, el aseguramiento de los flujos de trabajo, la rentabilidad de la construcción, el aseguramiento de los plazos y objetivos, entre otros.

Respecto al desarrollo del sistema, E05 resume bastante a las variables más importantes en las fases del LPS. Indica que en el plan maestro lo más importante es tener todo el alcance muy

bien definido y lo ideal es que participen en su elaboración el Gerente de Proyecto, el Jefe de Producción, el Planificador y el Jefe de OT. En el *lookahead* es fundamental la identificación de las restricciones y la programación de los equipos y materiales, y deben participar los contratistas o capataces a cargo de la función, así como el Ingeniero de Producción y un Ingeniero de Planificación para que de soporte en base a las fechas y cumplimiento. En la planificación semanal debe estar el detalle de que esté bien armado y que ya se hayan levantado todas las restricciones, así como asegurar un porcentaje de cumplimiento de actividades de por lo menos 85%. Referente a los indicadores de control, E05 enfatiza en las CNC, ya que estas permiten saber qué es lo que está pasando, en que se está fallando, y darse cuenta que quizás se están programando mal los recursos, sin una secuencia lógica, u otros factores. Indica además que si bien el PPC no refleja si el avance está atrasado o no, por lo menos da un porcentaje de confiabilidad. Adicionalmente a ello, el análisis de restricciones es importante, y deben participar todos los involucrados para revisar y captar compromisos de los responsables y cumplir con los objetivos.

#### **3.4.2.6. Análisis de entrevista a E06**

De acuerdo con el Anexo G, E06 comenta que el último planificador del LPS no necesariamente tiene que ser la cabeza de obra, sino que también pueden ser otras personas encargadas de producción; aunque lo ideal es que fuera el Ing. de Producción. Respecto a las ventajas que aporta el sistema, E06 señala que **mejora las estimaciones**, ya que es una integración de actividades. No solo planificas una semana, sino que es una secuencia enfocada en la **mejora continua**: tomar las lecciones aprendidas para no repetir los mismos errores.

En cuanto al desarrollo del sistema, E06 considera fundamental que el ejecutor sea una persona con amplia experiencia en obras similares, y que, como indica el nombre, debe ser general,

donde no tiene que estar todo detallado hasta tener claro las fases y los procesos. Los involucrados en la elaboración de este plan son, además del **Residente de Obra, el Gerente de Proyectos y el Ingeniero de Producción**. Sería óptimo que estén presentes también el **Jefe de Seguridad y el Ingeniero de Calidad**, para que así se den alcances sobre los planes de liberación y seguridad, y que, teniendo conocimiento de todas las actividades, puedan preparar y tener lista toda la documentación. En el *lookahead*, E06 recomienda que **el horizonte a evaluar sea de 4 semanas**. Debe planificarse con todos los intervinientes para que se puedan determinar bien **las restricciones y responsabilidades**, haciendo el seguimiento correspondiente para verificar el levantamiento de estas. Finalmente, en el plan semanal se incluyen a los demás intervinientes de campo, llámese **los jefes de cuadrilla, capataces o topógrafos**, para que cada quien, de sus percepciones o sus puntos a resaltar durante la semana, y que plasmen las cantidades que cada quien va a producir y su secuencialidad.

Los indicadores de control que E06 enfatiza son el **PPC** y las **CNC**. En cuanto al primero, E06 señala que **debe superarse un valor medio del 80%** para saber que la obra tiene estándares adecuados; en caso no sea así, hay que analizar lo que sucede en obra, así como verificarse el valor acumulado y la evolución. Y en cuanto a las CNC, comenta que las causas más recurrentes en sus proyectos son las referentes a la llegada de materiales, en los cuales a veces no se solicitan con la anticipación debida, sobre todo con los materiales no comerciales; la sobreestimación de la capacidad del personal o de los equipos, donde el rendimiento teórico no se acomoda al real; o por fallas en la comunicación o supervisión de los encargados de producción hacia el personal, lo cual puede retrasar o incumplir la planificación semanal.

### 3.4.2.7. Análisis de entrevista a E07

De acuerdo con el Anexo H, las ventajas que E07 le atribuye al sistema son principalmente en 2 enfoques. Por un lado, permite asegurar tener a tiempo los materiales, servicios y proveedores; y, por otro lado, se puede definir con anticipación la gestión de los subcontratos de las partidas, considerando los tiempos de negociación, firma de contrato, tiempo de importación, tiempo de flete, etc.

En cuanto al desarrollo de la herramienta, E07 enfatiza mucho en la importancia del traslado de información desde el plan maestro hacia el *lookahead*, pasando desde lo más general hacia lo específico. Se debe aperturar no solo una ventana de 4 semanas como normalmente se realiza en el *lookahead*, sino que también se permita visualizar un horizonte más amplio: E07 recomienda que sean 3 meses. Recomienda que esta planificación sea manejada por el staff de obra y no por el planner, ya que este es un puesto que ha sido creado últimamente y lo ocupan personas que no tienen la suficiente experiencia para gestionarla. No obstante, lo que sí deben revisar son las rutas críticas y las partidas que deben estar en ellas. En cuanto a los involucrados, E07 indica que el *stakeholder* principal al momento de ejecutar el LPS es el cliente. Luego se debe considerar al equipo de obra, como OT, área de Producción, Calidad, etc.; con la finalidad de coordinar adecuadamente para generar un plan y cronograma aterrizados en la realidad. Comenta finalmente que hoy en día se debe tener mucho cuidado con la parte contractual, ya que en caso de una mala planificación se podría incurrir en el pago de penalidades por el incumplimiento de plazos.

También se le preguntó respecto a los indicadores de control más relevantes, a lo que E07 respondió que el PPC es un buen indicador para saber si la obra va encaminada, y que si tus resultados de esta son favorables no es necesario extraer otros, como la Carta Balance, ya que generalmente no sobran recursos o tiempo para más indicadores. También resaltó a las CNC, para



las cuales, desde su posición gerencial, E07 comenta que en muchos casos no se cumplen los compromisos con los proveedores, teniendo que renegociar los contratos y ordenes, ya que la Gerencia General no entiende los flujos que se necesitan en obra.

#### **3.4.2.8. Análisis de entrevista a E08**

De acuerdo con el Anexo I, entre las principales ventajas que E08 atribuye al LPS frente a la programación tradicional están el **ahorro en gastos de operación y la identificación del estado real de la obra**. En la programación tradicional solo se indica el avance global de la obra, o indicadores situacionales como el *actual cost* o el *earned value*, lo cual es bastante superficial en comparación con el LPS.

Referente al desarrollo, E08 señala que en el plan maestro se deben considerar a **los hitos, la participación colaborativa** entre los que planifican, así como también la eficiencia de las actividades, gracias a la cual se genera un **buffer de tiempo**. En esta etapa deben estar presentes **el Gestor de Proyectos, el Residente de Obra**, y si ya se tienen definidos, **los Ingenieros de Campo y de Calidad**. Posterior a ello, en la fase del *lookahead*, E08 menciona que estará plasmada por 3 cosas: debería, puedo y haré. Se debe considerar con suma importancia **el análisis de restricciones** para saber qué tan verídica será la producción. Asimismo, **la sectorización** también es importante para el desarrollo de **las partidas**, con las cuales se fijan metas. **Los rendimientos** se obtienen semanalmente, lo cual permitirá controlar el avance de obra, así como las ratios para medir la eficiencia, en cuanto a las horas hombre utilizadas. Para el momento de la planificación semanal, ya las restricciones deben haber sido liberadas para el desarrollo de las actividades, disminuyendo así la variabilidad de lo planificado. Los involucrados tanto en el *lookahead* como en el plan semanal deben ser los **Ingenieros de Producción, el Ingeniero de**

**Costos, el Planner, el Residente de Obra, el Maestro de Obra, e inclusive el área de Calidad y Seguridad.**

E08 menciona que, respecto a los indicadores de control, se debe considerar un **PPC meta y un PPC acumulado**, siendo esta meta entre **75 y 80% como mínimo**, ya que puede suceder que haya semanas complicadas, pero este acumulado debe sostener el buen cumplimiento de las actividades. También se tiene al **Análisis de Restricciones, la Carta Balance, y el Value Stream Mapping**; en este último se crea todo un flujo en el cual se determina la eficiencia del equipo de trabajo. Otro indicador importante según E08 son las **CNC**, lo cual relaciona la programación semanal prevista con los problemas sucedidos en campo. En su experiencia, las más recurrentes se relacionan con la falta de compromiso por parte de Gerencia en lo acordado en las reuniones semanales; así como también en demoras en la llegada de documentos o levantamiento de observaciones.

En base a todo lo mencionado en las entrevistas, se elaboraron algunos gráficos que resumen la información recolectada. Cabe señalar que las respuestas donde solo se obtuvo una mención por parte de los entrevistados se optó por no considerarlas dentro del gráfico, ya que no eran sustanciales para el análisis.

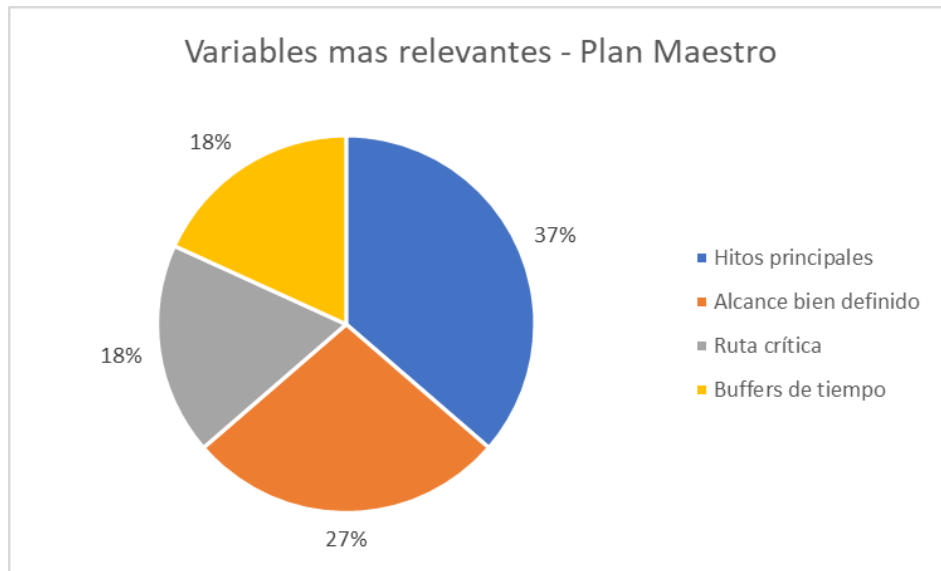


Figura 8. Variables más relevantes en la ejecución del Plan Maestro según entrevistas

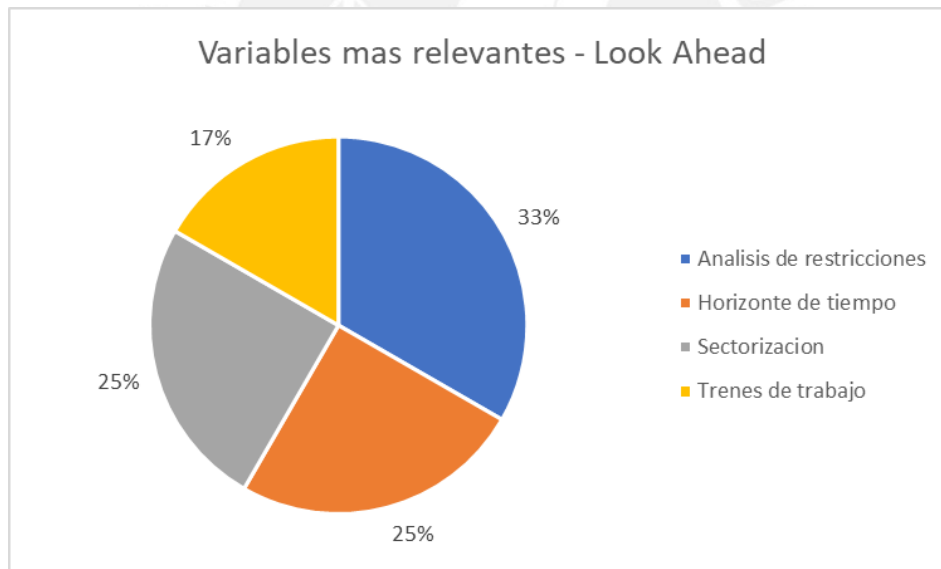


Figura 9. Variables más relevantes en la ejecución del Look Ahead según entrevistas

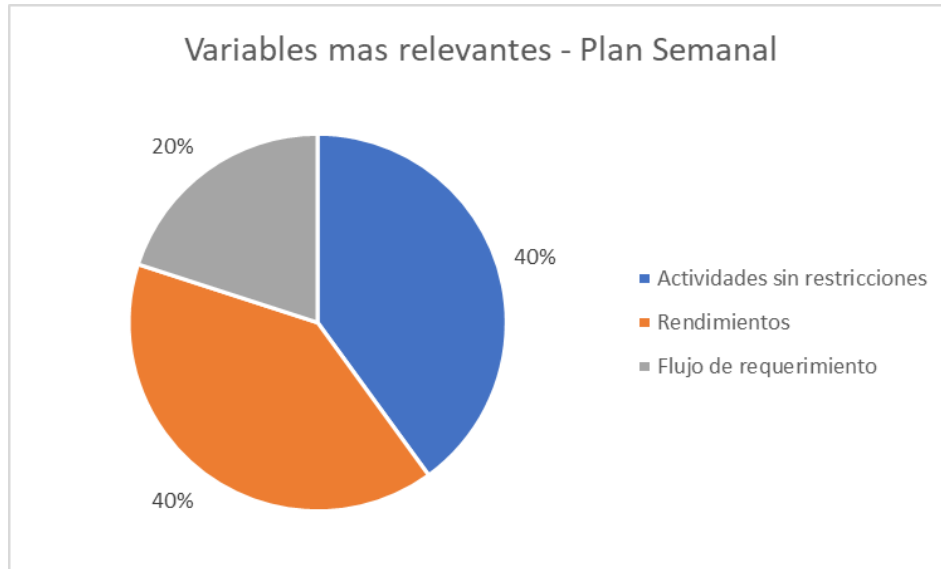


Figura 10. Variables más importantes en la ejecución del Plan Semanal según entrevistas

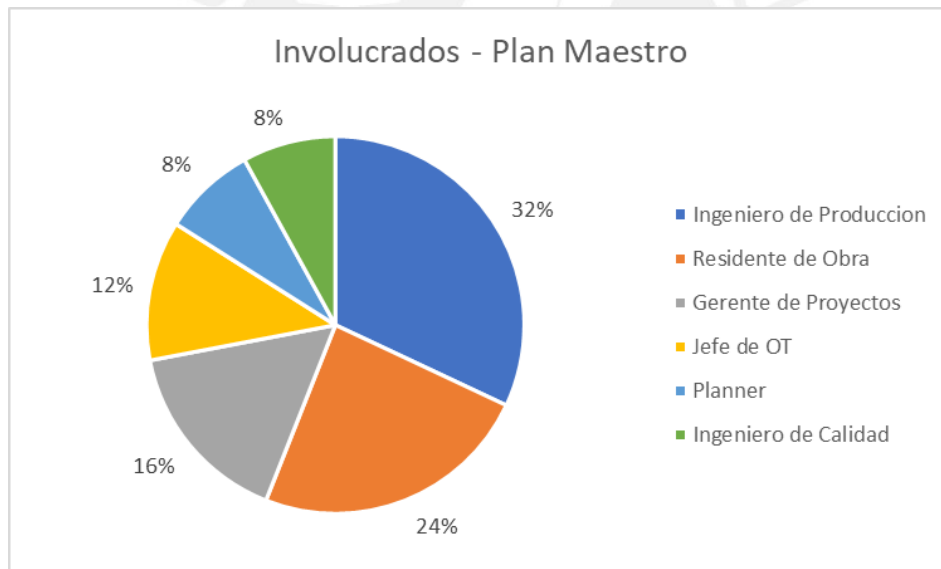


Figura 11. Involucrados presentes en la ejecución del Plan Maestro según entrevistas

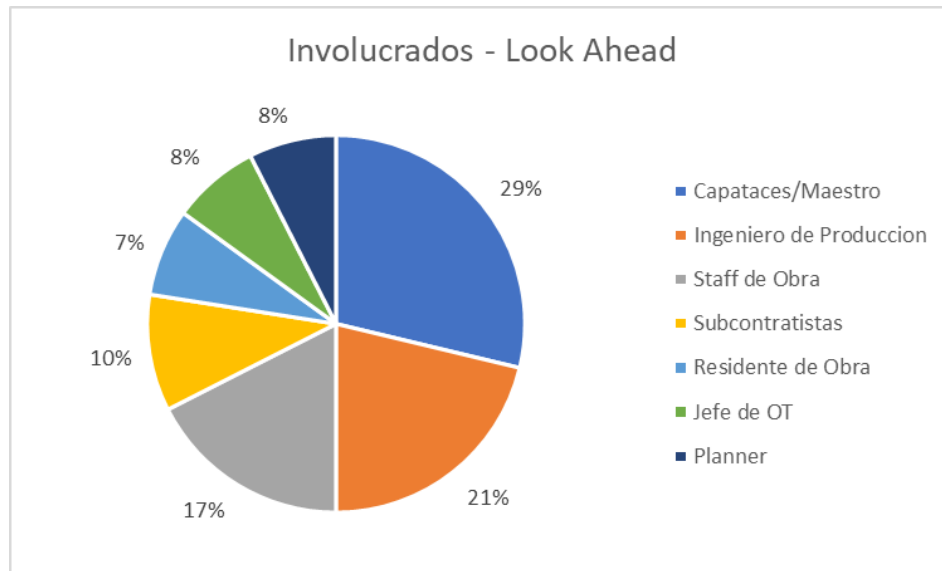


Figura 12. Involucrados presentes en la ejecución del Lookahead según entrevistas

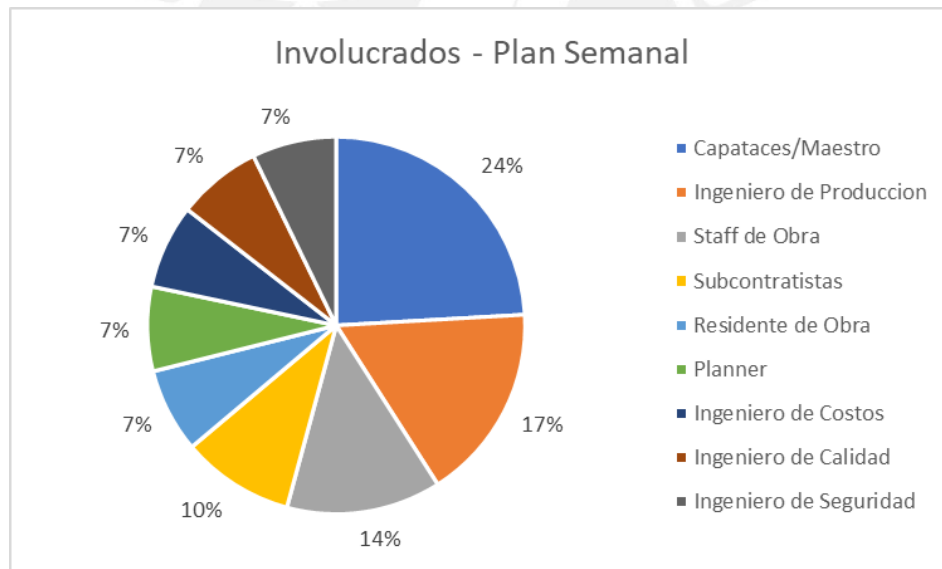


Figura 13. Involucrados presentes en la ejecución del Plan Semanal según entrevistas

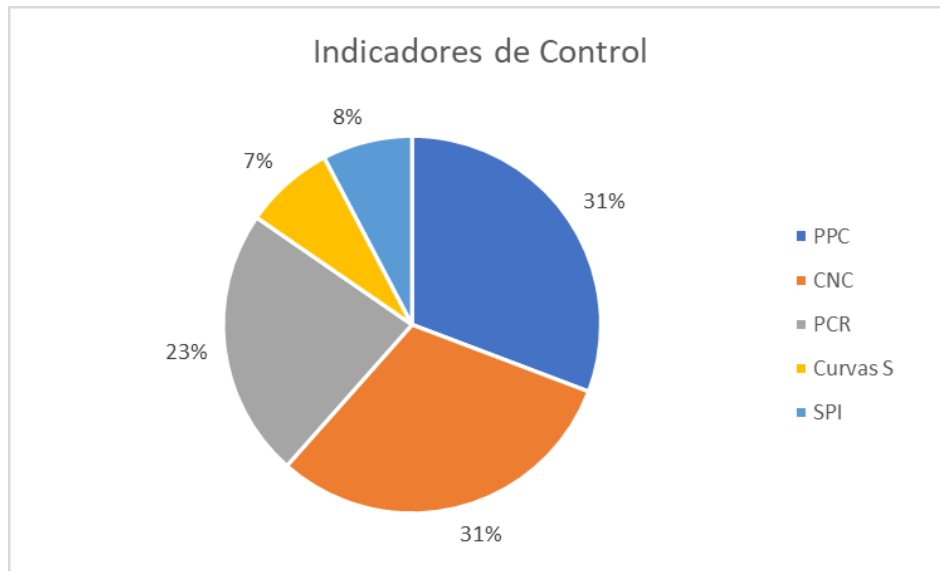


Figura 14. Indicadores más importantes a extraer del LPS según entrevistas

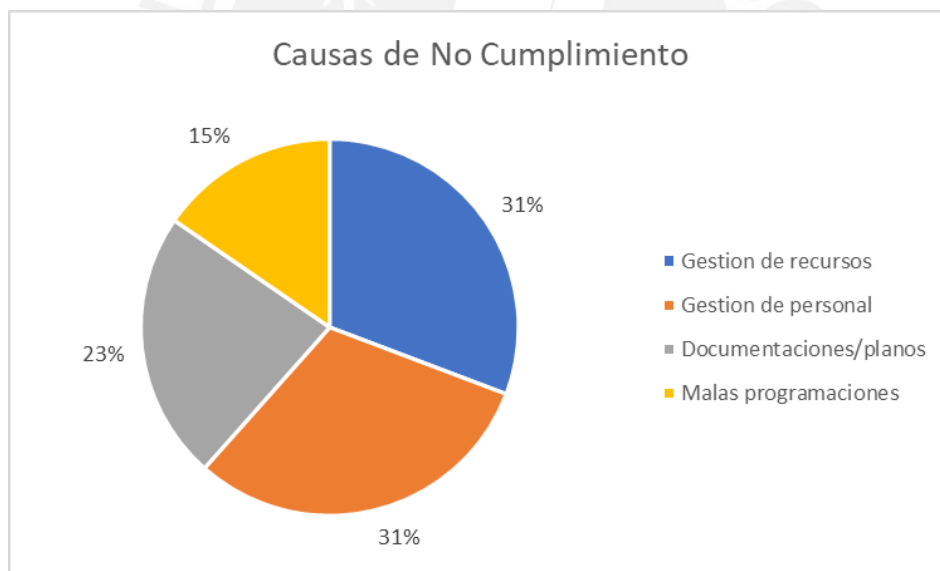


Figura 15. Causas de No Cumplimiento más recurrentes en las obras según entrevistas

Con toda la información recolectada podemos concluir que las variables más importantes para la ejecución del Plan Maestro son **hitos principales, alcance bien definido, ruta crítica y buffers de tiempo**; para el *Lookahead* son el **análisis de restricciones, horizonte de tiempo,**

**sectorización y trenes de trabajo**; mientras que para el Plan Semanal son las **actividades sin restricciones, rendimientos y flujos de requerimiento**.

Por otro lado, respecto a los involucrados para cada fase destacan en el Plan Maestro **el Ingeniero de Producción, el Residente de Obra, el Gerente de Proyectos, el Jefe de OT**; mientras que para el *Lookahead* y Plan Semanal son los **capataces y maestros, el Ingeniero de Producción, el Staff de Obra y los subcontratistas**.

Finalmente, respecto a los Indicadores de Control más relevantes que se deberían extraer del *last planner system* son el **Porcentaje de Planificación Cumplida, las Causas de No Cumplimiento, el Plan de Cumplimiento de Restricciones, las Curvas S y el SPI**. Resalta además que las Causas de No Cumplimiento más recurrentes en las obras son las referentes a la **Gestión de Recursos y Personal, Malas Programaciones y a la Falta de Documentación o Planos**.

### **3.4.3. Segunda validación de variables: encuestas**

Después del análisis de las entrevistas, se observa un consenso bastante importante respecto a las variables teóricas definidas en la literatura. Por tanto, en la segunda ronda de validación, ejecutada mediante encuestas, principalmente se preguntó respecto a las funcionalidades que podría ofrecer la plataforma, incluyendo el aspecto de implementación de la herramienta en obra. El formato correspondiente de la encuesta se encuentra presente en los anexos de la presente tesis.

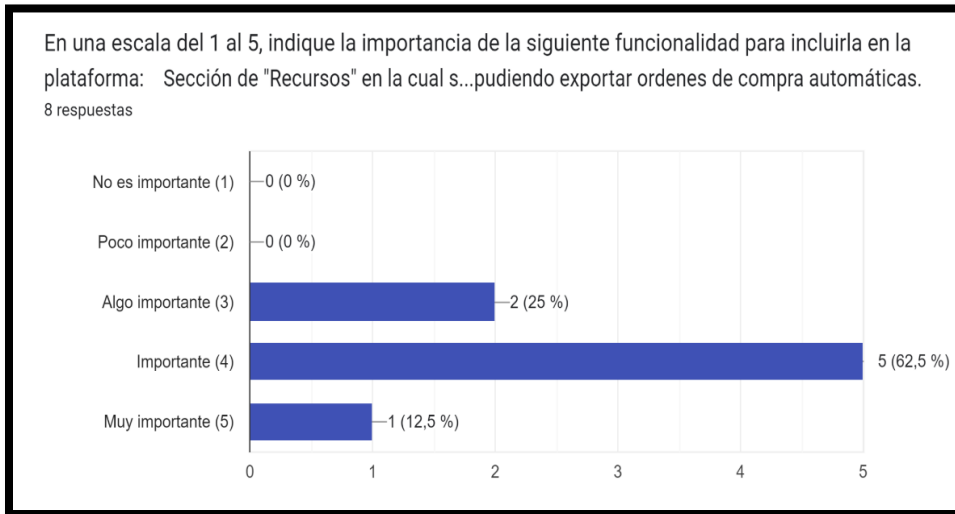


Figura 16. Resultados de la pregunta 1 referente a la funcionalidad de Recursos

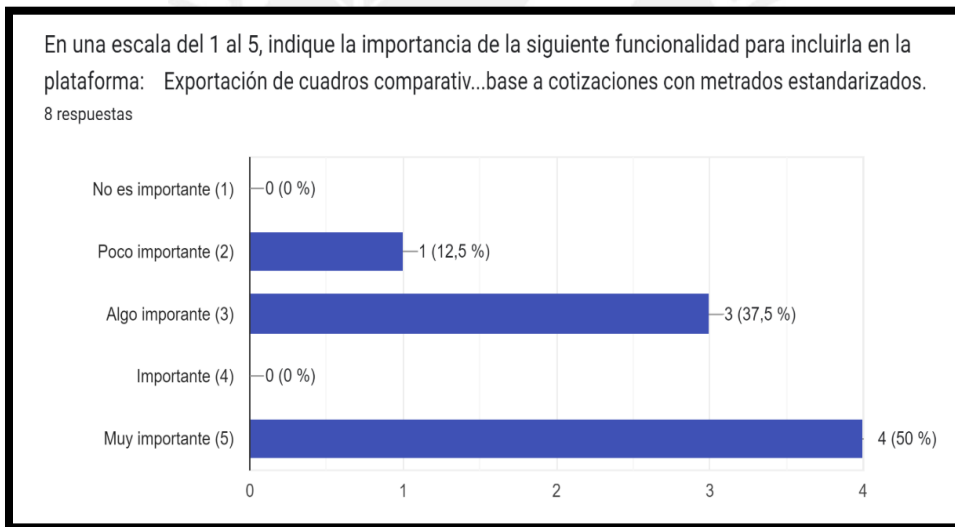


Figura 17. Resultados de la pregunta 2 referente a la funcionalidad de Cuadros comparativos



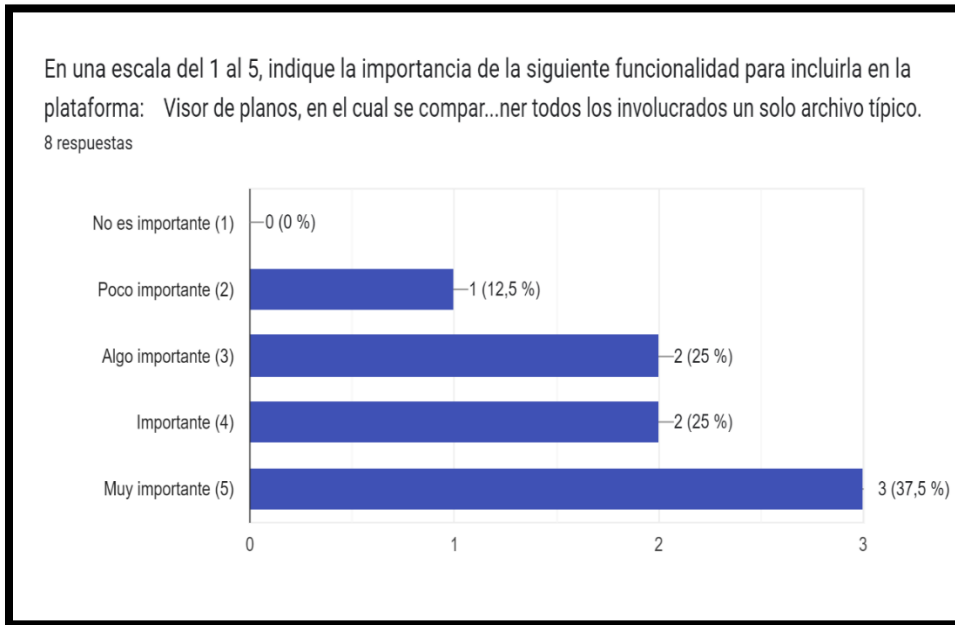


Figura 18. Resultados de la pregunta 3 referente a la funcionalidad de Visor de Planos

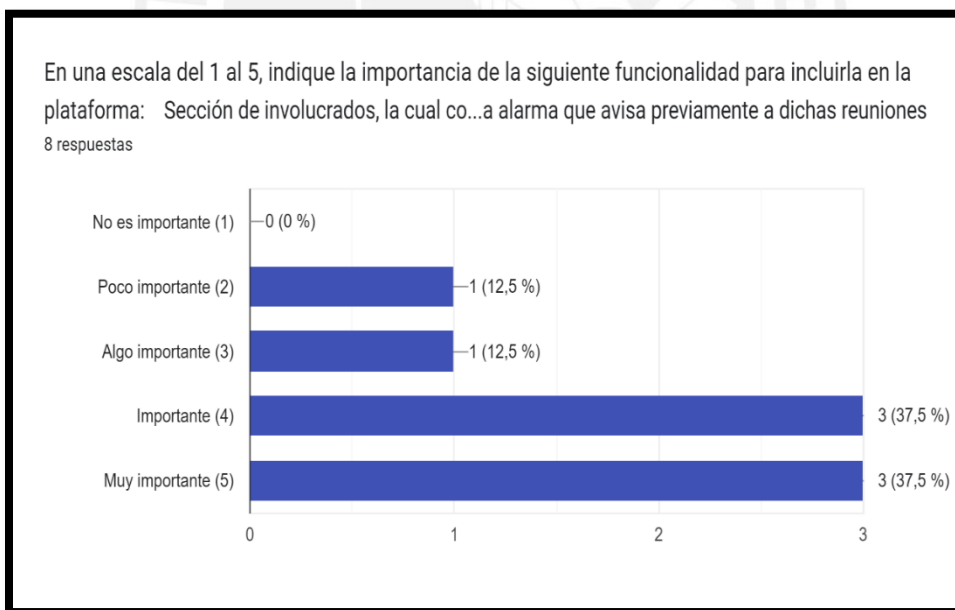


Figura 19. Resultados de la pregunta 4 referente a la funcionalidad de Involucrados

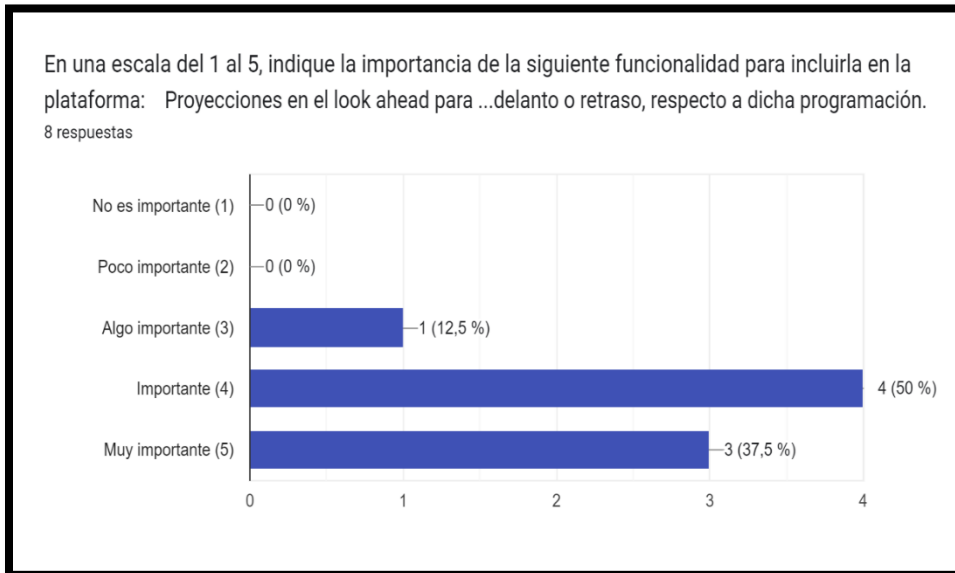


Figura 20. Resultados de la pregunta 5 referente a la funcionalidad de proyecciones del Lookahead

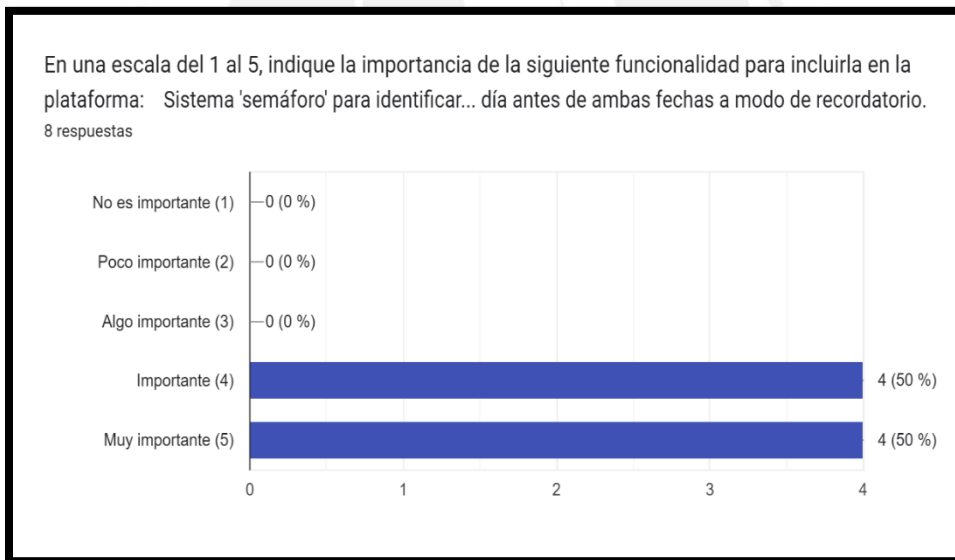


Figura 21. Resultados de la pregunta 6 referente a la funcionalidad del Sistema semáforo en el Análisis de restricciones

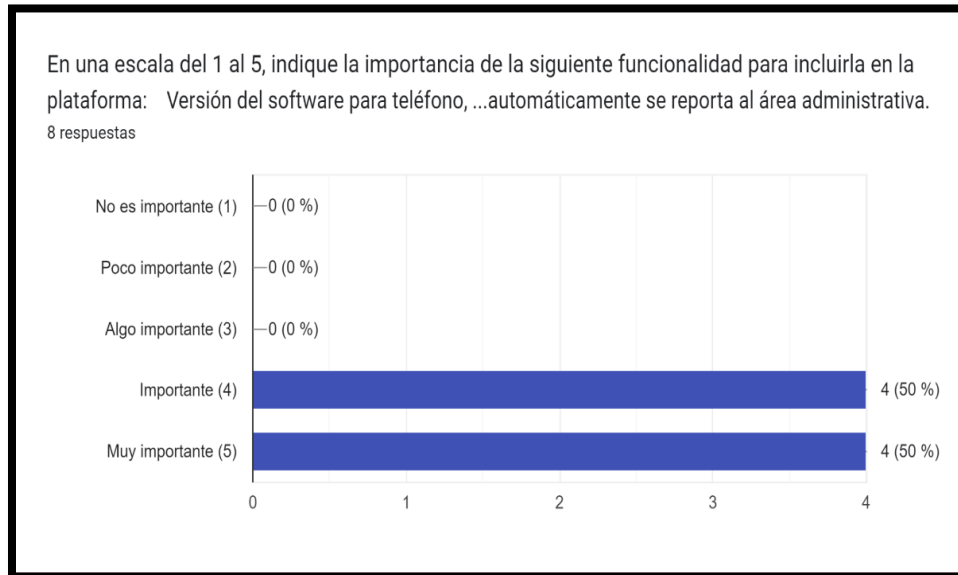


Figura 22. Resultados de la pregunta 7 referente a la funcionalidad del software para teléfono

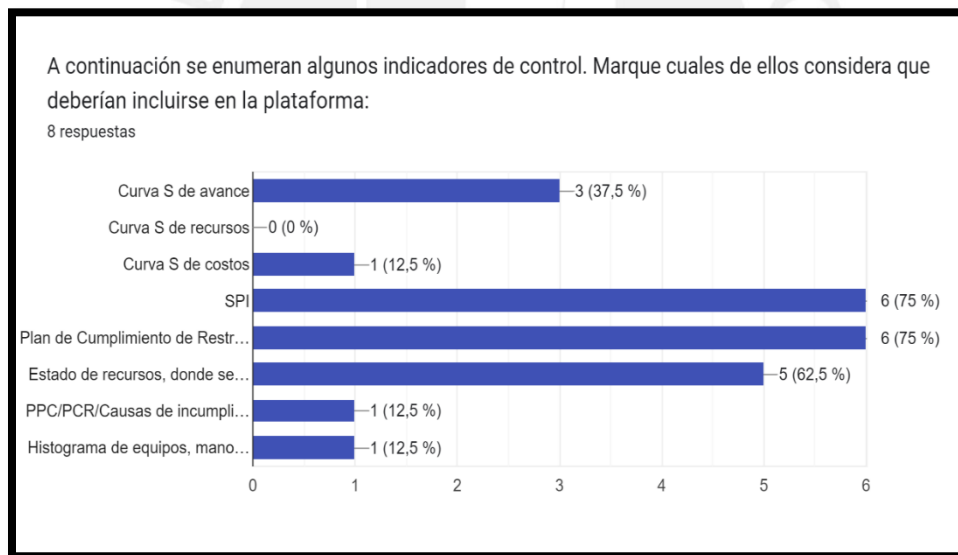


Figura 23. Resultados de la pregunta 8 referente a los indicadores de control incluibles en la plataforma

Asimismo, se muestra un cuadro resumen de las respuestas obtenidas para las preguntas 1 a la 7. El criterio que se siguió para interpretar los resultados de la encuesta con la escala de Likert de 5 puntos fue que para las preguntas con respuestas promedio mayores o iguales a 4.0 se consideran como aceptables, mientras que las menores son no aceptables. Esto se plantea con el

objetivo de que las respuestas con promedio entre 3.5 y 4 puedan categorizarse como regulares, y que puedan ser tomados en cuenta como funcionalidades de oportunidad para mejorar la satisfacción al utilizar la plataforma.

Tabla 4. Resultados de la encuesta realizada

Pregunta	1	2	3	4	5	6	7
1 No es importante	0	0	0	0	0	0	0
2 Poco importante	0	1	1	1	0	0	0
3 Algo importante	2	3	2	1	1	0	0
4 Importante	5	0	2	3	4	4	4
5 Muy importante	1	4	3	3	3	4	4
Total de puntos	31	31	31	32	34	36	36
Promedio	3.875	3.875	3.875	4	4.25	4.5	4.5

Fuente propia

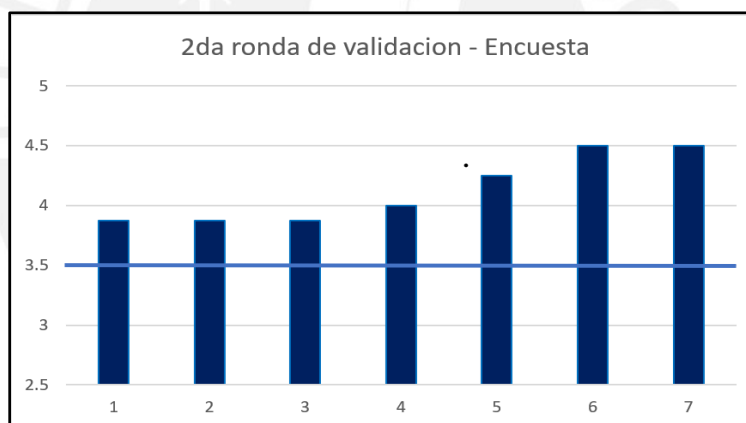


Figura 24. Puntajes promedio por cada pregunta realizada en la encuesta

De acuerdo al análisis, las funcionalidades “aceptables” que los expertos indicaron como más importantes son la versión del software en teléfono para involucrar a los últimos planificadores, el sistema ‘semáforo’ para el análisis de restricciones y las proyecciones de *Lookahead* para ampliar el horizonte de tiempo según los hitos del Plan Maestro. Sin embargo, todas las respuestas promedio excedieron el valor de 3.5, por lo que todas ellas serán tomadas en cuenta para su implementación en la plataforma, con el fin de mejorar la experiencia.

Para finalizar, de acuerdo a los resultados de la pregunta 8, los Indicadores de Control que deberíamos incluir en la plataforma son, además del PPC y las CNC, al SPI, al Plan de Cumplimiento de Restricciones y al Estado de Recursos.



## **CAPÍTULO 4: PLANTEAMIENTO DE UNA PLATAFORMA DIGITAL COLABORATIVA BASADA EN EL *LAST PLANNER SYSTEM* A UN CASO DE ESTUDIO**

### **4.1. Información general del caso de estudio**

Debido a los criterios de confidencialidad por parte de la empresa que accedió a brindar información de uno de sus proyectos para la presente investigación, se ha establecido por asignarle el nombre de “empresa inmobiliaria” para referirnos a ella.

De acuerdo con Miranda (2012) se señala que la empresa inmobiliaria que forma parte del caso del estudio se define como una **constructora inmobiliaria** ya que se dedica a la compra de propiedades y/o terrenos con la capacidad de construir edificios de vivienda multifamiliar para la posterior venta de los mismos. Cuenta además con un staff de ingeniería para la supervisión de sus proyectos, así como departamento comercial para el área de ventas.

Esta definición adoptada por los autores de esta investigación se basa en los alcances brindados por uno de los responsables de sus proyectos en ejecución. A continuación, se describe el proyecto que se utilizará como caso de estudio para la presente investigación:

El proyecto se encuentra ubicado en la Av. Aramburú N° 386, en el distrito de Surquillo, provincia y departamento de Lima. Este proyecto dispone de un terreno con un área total de 816 m<sup>2</sup>, el cual ha sido concebido para la construcción de un edificio multifamiliar teniendo en cuenta las normas establecidas por el Reglamento Nacional de Edificaciones, así como de los parámetros urbanísticos del mismo. Este edificio considera un área total construida de 12, 992.25 m<sup>2</sup> con un área libre de 327.45 m<sup>2</sup> que se destina para uso común de los propietarios. En relación a las estructuras de este proyecto se ha considerado una estructura aporricada de concreto armado con elementos de rigidez

lateral en ambas direcciones. Estos elementos como placas, columnas y vigas han sido vaciados con concreto premezclado cumpliendo las resistencias de diseño de las especificaciones técnicas.

Este proyecto de viviendas multifamiliar cuenta con 134 departamentos y 01 local comercial en el primer piso con un acceso independiente. Estos departamentos han sido distribuidos a partir del piso 2 al piso 19 con una cantidad de 7 departamentos por piso, y en el último piso se contemplan 08 departamentos. A continuación, se muestra la distribución por tipo de departamento en cada nivel del edificio:

Tabla 5. Distribución de departamentos por piso del edificio multifamiliar del caso de estudio

NIVEL	LOCAL COMERCIAL	DPTO 01	DPTO 02	DPTO 03	DPTO 04	DPTO 05	DPTO 06	DPTO 07	DPTO 08
1° PISO	66.95								
2° PISO		73.65	68.24	56.04	67.14	54.68	40.17	56.59	
3° PISO		73.65	68.24	56.04	67.14	54.68	40.17	56.59	
4° PISO		73.98	67.91	56.04	67.14	54.68	40.17	56.59	
5° PISO		73.75	67.91	55.64	67.14	54.68	40.17	56.59	
6° PISO		73.65	68.24	56.04	67.14	54.68	40.17	56.59	
7° PISO		73.65	68.24	55.64	67.14	54.68	40.17	56.59	
8° PISO		73.98	67.91	56.04	67.14	54.68	40.17	56.59	
9° PISO		73.75	67.91	55.64	67.14	54.68	40.17	56.59	
10° PISO		73.65	68.24	56.04	67.14	54.68	40.17	56.59	
11° PISO		73.65	68.24	56.04	67.14	54.68	40.17	56.59	
12° PISO		73.98	67.91	56.04	67.14	54.68	40.17	56.59	
13° PISO		73.75	67.91	55.64	67.14	54.68	40.17	56.59	
14° PISO		73.65	68.24	56.04	67.14	54.68	40.17	56.59	
15° PISO		73.65	68.24	55.22	61.44	54.68	40.04	56.75	
16° PISO		73.98	67.91	55.62	61.44	54.68	40.04	56.75	
17° PISO		73.75	67.91	55.22	61.44	54.68	40.04	56.75	
18° PISO		73.65	68.24	55.62	61.44	54.68	40.04	56.75	
19° PISO		73.65	68.24	41.16	61.44	54.68	40.04	56.75	
20° PISO		46.63	42.18	40.43	59.80	61.45	54.68	40.04	47.14
Aires									
CTO DE MAQUINAS									
<b>SUBTOTAL (sobre nivel 0)</b>		<b>19</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>1</b>

Fuente: D. Verán, comunicación personal, 2022.

Asimismo, este proyecto contempla en base a la normativa vigente del RNE como mínimo 45 estacionamientos en base a la cantidad de viviendas; teniendo en cuenta ello, se ha dispuesto

de 99 estacionamientos distribuidos en 04 sótanos. Adicionalmente, se ha considerado la distribución de estacionamientos de bicicletas tanto en el sótano 1 como en el piso 1.

#### 4.2. Diagnóstico de planificación del caso de estudio

De acuerdo a la información brindada por la constructora inmobiliaria, se muestra la organización que maneja esta empresa en la construcción de sus edificaciones residenciales, comerciales, corporativas y hoteleras.

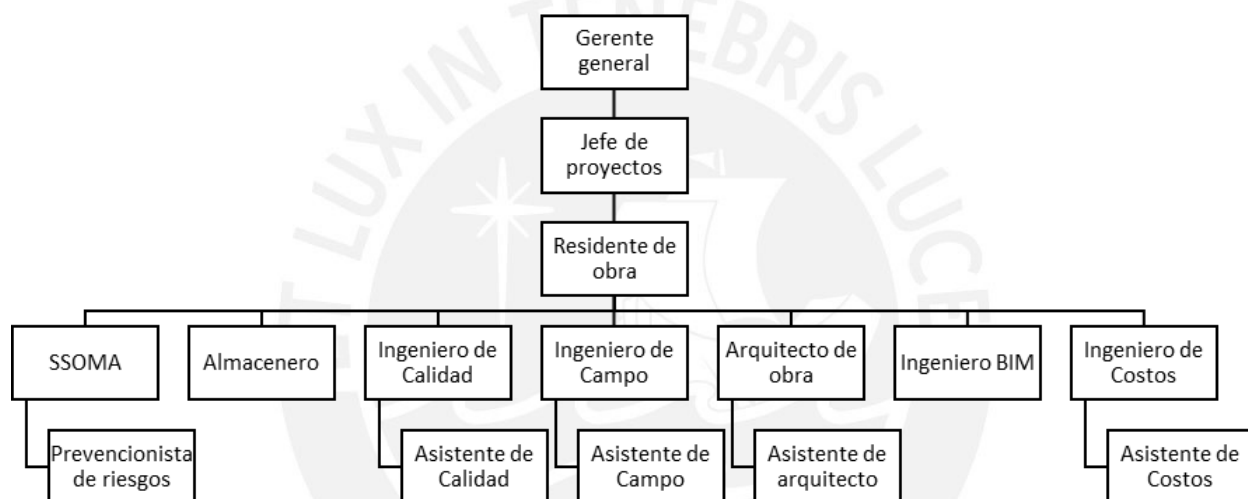


Figura 25. Organigrama de trabajo de empresa constructora que forma parte del caso de estudio Tomado de D. Verán, comunicación personal, 2022.

Se puede observar de la figura 25, la organización interna de la **constructora inmobiliaria**, la cual es dirigida por el **Gerente General**. Esta persona resulta ser el máximo responsable dentro de esta organización, el cual se encarga de velar por la planificación, organización, dirección y análisis de resultados para la empresa. Posteriormente, se observa que este gerente se apoya mediante un **Jefe de proyectos** quien se encarga de dirigir a los equipos de trabajo, teniendo como funciones principales: determinar los objetivos, crear un plan de procesos, monitoreo de tareas y progresos, facilitar soluciones, entre otros (Aicad, 2021). Luego, esta persona trabaja directamente con el **Residente de Obra** quien dirige la ejecución de una obra en conformidad de los planos y



especificaciones técnicas del proyecto. Dentro de sus funciones se consideran tales como verificar el cronograma de obra, controlar la calidad del proceso constructivo, verificar el cumplimiento de la normativa en la seguridad y salud de trabajadores, entre otros. Este último tiene a su cargo diferentes áreas, comenzando por el área de **SSOMA** que refiere a la Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente. Esta área tiene como objetivo prevenir y controlar los riesgos que implica una obra. Asimismo, se tienen también al **Ingeniero de Calidad** con su asistente correspondiente quienes velan por la calidad de las diferentes partidas ejecutadas durante la obra. Estos realizan la liberación de partidas mediante protocolos establecidos por el Sistema de Gestión de la Calidad. Adicionalmente, se considera al **Ingeniero de Campo** con su asistente correspondiente quienes se encargan de la planificación de obra en conjunto con el Residente de obra, y estos a su vez coordinan directamente con los capataces y contratistas involucrados del proyecto. Además, se menciona al **Ingeniero BIM** quien se encarga de representar la obra en un modelo en 3D para brindar el soporte a las diferentes especialidades del proyecto con la finalidad de resolver incompatibilidades en el diseño del proyecto (BIMND,2019). Finalmente, se considera un **Ingeniero de Costos** con su asistente correspondiente quienes se encargan de obtener los metrados de las diferentes partidas del proyecto, cotizaciones con contratistas y gestión de los requerimientos de equipos y materiales para la obra.

De esta manera, tomando en cuenta el organigrama establecido para la ejecución del proyecto mencionado, se procederá a mostrar cómo esta constructora gestiona su planificación y qué elementos considera necesarios:

En primer lugar, se menciona que dentro de esta obra se está utilizando la herramienta *last planner system* como parte de su sistema de gestión y planificación. Para ello, el Residente de obra en conjunto con el Jefe de Proyecto establecen el Plan Maestro en base a la fecha final de entrega

del proyecto. Cabe mencionar que la entrega de este proyecto se realizará con anticipación a la inmobiliaria para revisiones y pruebas correspondientes, y así entregar los departamentos a los usuarios finales. A continuación, se muestra el Plan Maestro de esta obra, el cual se ha realizado mediante el uso del programa MS Project:

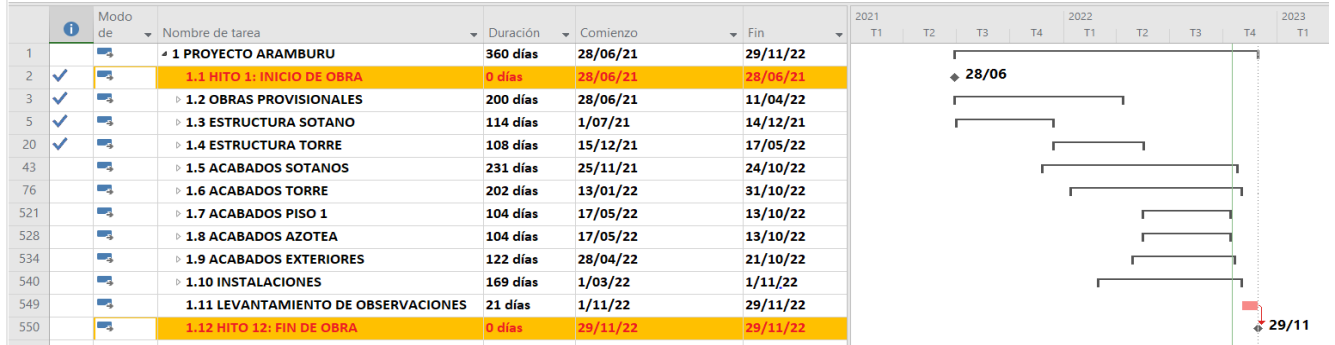


Figura 26. Plan maestro del caso de estudio

Tomado de D. Verán, comunicación personal, 2022.

En relación con la figura 26, se puede observar las principales fases de la construcción de este proyecto, así como las fechas de inicio y de término de cada fase. A continuación, se muestra a detalle una de las fases de construcción de la estructura del edificio:

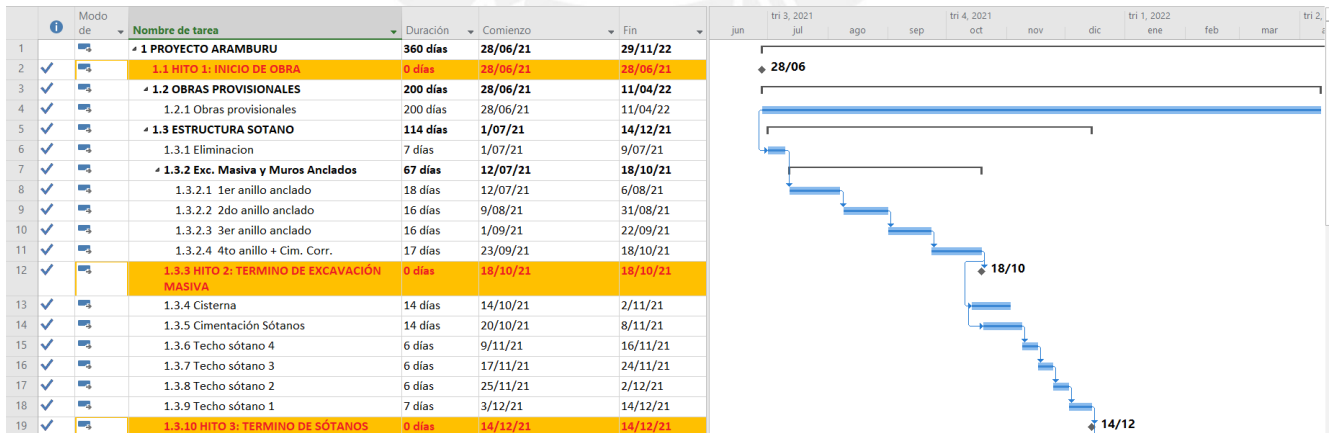


Figura 27. Fase de obras provisionales y estructura del sótano del caso de estudio

Tomado de D. Verán, comunicación personal, 2022.

En relación con la figura 27, se observa las diferentes partidas involucradas en estas fases, tales como la eliminación, anillos anclados, cisternas, cimentaciones y techos de sótanos. Asimismo, dentro de esta programación se consideran hitos intermedios como indicadores principales de avance de obra, tales como término de excavación masiva y término de sótanos. De manera análoga, se ha programado la estructura de la torre, teniendo como referencia el techo de cada nivel.

Posteriormente, teniendo en referencia lo indicado en el Plan Maestro, el Residente de la obra en conjunto con todo el staff de la obra, han elaborado la proyección intermedia o *lookahead*, en la cual se muestra a mayor detalle las actividades de las diferentes partidas, tal cual se muestra a continuación:

Tabla 6. Programación intermedia o *lookahead* en etapa del casco del edificio del caso de estudio

Descripción Semana del Año Semana de Obra Fecha	Resp.	Oct-21																														
		Semana 41 Semana 19							Semana 42 Semana 20							Semana 43 Semana 21							Semana 44 Semana 22									
		04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
Concreto de Losa	vyv			CIS-1,2						Cis-4			Cis-3																			
Acero Verticales	CHI		S4SA	S4SA						S4SC	S4SD	S3SA	S3SB				S3SA	S3SB	S3SC	S3SD				S3SD		S2SA	S2SB					
Colocación de IIEE/IISS	vyv			S4SA						S4SB	S4SC	S4SD	S3SA			S4SD	S4SD	S3SA	S3SB	S3SC				S3SC		S3SD	S2SA					
Encofrado Verticales	KMS				S4SA					S4SB	S4SC	S4SD	S3SA			S4SD	S4SD	S3SA	S3SB	S3SC				S3SC		S3SD	S2SA					
Concreto Verticales	vyv				S4SA					S4SA	S4SB	S4SC	S4SD	S3SA			S4SD	S4SD	S3SA	S3SB	S3SC				S3SC		S3SD	S2SA				
Encofrado de fondo y 1 costado de vigas	KMS									S4SA	S4SB	S4SC	S4SD			S4SC	S4SC	S4SD	S3SA	S3SB				S3SB		S3SC	S3SD					
Acero de Vigas	CHI									S4SA	S4SB	S4SC	S4SD			S4SC	S4SC	S4SD	S3SA	S3SB				S3SB		S3SC	S3SD					
Encofrado Para recibir Pre Losa	KMS									S4SA	S4SB	S4SC	S4SD			S4SC	S4SC	S4SD	S3SA	S3SB				S3SB		S3SC	S3SD					
Envío de Material a ENTRE PISOS	EPLIMA		S4SD	S3SA	S3SB					S3SC	S3SD	S2SA	S2SB	S2SC			S2SD	S1SA	S1SB	S1SC	S1SD				S1SB		S1SC	S1SD				
Orden de Pedido de Pre-Losa	EPLIMA				S4SA					S4SB	S4SC	S4SD	S3SA	S3SB			S3SC	S3SD	S2SA	S2SB				S2SB		S3SA	S3SB	S3SC				
Colocación de Prelosa	EPLIMA											S4SA					S4SB	S4SC	S4SD	S3SA						S3SA	S3SB	S3SC				
Colocación de IIEE/IISS/ Gas	CALIDA												S4SA				S4SB	S4SC	S4SD	S3SA						S3SA	S3SB	S3SC				
Acero de losa	CHI												S4SA				S4SB	S4SB	S4SC	S4SD						S4SD	S3SA	S3SB				
Concreto de Losa	vyv												S4SA			S4SA		S4SB	S4SC	S4SD						S4SD	S3SA	S3SB				
Trepante de Unicon	UNICON																															
Trepante de GALIGRU	GALIGRU																															

Fuente: D. Verán, comunicación personal, 2022.

En relación a la tabla 6, se observa las diferentes actividades dentro de la fase de casco de estructuras, las cuales siguen un tren de trabajo establecido por el Ingeniero de Campo en coordinación con el Residente de obra. De tal manera, las actividades señaladas muestran el proceso constructivo, en la cual se le asigna al responsable de cada partida, por ejemplo, los subcontratistas CHI y KIMS se encargan de las partidas de acero y encofrado respectivamente.

Asimismo, se observan las diferentes restricciones en relación a la partida de Colocación de prelosas, dado que se requiere la Orden de Pedido y el funcionamiento adecuado de la grúa torre para el izaje de estos elementos prefabricados. Adicionalmente, se observa la sectorización trabajada para la etapa de casco en los diferentes niveles del edificio. A continuación, se muestra la sectorización con la cual trabajaron en esta etapa del proyecto:

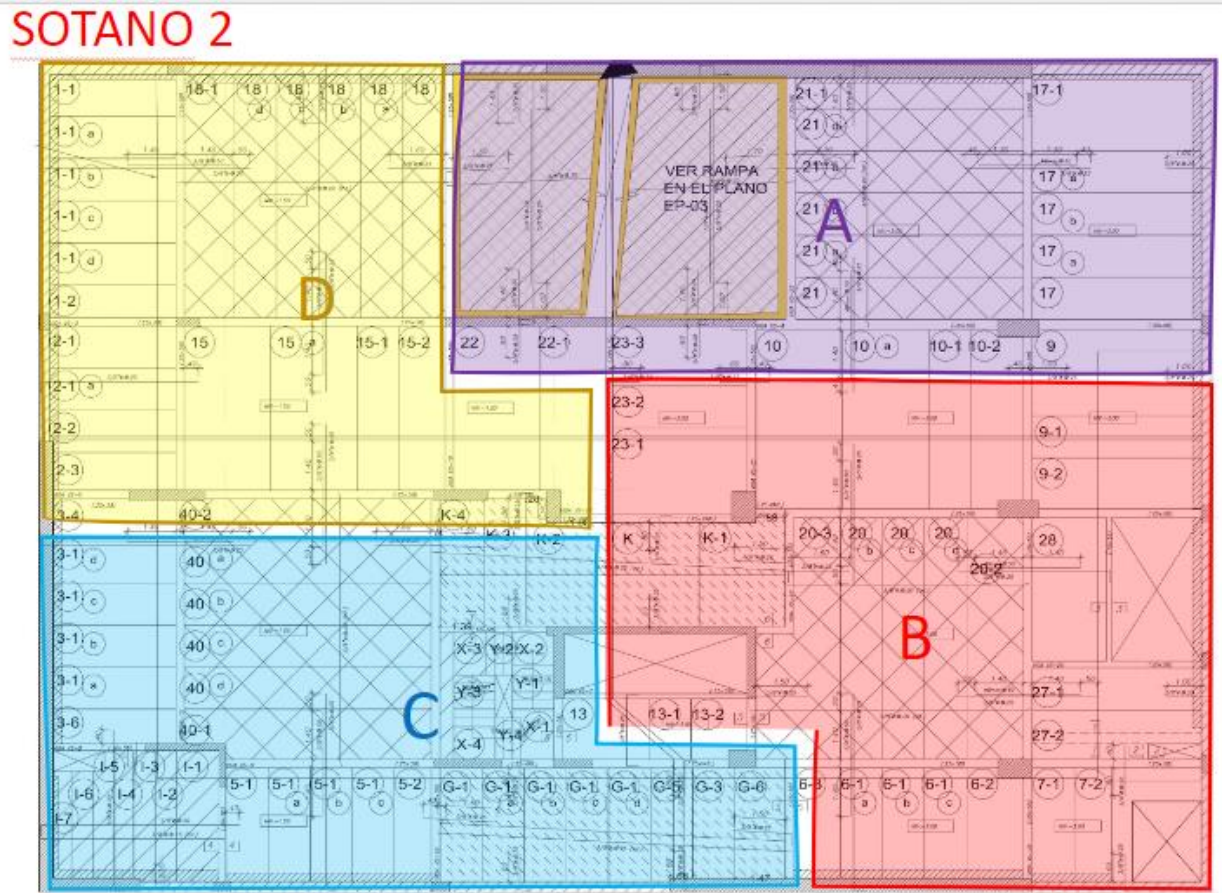


Figura 28. Sectorización del sótano 2 para elementos verticales y horizontales del caso de estudio Tomado de D. Verán, comunicación personal, 2022.

En relación a la figura 28, se observa la sectorización trabajada para la construcción del casco de estructuras, la cual se ha obtenido mediante la división de volúmenes de trabajo para las principales partidas como lo son acero, encofrado y concreto. Cabe mencionar que esta

sectorización se fija con el objetivo de utilizar los recursos como lo son mano de obra y materiales de modo eficiente cumpliendo con los estándares de seguridad.

Luego, del *lookahead* trabajado por el equipo de obra en conjunto con la participación de los subcontratistas, se extraía la programación semanal, la cual incluía diversas actividades de las diferentes partidas. En este caso, se procedía a trabajar de manera física mediante papelotes en una sala de producción, en la cual se observaba las partidas involucradas para la semana de trabajo, y esta información se dirigía a los subcontratistas y capataces por parte del Ingeniero de Campo, y toda esta información se procesaba a un formato en Excel como se muestra a continuación:

Tabla 7. Programación semanal (semana 11) del caso de estudio

NOMBRE DE PROYECTO:		ARAMBURU 836					FECHA:		16/8/2021				
UBICACION:		Av. Aramburu N°836, Surquillo, Lima					N° DE HOJA:		3				
Description de la Actividad	SEMANA 44						ANÁLISIS DE INCUMPLIMIENTO						
	L	M	Mi	J	V	S	SI	NO	TIPO	CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA		
Excavación 3er anillo - 2,454 m <sup>3</sup> m <sup>3</sup> (185 volquetes)					X			X	sc	Como no se pudo vaciar el paño 302 el día sábado se tuvo que modificar la secuencia de vaciado. Impidiendo que se pueda iniciar la eliminación de material la semana 49	Se continúa el vaciado de muros anclados. Pero se re-programo el inicio de eliminación para el día Lunes		
Muros Anclados 3er Anillo	2						X						
Muros Anclados 3er Anillo		2					X						
Muros Anclados 3er Anillo			3				X						
Muros Anclados 3er Anillo				3			X						
Muros Anclados 3er Anillo					3		X						
Tensado de anclaje de muros	5							X	sc				
Quinto Pedido de Acero					X			X					
Demolición de Cachimbas en Muros Anclados	2							X	sc	El día sábado no se vacio el Paño 302 de forma completa por tardanza de los mixers de UNIDON. Lo cual hizo que no estuviere lista la cachimba y se mantenga el encofrado	Se tuvo que continuar el vaciado el día lunes postergando el desencofrado y la demolición de cachimba para el día martes		
Demolición de Cachimbas en Muros Anclados		2						X					
Demolición de Cachimbas en Muros Anclados			2					X					
Demolición de Cachimbas en Muros Anclados				3				X					
Demolición de Cachimbas en Muros Anclados					3			X					
Calicula para averiguar estratos de suelo para el 4to sotano								X					
Entrega de tramite para permiso de cierre vias a la municipalidad para la colocación de la grua torre								X					
Ingreso del pedido de ampliación de carga a la municipalidad								X					
<b>ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD SEMANAL (EN %)</b>								<b>20</b>	<b>7</b>				
								74%	28%				

Fuente: D. Verán, comunicación personal, 2022.

En relación a la tabla 7, se observan las diferentes actividades que se extraen del *lookahead* posterior a la liberación de las restricciones. En esta planificación se observa que se incluye el metrado programado, así como el metrado ejecutado, de esta manera poder observar el rendimiento

que se cuenta en las partidas trabajadas durante la semana. Asimismo, se observa el PPC de la semana que en este caso fue de 74%. Adicionalmente, se muestran las Causas de No Cumplimiento, y las medidas correctivas adoptadas para completar las actividades programadas. Este trabajo se realizó durante todas las semanas de ejecución del proyecto, en las cuales se obtenían métricas sobre el PPC y Causas de No cumplimiento con el objetivo de lograr el aprendizaje y mejora continua del proceso constructivo. A continuación, se muestra la gráfica de PPC en las diferentes semanas del proyecto:

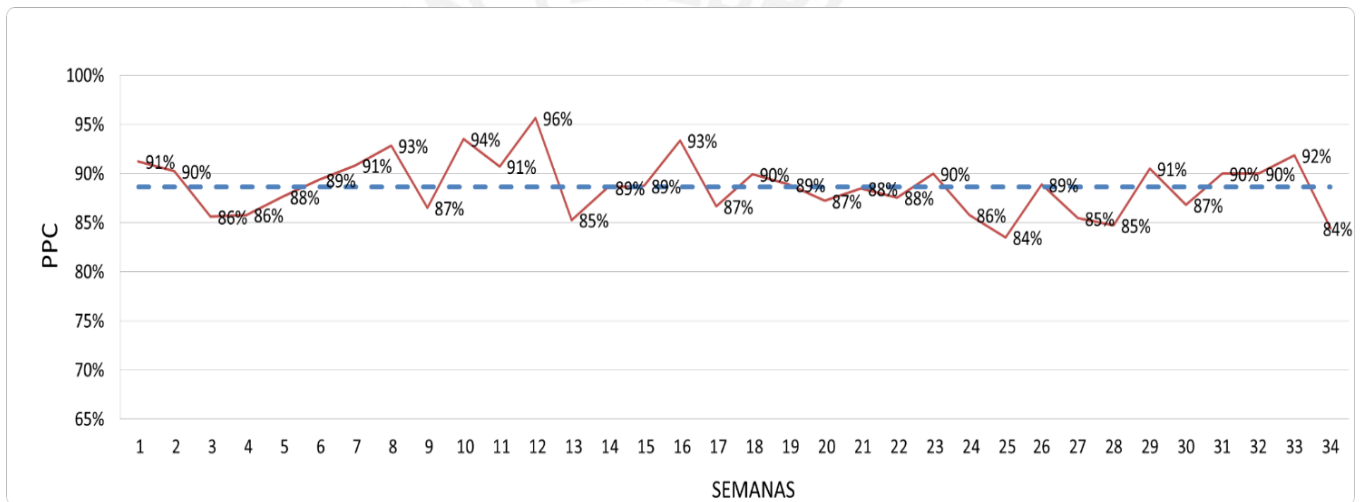


Figura 29. Evolución del Porcentaje de Plan Completado semanal (PPC) del caso de estudio

Tomado de D. Verán, comunicación personal, 2022.

De acuerdo con la figura 29 se observa que en algunas semanas se tuvieron PPC superiores al 90%, lo cual representa un adecuado cumplimiento de las tareas programadas. De la gráfica mostrada se puede deducir que se tuvo un PPC promedio de 89%. Sin embargo, en otras semanas no se logró mantener esta tendencia debido a diferentes Causas de No Cumplimiento. A continuación, se muestran los tipos de CNC que estandarizaron en esta obra:



## CATÁLOGO DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO

PROGRAMACION (PROG)	LOGISTICA (LOG)	CONTROL DE CALIDAD (QA/QC)	EXTERNOS (EXT)
Todas las causas que implican: *Errores o cambios en la programación. *Inadecuada utilización de las Herramientas de Programación. *Mala asignación de recursos. *Cualquier restricción que no fue identificada de manera oportuna.	Todas las causas que implican: *Falta de equipos, herramientas o materiales en obra, que han sido requeridos oportunamente por Producción.	Todas las causas que implican: *La entrega oportuna de información a producción (planos, procedimientos, etc.) *Cambios o errores en la ingeniería durante el desarrollo de las actividades del Plan Semanal.	Todas las causas que implican: *Retrasos por razones climáticas extraordinarias. *Eventos extraordinarios como marchas sindicales sin previo aviso, huelgas, accidentes, etc.
CLIENTE/SUPERVISIÓN (CLI)	ERRORES DE EJECUCIÓN (EJEC)	SUBCONTRATAS (SC)	
Todas las causas que implican Responsabilidad del Cliente (Falta de información, cambio de prioridades, cambios o errores en la ingeniería, falta de liberación de estructuras, etc.).	Se consideran las causas que corresponden a atrasos debido a retrabajos en el proceso constructivo, es decir que por errores de ejecución no se pudieron cumplir otras actividades programadas.	En este punto se consideran todas las causas de incumplimiento relacionadas a la falla en la entrega de algún recurso subcontratado o al atraso debido al no cumplimiento de alguna labor encargada a una subcontrata.	
EQUIPOS (EQ)	ADMINISTRATIVOS (ADM)		
Todas las causas que implican averías o fallas en los equipos que no permitieron el cumplimiento de las actividades del Plan Semanal. Están incluidos los mantenimientos no programados de equipos.	Todas las causas que implican: *No llegada del personal especializado (incluido subcontratos). *Falta de permisos y licencias.		

Figura 30. Tipos de Causas de No Cumplimiento del caso de estudio

Tomado de D. Verán, comunicación personal, 2022.

De esta manera en la programación semanal, se clasificaba el tipo de CNC por el cual la actividad programada no lograba ser cumplida al 100%. Por lo tanto, se obtuvieron reportes como el siguiente de las principales CNC del proyecto:

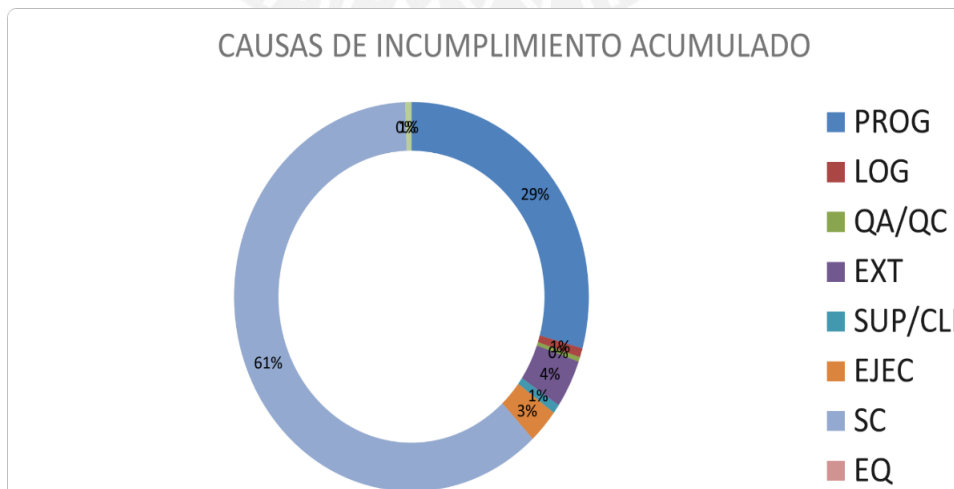


Figura 31. Causas de No Cumplimiento acumuladas del caso de estudio

Tomado de D. Verán, comunicación personal, 2022.

En relación a la figura 31, se observa que la principal CNC durante la ejecución de este proyecto es por la participación de los subcontratistas (SC) con un 61%, los cuales fallaron en el cumplimiento de sus compromisos en la semana previa en la reunión semanal con el Ingeniero de Campo y Residente de Obra. Seguido a ello, se considera un 29% a la programación (PROG), esto podría deberse a una mala asignación de los recursos, restricciones que no fueron liberadas a tiempo, entre otros.

En suma, con lo obtenido en el PPC y CNC de cada semana, el staff de la obra en conjunto con los subcontratistas y capataces revisaban estos indicadores en las reuniones semanales, y en base a ello poder tomar decisiones respecto al avance ejecutado; con la finalidad de poder lograr la mejora continua con la participación de todos los involucrados.

#### **4.3. Esquema de plataforma digital colaborativa basada en *last planner system***

Teniendo como base a los resultados de las entrevistas y encuestas, así como la información recibida del caso del estudio, se plantea el esquema de la plataforma digital colaborativa **Planifica**. En esta interfaz principal se observa una barra de herramientas dividida en 4 opciones: **Inicio**, **General**, **Visor DWG e Involucrados**. Dentro de la pestaña de Inicio se tiene también a 4 elecciones, las cuales corresponden a las diferentes etapas de la planificación del *last planner*, **Plan Maestro**, **Lookahead** y **Plan Semanal**, así como la opción de **Indicadores y Estadísticas** para observar las analíticas en tiempo real y presentarlas ante los involucrados en el proyecto en las reuniones de planificación semanales. Dentro de la pestaña General se muestran diferentes funcionalidades. Los **Datos Generales del Proyecto** permiten presentar la obra sobre la cual se está trabajando; la opción de **Recursos** permite al **administrador de obra** registrar y solicitar nuevos recursos a los diferentes proveedores que la empresa tenga, así como al **almacenero** ver el



listado de recursos disponibles en obra. La funcionalidad de **Staff Responsable** permite ingresar a los diferentes involucrados del proyecto, creando su contacto en la pestaña de **Involucrados**, lo cual se verá más adelante. La opción de **Especialidades** permite ingresar metrados estandarizados de las diferentes especialidades del proyecto, con el objetivo de poder recibir cotizaciones estandarizadas de los diferentes postores y que la plataforma genere automáticamente cuadros comparativos para su exportación.



Figura 32. Interfaz principal de la plataforma

Inicio **General** Visor DWG Involucrados

Datos generales del proyecto



Datos generales del proyecto	
Cliente	Grupo Inmobiliario Brocksa SAC
Nombre del proyecto	Céntrica
Ubicación del proyecto	Dean Saavedra 120, San Miguel
Plazo de ejecución	330 días calendario
Fecha de inicio	15/04/2022
Fecha de culminación de obra	11/03/2023
Numero de sótanos y pisos	1 sótano y 8 pisos

Figura 33. Datos generales del proyecto desde la pestaña General

Inicio **General** Visor DWG Involucrados

Datos generales del proyecto

Recursos

Recursos existentes    Ingresar nuevos recursos    Solicitar recursos

Buscar:

Codigo	Artículo	Unidad	Cantidad
000185	Codo de 1/2" x 45° CPVC	und	300
000490	UPR 1/2" CPVC	und	250
000137	Tee 1/2" CPVC	und	200
000138	Union 1/2" CPVC	und	200
000420	Pegamento Oatey naranja 1/4	und	10

Codigo	Artículo	Unidad	Proveedor	Costo unitario
000185	Codo de 1/2" x 45° CPVC	und	Sodimac	1.02

Codigo	Artículo	Unidad	Cantidad	Proveedor
000185	Codo de 1/2" x 45° CPVC	und	300	Sodimac

Exportar Ordenes de Compra

Figura 34. Funcionalidad de Recursos dentro de la pestaña General

Inicio **General** Visor DWG Involucrados

Datos generales del proyecto

Recursos

Staff responsable

Staff responsable	
Nombre	Carlos Saenz León
DNI	12345678
Cargo que ocupa	Gerente de Proyectos
Empresa	Suarez Q
Numero de contacto	987654321
Correo de contacto	<a href="mailto:carlos.saenz@grupobrocks.com">carlos.saenz@grupobrocks.com</a>

Se crea el contacto en la pestaña "Involucrados"

Figura 35. Ingreso de datos del personal responsable del proyecto

Inicio **General** Visor DWG Involucrados

Metrado

Cotizaciones y cuadro comparativo

Datos generales del proyecto

Recursos

Staff responsable

Especialidades

ITEM	Descripcion	UND	METRADO	ANDRES PUERTA		ARCE CONTRATISTAS		CLAUDIO MELGAREJO	
				PRECIO	PARCIAL	PRECIO	PARCIAL	PRECIO	PARCIAL
01	SISTEMA DE AGUA FRIA			S/	42,640.00	S/	38,974.50	S/	42,440.00
01.01	SALIDA DE AGUA FRIA								
01.01.01	SALIDA AGUA FRIA TUBERIA DE PVC-SAP 1/2"	pto	240	S/	33.00	S/	47.00	S/	48.00
01.02	REDES DE DISTRIBUCION								
01.02.01	TUBERIA PVC, C-10, 1/2"	ml	840	S/	14.00	S/	12.00	S/	12.00
01.02.02	TUBERIA PVC, C-10, 3/4"	ml	70	S/	16.00	S/	14.00	S/	14.00
01.02.03	TUBERIA PVC, C-10, 1"	ml	120	S/	18.00	S/	15.50	S/	16.00
01.02.04	TUBERIA PVC, C-10, 2 1/2"	ml	35	S/	22.00	S/	22.00	S/	18.00
01.02.05	TUBERIA PVC, C-10, 3"	ml	30	S/	24.00	S/	23.40	S/	20.00
01.03	VALVULAS								
01.03.01	VALVULA ESFERICA 1/2"	und	95	S/	40.00	S/	50.00	S/	48.00
01.03.02	VALVULA ESFERICA 3/4"	und	25	S/	50.00	S/	65.00	S/	48.00
COSTO DIRECTO				S/	138,981.00	S/	115,743.50	S/	126,502.00
GG				0%	S/	-	15%	S/	17,361.53
SUB TOTAL				S/	138,981.00	S/	133,105.03	S/	126,502.00
IGV				18%	S/	25,016.58	18%	S/	23,958.90
TOTAL				S/	163,997.58	S/	157,063.93	S/	149,272.36

Exportar Cuadro Comparativo

Figura 36. Cuadros comparativos dentro de la funcionalidad de Especialidades

En la siguiente pestaña está el **Visor DWG**. Esta funcionalidad permite compartir la última versión de los planos en CAD de las diferentes especialidades del proyecto a todos los involucrados presentes en el proyecto. Asimismo, mediante una alerta se reporta si alguno de los involucrados habilitados para editar dichos planos ha realizado actualizaciones. Finalmente, como última funcionalidad adicional de la plataforma se tiene a la pestaña de **Involucrados**. En esta sección se va a tener el listado total del **Staff Responsable** que se ingresó en la pestaña de **General**. La plataforma permite, por un lado, tener conversaciones en tiempo real con los diferentes involucrados del proyecto al estilo de un chat de WhatsApp. Por otro lado, permite planificar y unirse a reuniones de manera similar a la plataforma **Zoom**, con una alarma que se puede programar con anticipación para no olvidarse de ingresar. Finalmente, dentro de las reuniones se brinda una **Pizarra Compartida**, para que cada integrante pueda mostrar sus anotaciones en tiempo real.

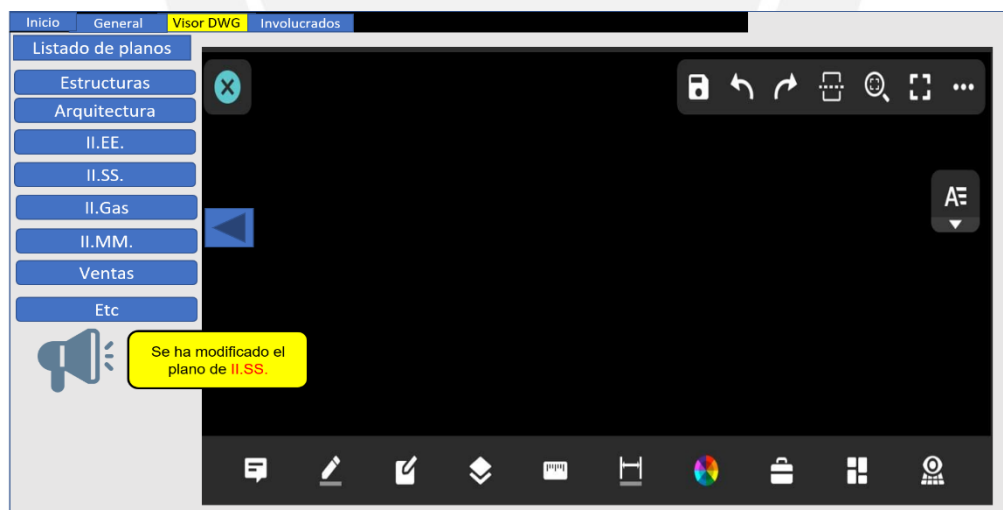


Figura 37. Visor de planos compartido por los diferentes involucrados del proyecto

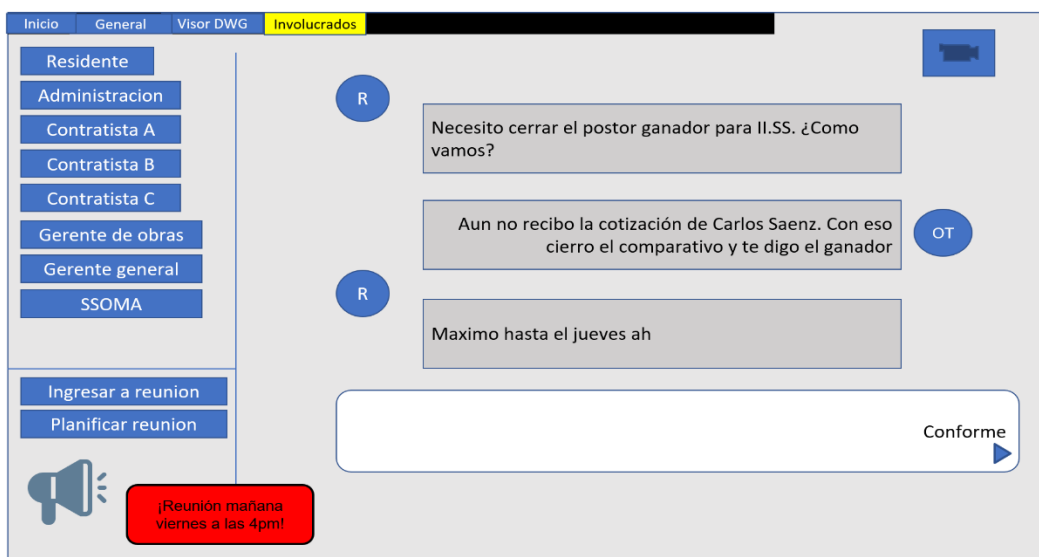


Figura 38. Sección de involucrados de la plataforma

Pasando a la sección de Planificación, tenemos en primer lugar al **Plan Maestro**. Los agentes involucrados que deben ingresar a esta funcionalidad son el **Residente de Obra, el Ingeniero de Producción, el Gerente de Proyectos, y adicionalmente el Planner, el Jefe de OT y el Ingeniero de Calidad/Seguridad/Costos**. De acuerdo a las entrevistas realizadas, obtuvimos que las variables más importantes en la ejecución de esta fase son **los hitos principales, alcance bien definido, ruta crítica de actividades y los buffers de tiempo**. En primer lugar, se organiza un **listado de cada uno de los hitos presentes en el proyecto** y se determina las actividades a realizar entre cada uno de los hitos. En atención a los *buffers* de tiempo, la plataforma permite **gestionar calendarios internos de obra**, destinando los días laborables y los no laborables, limitando las semanas a trabajar únicamente de lunes a viernes con la finalidad de brindar **márgenes de tiempo favorables** durante la ejecución del proyecto. Finalmente, con todo lo antes desarrollado, **la plataforma plasma una ruta crítica de actividades y así determina la holgura**.



Figura 39. Alcance definido del proyecto en base a sus hitos principales

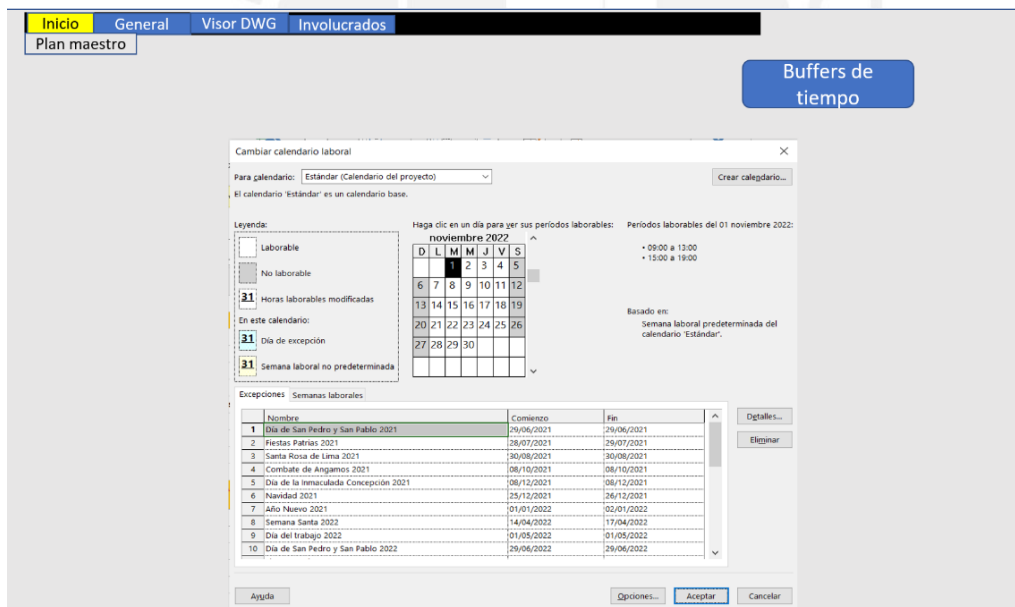


Figura 40. Definición del calendario laboral del proyecto

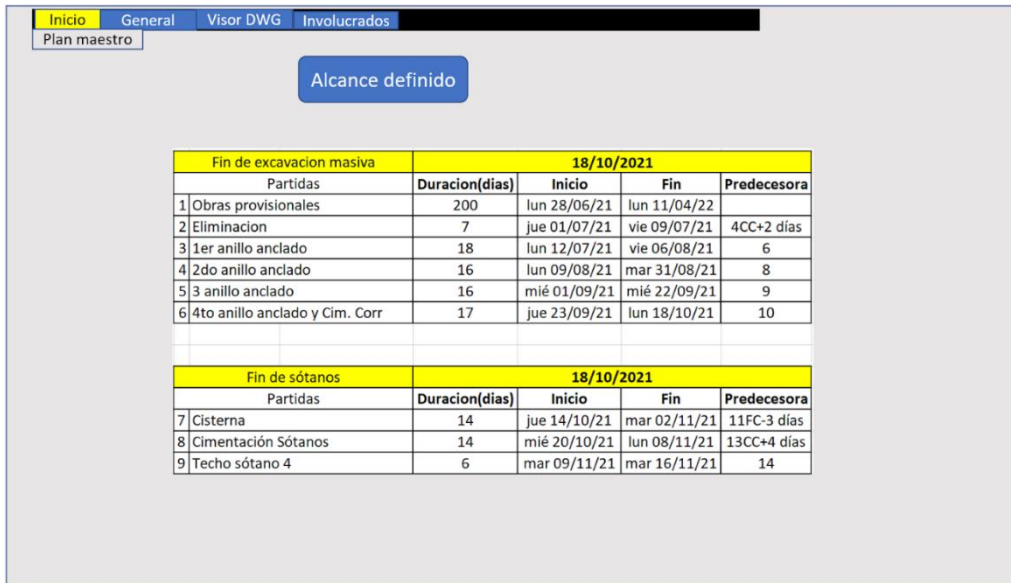


Figura 41. Definición de hitos principales en la plataforma

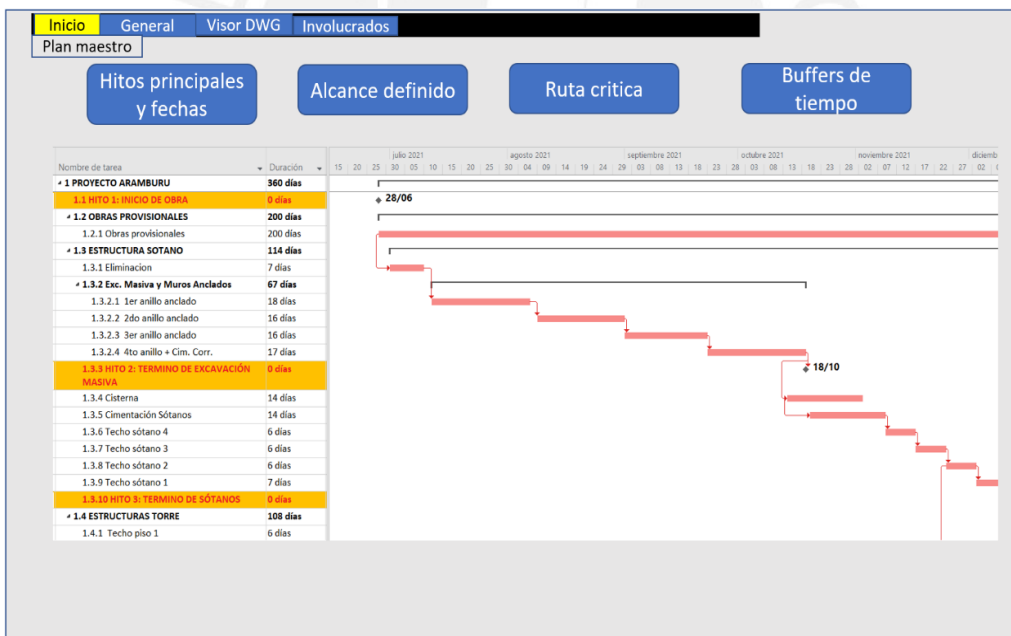


Figura 42. Ruta crítica del proyecto en la plataforma

Posteriormente tenemos la Planificación Intermedia o *Lookahead*. Los agentes involucrados en esta etapa son el **Ingeniero de Producción**, el **Staff de Obra**, los **capataces o maestros**, y los **subcontratistas**. Adicionalmente se pueden incluir al **Residente de Obra**,

**Planner y el Jefe de OT.** De igual forma que en el Plan Maestro, las variables más importantes que se obtuvieron de las entrevistas fueron el **horizonte de tiempo, la sectorización, los trenes de trabajo y el análisis de restricciones**. Atendiendo a los 3 primeros puntos, el *lookahead* debe permitir determinar el horizonte de tiempo de **3 o 4 semanas**, para luego listar las actividades correspondientes con sus **responsables**. Cuando se trasladan dichas actividades a las fechas, se debe permitir registrar los **sectores**, los cuales ya fueron definidos anteriormente, y los **pisos**. La secuencia de actividades, mejor conocido como el **tren de actividades**, se ingresa de manera manual; sin embargo, al pasar las semanas, el software tiene un mecanismo interno de aprendizaje el cual **podrá registrar las actividades automáticamente en base a la data previamente introducida**. Además de lo antes mencionado, de acuerdo a las respuestas recibidas en las entrevistas y encuestas, se consideró óptimo ampliar el horizonte de tiempo a **1, 2 o 3 meses más**, en el cual se muestren los hitos próximos a ejecutarse en dicho periodo de tiempo, así como un **indicador de días de adelanto o retraso que tenemos respecto al Plan Maestro**.

Finalmente, en cuanto al análisis de restricciones, se realiza un registro detallado de cada una de las restricciones en conjunto con sus **condiciones de liberación** (responsable, empresa vinculada, fecha óptima y máxima de liberación), y se añadió un **sistema semafórico** de las fechas de liberación. El sistema alerta un día antes de la **fecha óptima de liberación**, y en caso se libere se marca en el cuadro correspondiente y se refleja un color verde; en caso se realice posterior a la fecha óptima, pero antes de la **fecha máxima**, se reflejará un color amarillo; pero en caso no se libere hasta la fecha máxima, automáticamente se refleja un color rojo. Esto servirá para más adelante mostrar la **confiabilidad de los responsables** en cuanto a liberación de restricciones en el apartado de Indicadores y Estadísticas.



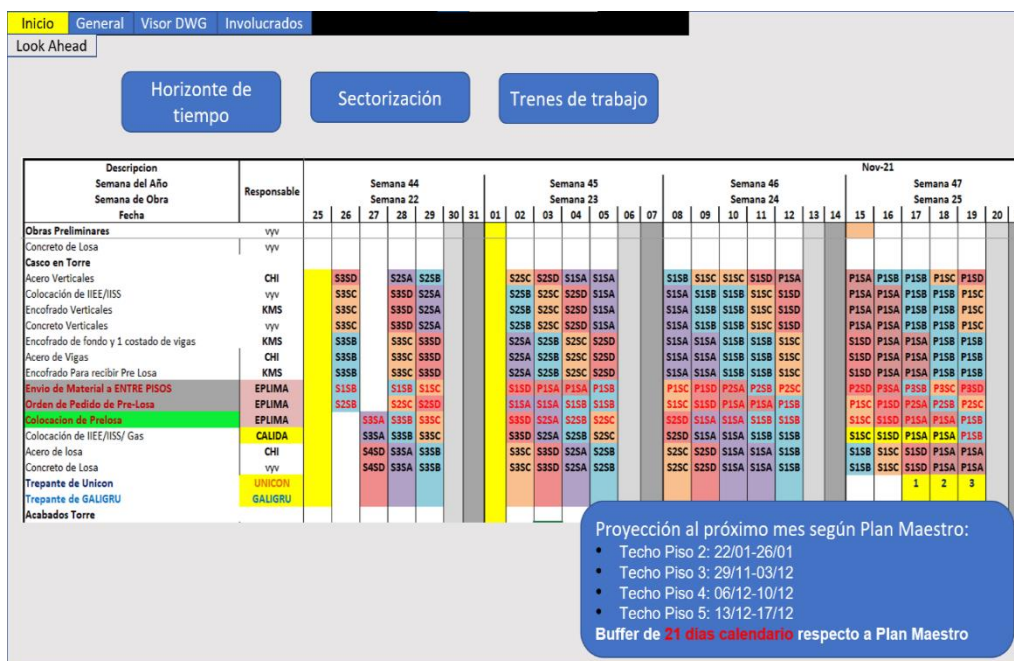


Figura 43. Vista general de la programación del *lookahead* en la plataforma

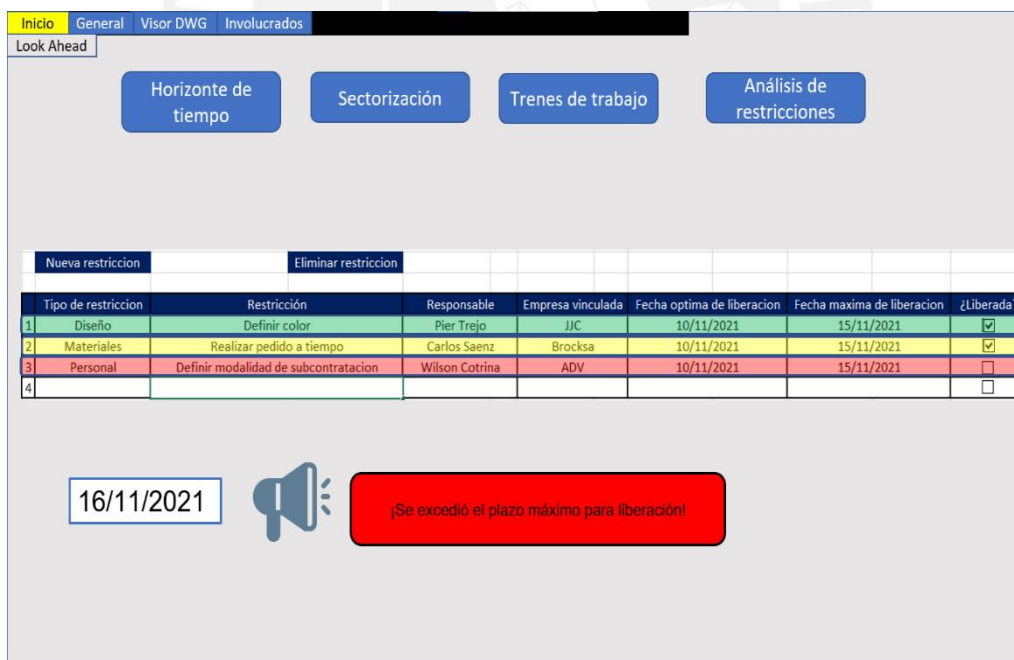


Figura 44. Sistema semafórico en la liberación de restricciones en la plataforma

En tercer lugar, se encuentra al **Plan Semanal**. De acuerdo a lo analizado en las entrevistas, las variables más relevantes en su desarrollo son las **actividades liberadas (sin restricciones)**,

**rendimientos y flujo de requerimientos.** Para su ejecución en la plataforma, el sistema detecta las actividades que no presentan restricciones del *Lookahead* y son las **únicas** que permite registrar en el Plan Semanal. Se define en el cuadro de entrada las unidades de producción y los responsables de la ejecución de las actividades, así como el **número de personas que ejecutarán** el trabajo, para así determinar posteriormente los **rendimientos** correspondientes; y finalmente, el objetivo de **producción meta** para la semana. Es en este punto donde se añade a la plataforma la **versión de teléfono**, la cual permitirá a los **últimos planificadores**, los cuales estamos considerando que son los **capataces o jefes de cuadrilla**, a que se involucren en el sistema. Esto se logra por un lado con el **control diario de actividades**, en el cual el último planificador ingresará en la mañana el número de personas presentes de su cuadrilla, mientras que al final del día ingresará el avance logrado, el cual se registrará automáticamente en la versión de la plataforma de escritorio. Por otro lado, cerramos el ciclo del sistema con el **flujo de requerimientos**, en el cual el último planificador registrará cada uno de los recursos necesarios para sus actividades, y el sistema indicará mediante colores si hay existentes en el almacén, o si se necesita realizar un requerimiento a los proveedores. Esta contabilización de recursos se logra con la pestaña de **Recursos**, la cual ya anteriormente se mencionó, y que permite manejar una mejor gestión de los mismos, evitando así una Causa de No Cumplimiento muy recurrente. Regresando al listado de actividades del Plan Semanal, aquellas que al final de la semana no se logren terminar, será obligatorio el registro de su **Causa de No Cumplimiento**, así como la **acción correctiva** a adoptar y su responsable correspondiente. El catálogo de Causas de No Cumplimiento del caso de estudio se utilizó para categorizar las causas en la plataforma.

Inicio General Visor DWG Involucrados

Plan semanal

Actividades sin restricciones Rendimientos

Semana 22							Semana 22					
Actividad	Unidad	Responsable	Numero de personas	A ejecutar	Ejecutado	% Alcanzado	¿Cumplido?	L 8	M 9	X 10	J 11	V 12
1 Montantes II.EE. Piso 4	piso	Carlos Pastor	3	1	1	100%	SI		x	x		
2 Montantes II.SS. Piso 4	piso	Ever Medina	2	1	1	100%	SI		x	x		
3 Anclaje para ladrillo blanco Piso 4	piso	Jhon Calle	1	1	1	100%	SI	x				
4 Corte y asentado de ladrillo blanco Piso 4	m2	Edwin Bacca	5	80	60	75%	NO				x	x

Figura 45. Listado de actividades del Plan semanal en la plataforma

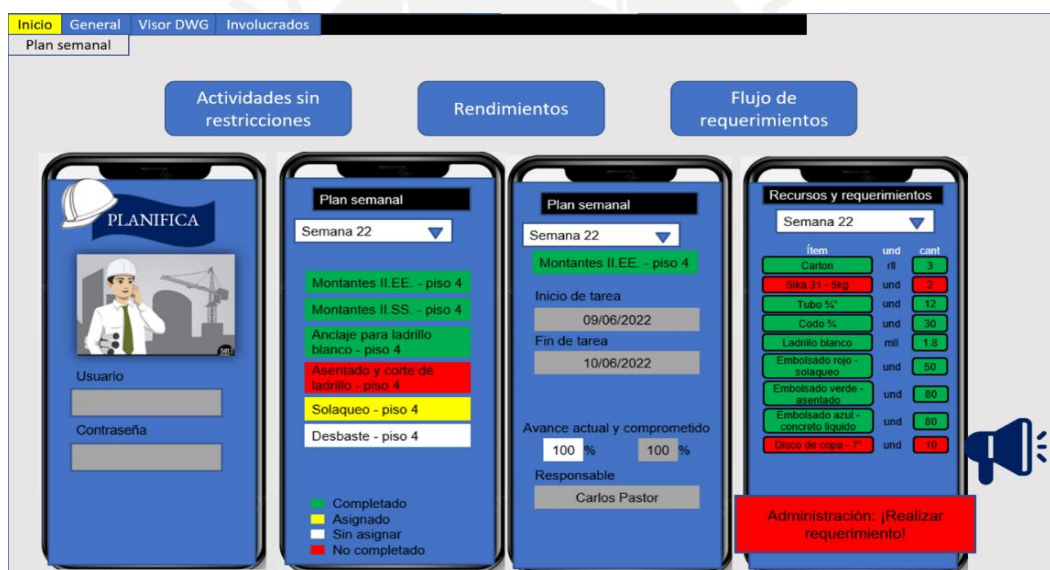


Figura 46. Versión de teléfono de la plataforma digital con sus diferentes funcionalidades

Finalmente, tenemos el apartado de Indicadores y Estadísticas, el cual se utilizará principalmente en dos situaciones. La primera será en las **reuniones semanales de planificación**, prescindiendo de los papelógrafos o programaciones a mano, y permitiendo proyectar los avances de la semana. Gráficos como el **PPC** y su evolución, las **Causas de No Cumplimiento** en base al catálogo propuesto o de acuerdo a la empresa vinculada, las **Curvas S de Avance y Costos**, el **Plan de Cumplimiento de Restricciones** y su **confiabilidad** de liberación de los responsables,

entre otras, se pueden proyectar en las mencionadas reuniones. De esta manera, se introduce el *Visual Management* con todos los involucrados, logrando mostrar de manera más entendible a los presentes sobre el avance de la obra. La segunda situación donde se mostrará esta pestaña es en las **reuniones gerenciales o de socios**. En estos casos, generalmente dichas personas no van a contar con el software instalado en su computadora, por lo cual el programa permite la **exportación de datos**, añadiendo además de los gráficos al **Estado de Recursos**, en el cual se ven los recursos consumidos durante el proyecto, el **historial de restricciones** y el **plan de aprendizaje**.

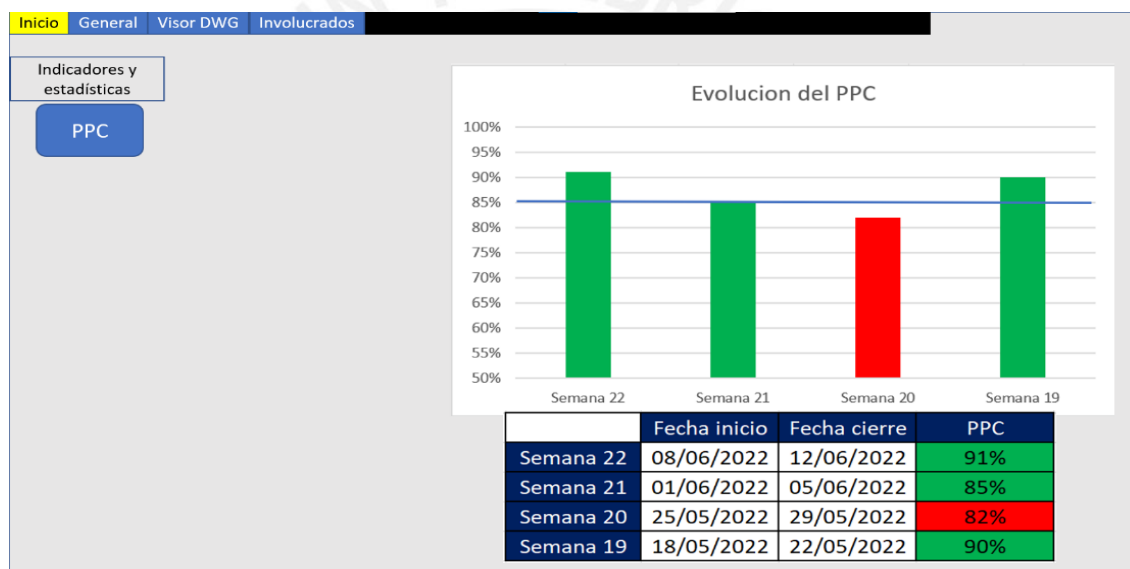


Figura 47. Evolución del PPC semanal en comparación con el PPC meta

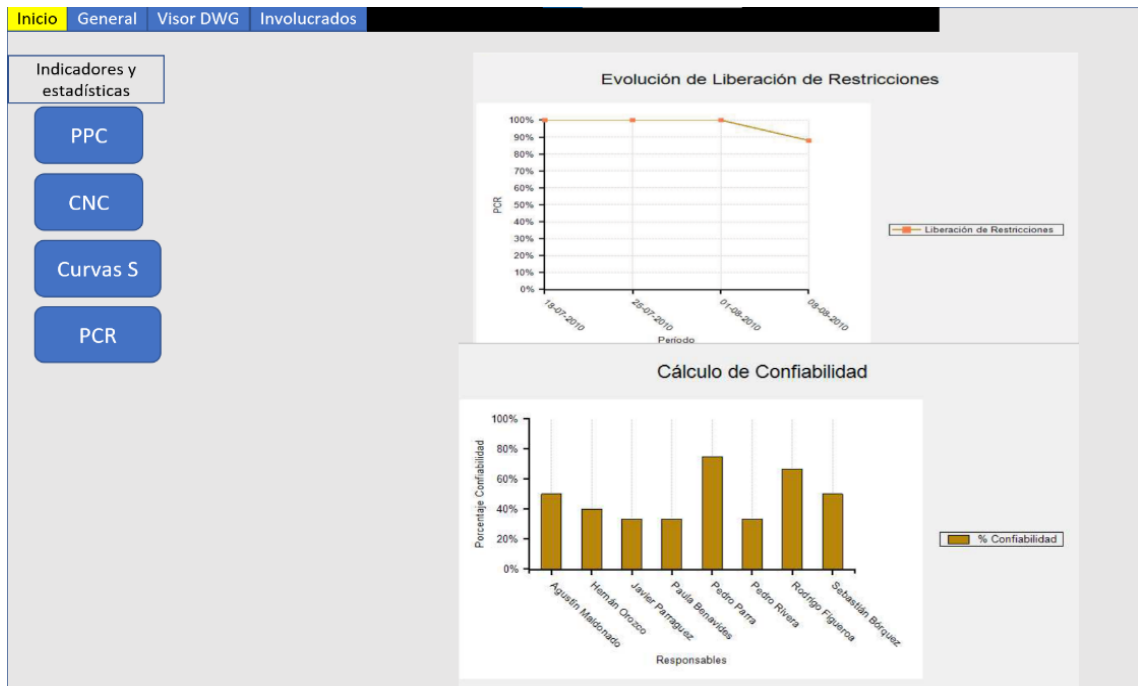


Figura 48. Evolución de la liberación de restricciones y la confiabilidad de los responsables

The screenshot shows a table titled 'Estado de Recursos' with columns for Name, Unit, Unit Cost, Estimated Quantity, Budgeted Cost, and Used Quantity. Below the table, it shows the total budgeted cost (UF 8.557,80) and the total incurred cost (UF 7.243,67). There are buttons for 'Exportar Excel', 'Imprimir', and 'Salir'.

Nombre	Nombre Unidad	Costo unitario	Cantidad estimada	Costo presupuestado	Cantidad utili
acero	KG	0,28	8.330,00	2.332,40	
Arquitecto	HH	1,00	385,00	385,00	
cañería cobre	ML	0,40	118,00	47,20	
cañería presión	ML	0,20	335,00	67,00	
Capataz Obra Gruesa	HH	0,90	415,00	373,50	
Capataz Terminaciones	HH	0,90	793,00	713,70	
Constructor Civil	HH	1,00	715,00	715,00	
encofrados	M <sup>2</sup>	0,30	2.300,00	690,00	
equipos	UN	3,00	2,00	6,00	
Hormigón	M <sup>3</sup>	1,90	948,00	1.801,20	
Ingeniero	HH	1,00	248,00	248,00	
ITO	HH	0,90	279,00	251,10	
pintura	UN	0,30	74,00	22,20	

Costo Total Presupuestado: UF 8.557,80      Costo Total Devengado: UF 7.243,67

Figura 49. Estado de recursos consumidos en la obra

#### 4.5. Retroalimentación del caso de estudio en base al esquema presentado

En consideración con la validación de las variables relevantes en la aplicación del *last planner system* con los expertos considerados en esta investigación, se presentó el esquema de la plataforma digital colaborativa basada en LPS al caso de estudio. El formato de la entrevista realizada al staff del caso de estudio se muestra en los anexos.

En primer lugar, se realizó la presentación formal de la tesis, y los objetivos que se han considerado para la misma. Como resultado de ello, se presenta el esquema en consideración con las funcionalidades agregadas en la segunda ronda del método Delphi aplicado en esta investigación.

De acuerdo con el Anexo J, de la presentación formal al staff de obra perteneciente al caso de estudio, se menciona la retroalimentación sobre el esquema de la plataforma digital presentado:

- En la pestaña de involucrados, sería relevante considerar la imagen del proyecto. Asimismo, sería bueno que incluyan la empresa subcontratista a la que representan, y que se incluya su DNI dentro de sus datos de cada uno de los involucrados.
- En la obtención de cuadros comparativos se debe tener sumo cuidado, dado que estos deben ser homologados, y por tanto, su plataforma debería brindar un formato único a la cual los subcontratistas deberán adaptarse, y de esta manera, se evite hacer doble trabajo por parte del Jefe de Oficina técnica.
- En relación al programa maestro, tener en cuenta los feriados en el calendario considerado, así como los buffers de tiempo que se puedan agregar.
- El sistema semafórico que se está planteando dentro de la plataforma es una buena idea, pues esto le permite al Residente de Obra poder determinar qué restricciones no se están liberando a tiempo, y cuáles serían los motivos de ello.

- En relación al aplicativo en celular que se ha considerado para uso de maestro de obra, capataces y subcontratistas sería útil para así registrar el avance diario en las diferentes partidas de la obra. Aunque cabe resaltar que esto deberá ser cotejado por el Ingeniero de Campo.
- En relación a los indicadores y estadísticas obtenidas directamente de la plataforma resulta ser provechoso para las reuniones de planificación semanal. De esta manera se brindará la información de manera visual, lo cual es más dinámico y entendible para todo el equipo de trabajo.

En suma, se considera que el esquema presentado de la plataforma con las variables y funcionalidades consideradas resultaría de gran aliado para la gestión de la construcción en este tipo de edificaciones. Esto se debe a que integra de manera conjunta la programación que impulsa el LPS y lo relacionado a los costos dentro de una obra.

## CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

### 5.1. Conclusiones

- En síntesis, se ha explicado en base a la literatura existente las definiciones de la filosofía *Lean Construction*, desde sus orígenes y el enfoque que esta propone frente a una planificación tradicional. Asimismo, se ha detallado en lo que consiste la herramienta *Last planner system*, así como las diferentes etapas en las que se sostiene. Adicionalmente, se mencionó sobre el desarrollo del método Delphi como parte del sistema de validación utilizado para la presente investigación, apoyándose en técnicas adicionales como la escala de Likert.
- Se concluye que el método Delphi resultó ser un método adecuado para la validación de las variables asociadas a la aplicación del LPS en proyectos de construcción. Cabe mencionar que con este método se obtuvo un consenso considerable en relación a las respuestas de los expertos, lo cual sirvió para discernir de las variables consideradas en el marco teórico. De igual forma, en la segunda ronda de este método se logró establecer el consenso sobre las funcionalidades dentro de la plataforma digital.
- Se establece, de acuerdo con los expertos en esta investigación, que en el plan maestro las variables más importantes son los hitos principales, alcance definido, la ruta crítica y buffers de tiempo. En la etapa de planificación intermedia o *lookahead*, se consideran las variables más importantes al horizonte temporal, sectorización, trenes de trabajo y análisis de restricciones. Finalmente, en la planificación semanal, se consideran a las variables más importantes a las actividades sin restricciones, rendimientos y el flujo de requerimientos.



- En relación al diagnóstico de la planificación del caso de estudio, se observó que la principal Causa de No cumplimiento (CNC) se debió a la participación de subcontratistas, los cuales no cumplieron con sus compromisos acordados en las reuniones semanales. En base a este contexto observado, dentro de la propuesta de la plataforma se ha considerado un aplicativo a través de un celular, en la cual los últimos planificadores registran su avance diario, y con la supervisión correspondiente del Ingeniero de Campo. Esto le servirá al Residente de Obra para saber diariamente sobre qué subcontratistas no están cumpliendo con los compromisos acordados, y de esta manera poder tomar decisiones con anticipación para no afectar el progreso semanal.
- Asimismo, otra conclusión que se obtuvo de la planificación del caso de estudio es la poca sinergia existente entre la etapa del Plan Maestro y el *Lookahead*, ya que dichas etapas se desarrollan en diferentes plataformas (Project y Excel), sin mantener una coordinación constante. Es por ello que dentro del esquema de la plataforma se buscó ampliar el horizonte de tiempo del *Lookahead* a 1, 2 o 3 meses más, donde se visualicen los hitos próximos del Plan Maestro, así como un indicador de días de retraso o adelanto sobre cómo se avanza respecto a lo programado. Con esta funcionalidad, la plataforma permite amplificar la visión de los involucrados, preparándolos para los compromisos venideros.
- El caso de estudio experimentó dificultades en la ejecución de sus reuniones de planificación, ya que estas se dieron aún durante el Estado de Emergencia por la pandemia del Covid-19. Es por ello que la plataforma propuesta busca brindar la mejor experiencia virtual posible, mezclando diferentes softwares que se utilizaron para la coordinación de reuniones durante el contexto, como Zoom, WhatsApp o Pizarra. Con esto se busca también mejorar los beneficios de las reuniones presenciales, permitiendo grabar las

reuniones, verlas remotamente en caso no puedan estar disponibles todos los involucrados, o utilizar una pizarra digital para compartir ideas.

- Finalmente, en base a la presentación del esquema de la plataforma digital al staff del caso de estudio considerado dentro de esta investigación, se concluye que esta plataforma sería de gran utilidad para la planificación de obra, así como para la gestión de recursos y de personal; dado que la plataforma considera la colaboratividad entre los involucrados en la obra, la transparencia de los procesos, y las métricas en tiempo real de un proyecto, y otros beneficios.

## **5.2. Recomendaciones**

- Una recomendación existente del estudio presentado es la de mejorar el proceso del método de validación de datos. Si bien se demostró que el método Delphi es eficiente para generar un consenso entre los entrevistados, se pudieron haber mejorado los resultados con una mayor cantidad de entrevistados, así como una ronda más de validación; esto debido principalmente a la poca información que se encontró en la literatura existente respecto a estudios similares en nuestro país.
- Una segunda recomendación que se brinda es la de utilizar una plataforma digital de planificación de un país extranjero, y tomarlo como base para un desarrollo propio. Si bien en el Perú no hay plataformas similares, en países de la región como Chile ya se han desarrollado diferentes startups de este tipo, como ProPlanner o Impera, las cuales presentan herramientas interesantes que se pueden adoptar en el presente estudio.

- Finalmente, la recomendación final que se brinda es dirigida a las empresas y al Estado. Como se pudo observar al inicio del presente estudio, la capacidad de inversión en innovaciones y nuevas tecnologías son verdaderamente ínfimas, por lo que dentro de nuestro país no se desarrollan nuevas ideas o proyectos desafiantes, causando así que los mejores ingenieros civiles del país opten por realizar su carrera profesional en el exterior. Países de la región, como Chile o Colombia, tienen programas de inversión de mucha mayor capacidad que en el Perú, por lo que se podrían replicar o adaptar sus políticas al contexto peruano.



## REFERENCIAS

- Aicad. (08 de octubre de 2021). Jefe de proyectos: ¿Quién es y por qué las empresas lo solicitan? <https://www.aicad.es/jefe-de-proyectos/>
- Alarcón, L. y Calderón, R. (19-21 de marzo de 2003). *Implementing Lean Production Strategies in Construction Companies*. Proceedings Construction Research Congress, Winds of Change: Integration and Innovation of Construction, ASCE, Honolulu, Hawaii.
- Al Omar, R. (2012). Analysis of lean construction practices at Abu Dhabi construction industry. *Lean Construction Journal*, 105-121. <https://leanconstruction.org/pages/learning/publications/lean-construction-journal/lcj-back-issues/2012-issue/>
- Ballard, G. (2000). *The last planner system of production control* [Tesis de doctorado, The University of Birmingham]. UBIRA. <https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/4789/>
- Ballard, G. y Howell, G (1994). *Implementing Lean Construction: Stabilizing Work Flow*. 2<sup>nd</sup> Annual Conference on Lean Construction, Santiago, Chile.
- Bertelsen, S. (3-5 de agosto de 2004). *Lean construction: where are we and how to proceed?* 12<sup>th</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Elsinore, Dinamarca.

BEA FAVET UCHILE. (06 de octubre de 2019). Métodos cualitativos de proyección [Archivo de video]. YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=YzsE9tKkgFo&t=8s>

Bertram, D. (2008). “Likert Scales... are the meaning of life”. *Topic Report*. Recuperado de: <http://poincare.matf.bg.ac.rs/~kristina/topic-dane-likert.pdf>

BIMND. (12 de marzo de 2019). Títulos profesionales BIM: perfiles, responsabilidades y competencias más demandadas. <https://www.bimnd.es/titulos-profesionales-bim-perfiles-responsabilidades-competencias-mas-demandadas/#:~:text=El%20modelador%20BIM%2C%20adem%C3%A1s%20de,de%20documentaci%C3%B3n%20y%20los%20detalles>

Botero, L. (2002). Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. *Revista Universidad EAFIT*, 38 (128) pp. 9-21. <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/843>

Botero, L y Álvarez, M. (2005). *Last planner*, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción. Estudio del caso de la ciudad de Medellín. *Ingeniería & Desarrollo*, (17), 148-159. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85201708>

Buleje, K. (2012). *Productividad en la construcción de un dominio aplicando conceptos de la filosofía lean construction* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú].

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/1691>

Carrillo, P y Chinowsky, P. (2006). Exploiting Knowledge Management: The Engineering and Construction Perspective. *Journal of Management in Engineering*, 22(1), 2-10.

Choo, H y Tommelein, I. (6-8 de Agosto de 2001). *Requirements and Barriers to Adoption of Last Planner Computer Tools*. 9<sup>th</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Singapur.

Cruzado, F, Brioso, X.(2020). “Sustainability Performance Evaluation in Building Projects by Integrating Lean and Sustainable Management Using the Delphi Method”. Ponencia presentada en “28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC28)”. The International Group for Lean Construction. Lima, Julio.

[DOI:10.24928/2020/0132](https://doi.org/10.24928/2020/0132)

Diaz, E y Huayllani, F. (2021). *Modelo de aceptación y uso de innovaciones en proyectos de construcción* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional de la PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/18468>

Despradel, I, Guerrero, C, Jourdain, M, López, J, Núñez, J, Oliver, C. (3-5 de agosto de 2011). *Lean Construction: implicaciones en el uso de una nueva filosofía, con miras a una mejor administración de proyectos de Ingeniería Civil en República Dominicana*. 9th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, Medellín, Colombia.

Ferrada, X y Serpell, A. (2009). La Gestión del Conocimiento y la Industria de la Construcción. *Revista de la Construcción*. 8(1), 46-58.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127612575005>

Galarza, R. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica*, 9(3), 1-6.  
<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>.

Ghio, V. (2000). *Productividad en obras de construcción*. Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Gonzales, F. (2007). Manufactura esbelta (Lean Manufacturing). Principales herramientas. *Revista Raites*, 1(2), 85-111.  
<http://www.itc.mx/ojs/index.php/raites/article/view/77>

Gordon, T. (1994). *The delphi method*. Futures research methodology.

[https://eumed-agpol.iamm.fr/private/priv\\_docum/wp5\\_files/5-delphi.pdf](https://eumed-agpol.iamm.fr/private/priv_docum/wp5_files/5-delphi.pdf)

Guevara, F. (2014). *I+D+i en las empresas de la construcción en Perú* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia]. RiuNet. <http://hdl.handle.net/10251/47816>

Hallowell, M, Gambatase, J. (2010). Application of the Delphi Method to CEM Research. *Journal of Construction Engineering and Management*, pp. 99-107

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.00001](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.00001)

- Hamzeh, F. (13-15 de julio de 2011). *The Lean Journey: Implementing the Last planner system in Construction*. 19<sup>th</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Lima, Perú.
- Hernández, R, Fernández, C y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6.a ed.). McGraw – Hill/ Interamericana Editores, S.A de C.V.
- Holweg, M. (2006). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420-437. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.001>
- Howell, G. (26-28 de julio de 1999). *What is Lean Construction – 1999*. 7<sup>th</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction, California, USA.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitude. *Archives of Psychology*, 140. [https://legacy.voteview.com/pdf/Likert\\_1932.pdf](https://legacy.voteview.com/pdf/Likert_1932.pdf)
- Linstone, H, Turoff, M. (1975). *The Delphi Method: Techniques and Applications*. London: Addison - Wesley
- [http://www.foresight.pl/assets/downloads/publications/Turoff\\_Linstone.pdf](http://www.foresight.pl/assets/downloads/publications/Turoff_Linstone.pdf)
- Maceli, A. (2017). *Innovación en el sector de la construcción del Perú: Estado actual y diagnóstico* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia]. RiuNet. <http://hdl.handle.net/10251/78144>



- Matas, A. (2018, 9 febrero). Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*. pp. 2.  
<https://redie.uabc.mx/redie/article/view/1347>
- Mateu, D. (2015). *Building Information Modeling 4D aplicado a una planificación con Last planner system* [Tesis de bachiller, Universidad Politécnica de Valencia]. RiuNet. <http://hdl.handle.net/10251/55623>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2011). Norma Técnica de Metrados para obras de edificación y habilitaciones urbanas.  
<https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/Mayo/18/RD-073-2010-VIVIENDA-VMCS-DNC.pdf>
- Miranda, D. (2012). *Implementación del sistema last planner en una habilitación urbana* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú].  
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/1219>
- Ozorhon, B, Oral, K y Demirkesen. (2016). Investigating the Components of Innovation in Construction Projects. *Journal of Management in Engineering*, 32 (3)
- Oliva, K, Vera, V y Gutierrez, M. (2014). Control de gestión del alcance en proyectos de construcción de obras civiles. *Revista Electrónica Científica Perspectiva*, pp. 84-105. <http://bdigital.ula.ve/storage/pdf/perspectiv/v2n4/art06.pdf>
- Pons, J. (2014). *Introducción a Lean Construction* (1.a ed.). Fundación Laboral de la Construcción.

Reguant, M y Torrado, M. (2016). El método Delphi. *REIRE*. Barcelona, 9 (1), 87-102.

DOI: 10.1344/reire2016.9.1916

Rodríguez, A, Alarcón, L y Pellicer, E. (2011). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. *Revista de Obras Públicas*, 158(4408), 35-44.  
<http://hdl.handle.net/10251/29189>

Rodríguez, F. (s.f). Guía de Implementación de *Last planner system*. Disponible 17 de octubre de 2022, <https://a3leanconstruction.com/guia-implementacion-last-planner-system/>

Rogers, E. (1983). *Diffusion of Innovations* (3.a ed.). The Free Press.

Rowe, G, Wright, G. (1999). The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis. *International journal of forecasting*, pp. 353-375

[https://doi.org/10.1016/S0169-2070\(99\)00018-7](https://doi.org/10.1016/S0169-2070(99)00018-7)

Sabbatino, D. (2011). *Directrices y recomendaciones para una buena implementación del sistema last planner en proyectos de edificación en Chile* [Tesis de licenciatura, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile.  
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104311>


Sanchis, I. (2013). *Last planner system: un caso de estudio* [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica de Valencia]. RiuNet. <http://hdl.handle.net/10251/29693>


- Sher, P y Lee, V. (2003). Information technology as a facilitator for enhancing dynamic capabilities through knowledge management. *Information & Management* 41(8), 933-945. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127612575005>
- Train, A y Egbu, C. (7-8 de septiembre de 2006). Maximising the Impact of Knowledge for Innovation in Gaining Competitive Advantage. Construction and Building Research Conference, Londres, Reino Unido.
- Trujillo, T. (2017). Implementación de *last planner system* y *building information modeling* en proyectos de construcción: Metodologías de diseño, coordinación y construcción en una pequeña empresa de desarrollo inmobiliario [Tesis de maestría, Universidad EAFIT]. Repositorio Institucional Universidad EAFIT. <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/13327>
- Ureta, G. (2018). *Impactos en la aplicación del Sistema Last Planner en obras de edificación con el uso de tecnologías de la información* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica de Chile]. ResearchGate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15478.29767>
- Venkatesh, V, Morris, M, Davis, B y Davis, F. (2003). User acceptance of information technology: toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425-478. <https://doi.org/10.2307/30036540>
- Womack, J y Jones, D. (1996). *Lean Thinking: banish waste and create wealth in your corporation* (1.a. ed.). Simon & Schuster



# ANEXOS

**Anexo A: Formato de cuestionario para entrevistas de validación de variables**

	<b>Formato de entrevista</b>		
	<b>Propuesta de una plataforma digital colaborativa basada en la aplicación de Last Planner System en un proyecto de edificación en Lima Metropolitana, 2022</b>		
Integrante 1	Roberto Alonso Sotomayor Murillo		
Integrante 2	Kevin Steven Ballesteros Collazos		
Fecha			
Nombre del entrevistado			
Años de experiencia			
Área de especialización			
Empresa donde labora:			
Posición que ocupa en la empresa:			
¿Qué entiende usted por Last Planner System?			
¿Cómo fue su capacitación con el Last Planner System? ¿La empresa en la que labora actualmente capacitó al personal?			
¿Cuáles son las principales barreras para la aplicación del Last Planner System?			
¿Qué ventajas le atribuye al Last Planner System respecto al sistema de planificación tradicional?			
¿Cómo se desarrollan cada una de las fases del Last Planner System (Plan Maestro, Look Ahead y Plan Semanal)? ¿Cuáles son las variables más relevantes dentro de cada fase?	<b>Plan maestro</b>	<b>Look ahead</b>	<b>Planificación semanal</b>
¿Cuáles son los principales indicadores de control que deberíamos obtener del Last Planner System?			

	Formato de entrevista		
	<b>Propuesta de una plataforma digital colaborativa basada en la aplicación de Last Planner System en un proyecto de edificación en Lima Metropolitana, 2022</b>		
Integrante 1	Roberto Alonso Sotomayor Murillo		
Integrante 2	Kevin Steven Ballesteros Collazos		
¿Quiénes son los principales stakeholders en cada una de las fases del Last Planner System(Plan Maestro, Look Ahead y Plan Semanal)?	Plan maestro	Look ahead	Planificación semanal
¿Se lleva a cabo un registro de asistencia de las reuniones de planificación? ¿Se toman medidas ante inasistencias? ¿Cómo se desarrollaron las reuniones durante el contexto de la pandemia?			
¿Cuáles son las Causas de No Cumplimiento más recurrentes dentro de los proyectos en los que ha laborado?¿Qué medidas correctivas adoptaron para corregirlas o evitarlas?			

## **Anexo B: Entrevista a E01 – Validación de variables**

Código: E01

Profesión: Ingeniero Civil

Años de experiencia: 12 años de experiencia

Empresa donde labora: V&V Inmobiliaria

Cargo actual: Jefe de proyectos

### **En primer lugar, ¿qué entiende usted por el last planner system?**

Es una de las múltiples herramientas que tiene el lean construction que nos ayuda a desarrollar una programación de mediano, corto plazo más real que otros métodos en la construcción, y que finalmente no solo ayudan a programar si no a controlar ya que el camino pueda lograr eficiencias o mejoras inmediatas dentro de un proyecto.

### **Dentro la empresa donde labora, ¿tuvo alguna capacitación sobre la metodología del last planner system?**

Al inicio, me capacité de manera independiente, y después de tres a cuatro años la compañía capacitó a todos los profesionales del proyecto, de esta manera poder recordar las nociones de este método.

### **En base a su experiencia, ¿cuáles son las principales barreras en la aplicación del last planner system?**

Primero, considero las personas involucradas del proyecto, desde ingenieros de obra, así como el equipo que lo acompaña como es el maestro de obra, capataz, entre otros. Dado que a ellos les cuesta poder aplicar esta metodología, debido a que no es común su uso. A nivel de empresa, desde mi cargo de residente de obra podía tomar disposiciones económicas para poder aplicar este método; sin embargo, he escuchado otras opiniones sobre el tema, donde señalan que ha tenido complicaciones con la empresa, pues rechazan la aplicación de este sistema, y no hay soporte del que dirige estos proyectos.

En base a su experiencia, ¿cuáles son las ventajas principales que atribuye al last planner system frente a la programación tradicional?

Primero, este sistema lps me permite poder obtener una métrica del avance real con lo que tenía programado, de esta manera me brinda unos indicadores de desempeño que con la programación

tradicional como la curva S no era tan específico ni muy tangibles, pues eran muy genéricos. Por ello, el last planner muestra a detalle estos indicadores.

Segundo, considero a la facilidad y dinámica con la cual se puede interactuar con el resto del equipo del proyecto, ya que te muestra gráficas y entendible inclusive para los menores niveles jerárquicos del proyecto, los cuales son los capataces.

**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿cómo desarrollan las fases del last planner system, tales como el plan maestro, lookahead, planificación semanal? Dentro de estas fases, ¿cuáles son las variables más importantes en cada etapa de planificación?**

Primero, en el cronograma maestro, se considera al cronograma del contrato quien es acordado por el cliente y la constructora. En este cronograma, el cliente fija el hito final de entrega de la obra, por lo cual no limita la planificación de la constructora. De esta manera, la constructora fija hitos intermedios, tales como término de cimentaciones, término de casco, inicio de ascensores, inicio de instalaciones en cuarto de bombas, entre otros. Recientemente, se ha incluido considerar hitos mensuales como propuesta para ir revisando el cronograma maestro. Segundo, en el lookahead, esta planificación se realiza de manera física, no se utilizan herramientas digitales como un tablero colaborativo, pues se utiliza papelotes, post it, y se extrae de la programación pull la semana que nos toca en consecuencia, y de la misma manera se ejecuta la planificación semanal en un espacio o sala que algunos llaman big room, a la cual consideramos como nuestra sala de producción. Terminamos la semana, y extraemos los resultados, y obtenemos el Porcentaje de Plan Completado, vemos algunas Causas de No Cumplimiento genéricas, pues a veces hay muchas de ellas, por lo que no se puede trabajar con todas, y escogemos las más incidentes. Por ejemplo, cuando el administrador tiene cinco de las veinte de las Causas de No Cumplimiento originales, se trata de mejorar, y así buscar la mejora continua. Luego, nuevamente se realiza el ciclo semanal, en la empresa donde trabajo realizamos las reuniones los días sábados de 9am- 11am para la parte de casco, y se realiza de 11am-1pm para la parte de acabados con la misma dinámica, y se separa ello pues no resulta práctico, pues no tienen relación directa con estas partidas.

**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿cuáles son los principales indicadores de cada fase del last planner system?**



Dentro de los más básicos que se deben incluir en cualquier obra para aplicación del last planner system debería ser el Porcentaje de Plan Completado (PPC) y las Causas de No Cumplimiento (CNC). Luego, si la obra se va encaminando y tiene las posibilidades de incluir otros indicadores se considera al Task Me Ready (TMR), el cual mide las restricciones, de esta manera mide el porcentaje de cumplimiento de las restricciones.

De esta manera, el TMR podría ser otra alternativa para obtener métricas dentro del trabajo. En suma, estos son los indicadores que más me han servido para arrancar un last planner system, y el tercer indicador dependerá de las condiciones del proyecto. Asimismo, existen otras métricas que no se consideran dentro del last planner system, pero que son muy importantes que miden la satisfacción de las personas involucradas. Por lo tanto, considero que tener en cuenta los indicadores propios del last planner system es crucial, pero también se debe considerar la satisfacción de las personas que lo conforman. Es complicado poder medir lo último mencionado, pero se puede considerar tener como un Buzón de Sugerencias para las sesiones del last planner system. De esta manera, se les brinda una alternativa a los trabajadores como capataces y maestros de obra, subcontratistas y buscar mejoras para futuras sesiones, buscando el confort de este método.

A lo largo de su trayectoria profesional, ¿quiénes son los principales involucrados de cada fase del last planner system?

Para el desarrollo del plan maestro, se considera al residente de obra con el ingeniero de planificación, en caso no haya, con el ingeniero de campo, quienes solo ellos verán el desarrollo de este cronograma. Luego, para el desarrollo del lookahead se considera al staff de obra, prevencionista, administrador, maestro de obra, y capataces directos de cada cuadrilla. Estas personas mencionadas se involucran también en el desarrollo del plan semanal. Asimismo, si se considera como trabajo colaborativo, se podría considerar al supervisor de obra quien puede darles ese acompañamiento, esto dependerá de las condiciones de cada proyecto.

**Dentro de la aplicación directa del last planner system, ¿se considera algún registro de asistencia de estas reuniones semanales de planificación? ¿qué medidas adoptan en caso de inasistencia de algún involucrado?**

No se cuenta con un registro de asistencia, pues los responsables de cada actividad deberían estar dentro de la obra. En casos que no se cuente con la presencia de alguno de ellos, se evidencia en

el desarrollo de esta reunión, en ese caso se procede a avisarle a la persona encargada de determinada actividad, sea el subcontratista o capataz dentro de la obra. Esto sucede muy pocas veces, pues estamos en la jornada laboral, por ejemplo, en caso del subcontratista de ladrillo quien resultaría importante para el cumplimiento de los compromisos, dado que libera restricciones por la mano de obra o herramientas para el desarrollo de actividades. Sugiero que deberían tener reglas en el inicio de aplicación del last planner system, con la puntualidad de los involucrados.

### **¿Esto que menciona sucedió durante la pandemia por covid-19?**

En la llegada de esta pandemia, dejamos de ejecutar este método completamente, en este caso el last planner pasó a manos del residente de obra e ingeniero de campo. De esta manera se pierde la esencia de esta metodología, pues considera supuestos que no tienen mucha precisión para el avance.

### **En base a su experiencia, ¿cuáles considera que son las Causas de No Cumplimiento más recurrentes dentro de las obras? ¿Qué medidas adoptan para evitarlas?**

Entre las más recurrentes considero son a causa de las personas en general, en comparación por proceso, o alguna falta. Por ejemplo, el contratista no ha dispuesto personal o el administrador de obra no ha realizado el requerimiento por correo de los materiales a utilizarse en alguna actividad. Estas son las causas más comunes que he tenido a lo largo de mi experiencia, por ello se tiene que darle un seguimiento de sus compromisos, y tener un control de ello. Asimismo, dentro de los responsables de obra, producción, calidad, ssoma, subcontratistas, capataces, se debe identificar quien de estos no cumple con sus compromisos, y averiguar el motivo de ello, y en caso no muestre una justificación coherente, se le debe retirar de la obra por su falta de capacidad. Y en relación a la parte externa, proveedores de equipos o materiales, se busca conversar directamente con la gerencia de estas empresas, y darle advertencias en caso de incumplimiento, y así levantar estas Causas de No Cumplimiento.

### **Finalmente, para culminar la entrevista, ¿estaría dispuesto a digitalizar el proceso de planificación del last planner system a una plataforma digital colaborativa?**

#### **¿qué aspectos importantes considera que se deba incluir?**

Dependiendo de qué podría ser lo digital, pues a nivel de staff de obra cuenta con las capacidades de la gestión de estas herramientas digitales. Por ese lado, podría considerar un last planner administrativo que tendría sentido. Sin embargo, en relación al uso directo en obra sería

complicado, pues los maestros y capataces les va a costar adaptarse a la tecnología, dado que se debe identificar que tan dispuestos están de incluir dentro de su rutina el uso de esta plataforma mediante una computadora, Tablet o celular. Por lo tanto, considero que este es uno de los puntos importantes para el desarrollo de una plataforma digital basado en last planner.



## **Anexo C: Entrevista a E02 – Validación de variables**

Código: E02

Profesión: Ingeniero Civil

Años de experiencia: 17 años de experiencia

Empresa donde labora: Empresa Peruana y PUCP

Cargo actual: Gerente de proyecto y docente PUCP

### **En primer lugar, ¿qué entiende usted por el last planner system?**

El last planner system es una herramienta del Lean Construction, la cual se utiliza para dar una mayor confiabilidad a la programación de las actividades del desarrollo de la ejecución de los trabajos, y es ampliamente utilizada en diferentes proyectos de construcción. Se desarrolla mediante un proceso iterativo y de mejora continua.

### **Dentro la empresa donde labora, ¿tuvo alguna capacitación sobre la metodología del last planner system?**

Contaba con nociones previas, desde muy joven me dedique a la investigación y ejercicio de las herramientas lean. He realizado tesis de investigación basadas en lean construction. Desde los 22 años conozco esta herramienta, por lo tanto, aproximadamente más de 15 años que fui capacitado con esta herramienta.

### **En base a su experiencia, ¿cuáles son las principales barreras en la aplicación del last planner system?**

Existen varias barreras que debemos tener en cuenta, la primera considero a la cultura organizacional: si la empresa, donde aplicas o implementas estas herramientas, no tiene claro en sus políticas la eficiencia y la mejora continua, sería complicado poder utilizar el last planner. Otra barrera que considero es la resistencia al cambio. También, considero que el personal no se encuentre entrenado en el uso de esta herramienta.

Asimismo, se considera el liderazgo es clave para la aplicación de ello. Por otro lado, se considera el compromiso de los trabajadores, no solo ingenieros, si no en general. Dado que esta herramienta implica el trabajo colaborativo, y tiene que haber una adecuada comunicación para poder mostrar lo que está sucediendo con esta herramienta. Esta herramienta te muestra como lo estas programando, cuáles son las restricciones, quienes

son los responsables; y esto debe mostrarse en un lugar o a través de un medio apropiado. Otra consideración sería la toma de decisiones, y finalmente dentro del proceso se pueden presentar uno o más elementos que podrían presentar resistencia al cambio. En resumen, considero que las principales barreras son liderazgo, compromiso, adecuada comunicación, entrenamiento, conocimiento de la herramienta, toma de decisiones, cultura organizacional y resistencia al cambio.

**En base a su experiencia, ¿cuáles son las ventajas principales que atribuye al last planner system frente a la programación tradicional?**

Primero, en una programación tradicional, aproximadamente hace 20 años, cuando haces una programación, y un proyecto puede durar años, pues lo que proyectas dentro de un papel y eso se va a cumplir, eso sería una mentira, pues en ese tránsito podría ocurrir muchas cosas, y una gran incertidumbre. Entonces, lo que te brinda el last planner te brinda tener una visión a mediano y a corto plazo, en las cuales, a mediano plazo, podrías predecir lo que podría ocurrir y que necesitarás. Otra ventaja de esta herramienta considera un enfoque colaborativo, no como la tradicional que solo considera a una persona en el desarrollo de la programación, pues con el last planner participan todos los involucrados del proyecto, en la cual organizan las tareas y revisan las restricciones. Entonces, en el last planner, programas actividades y levantamiento de restricciones, es contar con dos líneas en paralelos. En caso de que, si no se programen el levantamiento de restricciones, asignando un responsable y qué levantarán, no se podrá desarrollar la actividad. Otra ventaja que ofrece el last planner es que te brinda mejor transparencia, yendo más al detalle al plan diario, pues en ello te indica que es lo que debes realizar en el día, por ejemplo, que producción, cantidad de trabajadores, y así poder fijarlo con el personal obrero. Y esa orden de trabajo, se lo brindas al trabajador directamente, y de esta manera está involucrada con tu plan semanal, tu lookahead y tu plan maestro. En resumen, te brinda la predictibilidad de los trabajos programados, propicia el trabajo colaborativo y mayor transparencia.

**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿cómo desarrollan las fases del last planner system, tales como el plan maestro, lookahead, planificación semanal? Dentro de estas fases, ¿cuáles son las variables más importantes en cada etapa de planificación?**

Primero, en el plan maestro, se debe tener claro cuál es el alcance a nivel de actividades y paquete de trabajo. Luego, se debe considerar tus hitos principales señalados en el plan maestro, por ejemplo, cuando terminaras tu movimiento de tierras, cuando terminas muros anclados, es decir, determinar los hitos de cada fase. También, se debe tomar en cuenta los días útiles, y en consideración con los feriados, así como considerar tus buffers de tiempo. Por ejemplo, podrías programar de lunes a viernes, teniendo el sábado como buffer de tiempo. Asimismo, debes considerar buffers de tiempo al final, de esta manera poder considerar anticipación ante cualquier eventualidad. El cronograma maestro puede desarrollarse mediante dos formas: trenes de trabajo y Gantt. Los trenes de trabajo muestran el desglose de cada fase, pues cada fase cuenta con diferentes ritmos de producción. Y el Gantt se muestra cada fase de manera sencilla, es como si se tuviese un Project comprimido, para que solo aparecen los títulos de paquetes de trabajo, que determinen, las fechas de inicio y fechas de término de cada una de ellas. Por ejemplo, poder observar el inicio de arquitectura.

Luego, viene el lookahead, los elementos principales, determinar el horizonte de tiempo que fijarás, este puede variar de tres a cuatro semanas. También, consideras los días útiles, así como el Work Structuring, es decir, de tu plan maestro poder dividir las partidas principales en actividades, como, por ejemplo: la partida de contrapiso, te refieres a las siguientes actividades como picoteado, colocación de puntos, y finalmente vaciado de contrapiso. Se debe considerar la dependencia de actividades, y determinar la ruta crítica para el cronograma maestro, así como en el lookahead. En el lookahead, podrías considerar los rendimientos de la mano de obra de cada actividad. Estos rendimientos se obtienen en base a la experiencia, en base a expertos, investigaciones y otros. De esta manera, consideras a la cantidad de personas que requieres para cada actividad. En el last planner no requieres obligatoriamente de usar trenes de trabajo, pero estas herramientas te deben indicar en qué nivel te encuentras de avance. Pero en mi experiencia, lo integraría la sectorización, pues te brinda ubicación, y evitar cruces de actividades en la ejecución. Es importante, debes considerar previo al plan semanal, el análisis de restricciones, es la parte más relevante del last planner. Esto quiere decir que debes identificar la actividad, las restricciones de la actividad, las fechas de levantamiento de estas, y el responsable de ello. Luego de ello, realizas tu plan semanal, en el cual consideras actividades sin restricciones. Incluso, en este plan semanal, se llega a un mayor nivel de detalle, lugar, ubicación, quienes lo harán,

cantidad de cuadrillas, liberaciones de calidad, y otras. Finalmente, realizas tu plan diario, en el cual organizas tu cuadrilla, por ejemplo, los grupos de encofrado, acero, acarreo, y otros.

Justo en esta etapa, también consideras el Visual Management o reportes A3, en las cuales se indican gráficamente que es lo que debe realizar el trabajador.

**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿cuáles son los principales indicadores de cada fase del last planner system?**

El last planner brinda un indicador como el PPC, es decir, el porcentaje de plan cumplido y las Causas de No Cumplimiento. Estas son los indicadores que vas midiendo, para saber que es lo que está ocurriendo, y que acciones vas a tomar, así como saber si estás cumpliendo lo programado. Otro indicador que agregaría sería el PCR, me refiero al Plan de Cumplimiento de Restricciones, es decir programaste un conjunto de restricciones asignados a un grupo de responsables, entonces la idea es medirlos y saber si cumplieron lo asignado. De esta manera, se observa el desempeño de tus responsables y determinar quién no está cumpliendo con su trabajo o qué está sucediendo con alguna actividad. También, consideraría un indicador como un conjunto de actividades a ejecutar, y de esta manera definir el plan semanal libre de restricciones. Podrías incluir también la curva S que muestra el avance real de tu obra, y así identificar la producción ejecutada. Podrías considerar extra como indicador de control el SPI o SB, y el cronograma ganado como medidores globales de la programación. En relación a la parte de costos, el last planner no te va mostrar el costo obtenido de tu obra, pues solo muestra tu metrado de avance, en caso, quieras incluir dinero, debes considerar el valor ganado.

**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿quiénes son los principales involucrados de cada fase del last planner system?**

En el plan maestro, consideras el gerente de proyectos, residente de obra, jefe de producción y jefe de oficina técnica. En el lookahead, lo considero en dos formas: planificarlo y controlarlo. En el inicio, se considera al residente, jefe de producción y jefe de oficina técnica. Luego, después de la ejecución, se considera a todo el staff de obra. Asimismo, en forma paralela, se consideran reuniones con jefes de cuadrilla, tales como capataces de acero, encofrado y/o subcontratistas. En las reuniones del plan semanal, con el staff de obra, capataces y subcontratistas observas el PPC y Causas de No Cumplimiento. Asimismo, con ellos puedes revisar las restricciones de las actividades del lookahead para la liberación de las mismas.

**Dentro de la aplicación directa del last planner system, ¿se considera algún registro de asistencia de estas reuniones semanales de planificación? ¿qué medidas adoptan en caso de inasistencia de algún involucrado?**

Dado que el last planner es una herramienta de trabajo colaborativo, y por tanto debe formar parte de la cultura de la empresa, de esta manera las personas dentro de la obra deben tener conocimiento de la misma, y contar un entrenamiento previo al uso de esta herramienta. No se considera establecer sanciones, si no que forme parte del ADN de los involucrados del proyecto, lo cual debe ser parte de una rutina de los mismos.

**En base a su experiencia, ¿cuáles considera que son las Causas de No Cumplimiento más recurrentes dentro de las obras? ¿Qué medidas adoptan para evitarlas?**

Actualmente, en los proyectos que me encuentro enfocado no son de ejecución de obra. Sin embargo, he participado en obras de proyectos multifamiliares, lo que recuerdo es que el suministro de materiales, la parte de la logística, fallo en la entrega de proveedores, el ingreso de personal, pues algunas veces no se considera el desarrollo de su examen médico y entrega de EPP's. Asimismo, se considera el pedido de materiales, tales como el acero y concreto, en lo último fallan en la frecuencia de despacho de concreto solicitado. Esto dependerá del proyecto que te encuentres, en el caso de que te encuentres en una obra tipo Fast Track, en la cual sucede que no se cuenta con planos finales para el desarrollo de las actividades.



## **Anexo D: Entrevista a E03 – Validación de variables**

Código: E03

Profesión: Ingeniera Civil

Años de experiencia: 18 años de experiencia Empresa donde labora: Líder Constructora Cargo actual: Jefa de Oficina Técnica

### **En primer lugar, ¿qué entiende usted por el last planner system?**

El Last Planner System tiene que ver con lo que nosotros le llamamos el pull planning; es decir, se tiene que estar preparado para lo que se viene más adelante. La metodología va hasta el último planificador, el cual dependerá precisamente de tu cronograma, y el cual puede ser tu capataz, contratista, operario, etc.

Dentro la empresa donde labora, ¿tuvo alguna capacitación sobre la metodología del last planner system?

Nosotros hemos recibido capacitación interna en la empresa. Los ingenieros de producción y los jefes de obra siempre daban charlas y capacitaciones, pero adicionalmente a eso lleve capacitaciones en maestrías y cursos, certificándome en España. Sin embargo, considero que he aprendido mucho más del LPS trabajando en el día a día.

### **En base a su experiencia, ¿cuáles son las principales barreras en la aplicación del last planner system?**

El LPS no se debe aplicar solamente con tu equipo de obra, sino con todos los stakeholders del proyecto; no necesariamente con todos durante todo el tiempo, pero si deben de estar involucrados. Va desde el equipo de obra, hasta el cliente o el contratista.

En mi experiencia, otra de las barreras que hemos tenido ha sido que cada jefe de obra tenia su propia forma de llevar el LPS, por lo que se genero una falta de estandarización.

### **En base a su experiencia, ¿cuáles son las ventajas principales que atribuye al last planner system frente a la programación tradicional?**

La principal diferencia que se encuentra es el cambio del enfoque push hacia el pull. Mientras que en el primero vas necesitando algo y vas pidiendo, así como solo se revisa avances, en el pull la programación va jalando todas las restricciones, revisando la calidad, almacenes, etc. En resumen, desde la perspectiva de oficina técnica, la mayor ventaja es el tema de operatividad logística y de calidad.

**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿cómo desarrollan las fases del last planner system, tales como el plan maestro, lookahead, planificación semanal? Dentro de estas fases, ¿cuáles son las variables más importantes en cada etapa de planificación?**

En el Master siempre estoy involucrada ya que va muy de la mano con presupuestos y costos. En el Look Ahead depende mucho ya del equipo de obra, y en el caso de OT se aterriza un poco más con el tema de los planos y modelos. Y ya si nos enfocamos en la planificación semanal, tenemos que ver el tema de los requerimientos. En el caso de nuestra empresa, en el que construimos para nuestro propio grupo inmobiliario, hacemos un flujo de requerimiento. Si no tenemos el Look Ahead, los tiempos, las sectorizaciones y los pormenores que se necesitan en obra, no podemos tener este flujo mencionado

**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿cuáles son los principales indicadores de cada fase del last planner system?**

Inicialmente, el primero que viene a la mente es el PPC, el cual se obtiene para un tema de cumplimiento que siempre se va a revisar, y que a su vez, va de la mano con el SPI. Desde mi área, lo que si extraemos en Oficina Técnica es la documentación que se debe de tener a tiempo, así como también, y lo que es mas importante, las proyecciones de los costos que va a requerir la obra, lo cual permite actualizar el resultado operativo de la misma. Esta proyección es mas orientada a la caja y el costo que a la producción, y permitirá predecir como terminará la obra en el enfoque presupuestal.

**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿quiénes son los principales involucrados de cada fase del last planner system?**

En el plan maestro, al menos en nuestra empresa, se involucra el Jefe de Obra, Oficina Técnica y a veces el Maestro de Obra, inclusive mas que el Ingeniero de Producción. En la etapa del Look Ahead, el equipo de obra, subcontratistas y capataces. Y ya en la etapa de proyección semanal interviene el Ingeniero de Costos, OT, el Ingeniero de Calidad y el Jefe de Obra.

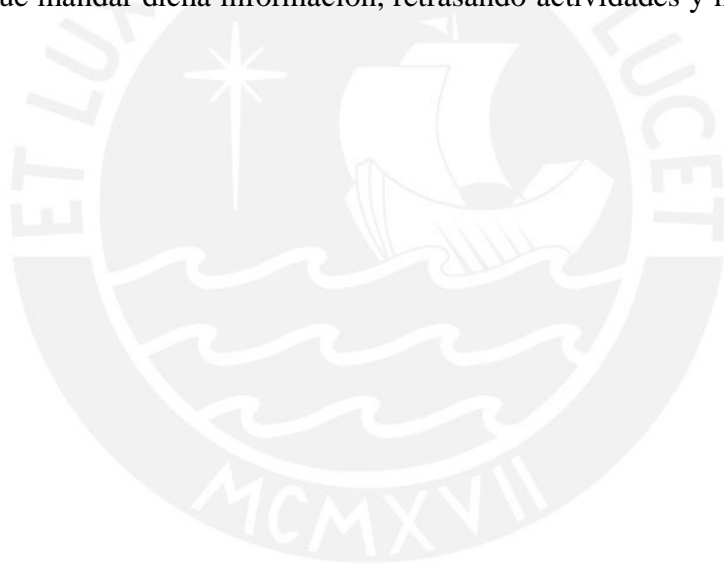
**Dentro de la aplicación directa del last planner system, ¿se considera algún registro de asistencia de estas reuniones semanales de planificación? ¿qué medidas adoptan en caso de inasistencia de algún involucrado?**

Lo principal que se debe buscar, es que si bien no es necesario que estén todos, si deben de estar las personas que toman las decisiones operativas. Por ejemplo, si falta alguien de OT, tiene que

haber alguien que pueda responder por ellos; de repente el de calidad puede hacerse cargo, ya que van íntimamente vinculados. No obstante, al menos el equipo de obra pleno tiene que estar presente en las reuniones semanales.

**En base a su experiencia, ¿cuáles considera que son las Causas de No Cumplimiento más recurrentes dentro de las obras? ¿Qué medidas adoptan para evitarlas?**

Para el caso de Oficina Técnica, las CNC mas recurrentes tienen que ver con no tener la información a tiempo, y es lo que mas van a protestar desde producción, y no necesariamente se da porque no la tienes, sino porque de repente hicieron una orden de cambio o se solicitó una información y el Gerente de Proyecto no entrego la información a tiempo. A veces nosotros mismos tenemos que mandar dicha información, retrasando actividades y no cumpliendo con el PPC adecuado.



## **Anexo E: Entrevista a E04 – Validación de variables**

Código: E04

Profesión: Ingeniero Civil

Años de experiencia: 14 años de experiencia

Área de especialización: Edificaciones e Infraestructura Civil

Empresa donde labora: Grupo Aruntari

Cargo actual: Jefe Corporativo

### **En primer lugar, ¿qué entiende usted por el last planner system?**

El LPS es un sistema que se ha desarrollado desde ya hace varios años, y que en su implementación toma el desarrollo de varias herramientas para gestionar los proyectos de construcción. Los resultados han demostrado que el uso de estas herramientas es beneficioso para los proyectos y para los inversionistas.

### **Dentro la empresa donde labora, ¿tuvo alguna capacitación sobre la metodología del last planner system?**

Estuve en otras empresas donde se llevaban capacitaciones anuales, como parte de la política de la empresa; y también cuando se empezaban proyectos nuevos, sobre todo en el arranque de la obra, ya para que el desarrollo sea seguro la aplicación de las herramientas del LPS. Aparte porque siempre existe personal nuevo que se incorpora en los proyectos, por lo que se necesita que estén familiarizados con el lenguaje técnico y las herramientas del sistema.

### **En base a su experiencia, ¿cuáles son las principales barreras en la aplicación del last planner system?**

En mi perspectiva, yo que he participado tanto desde el lado de producción como de control de proyectos, me daba cuenta de la reticencia de este primer grupo para implementar el LPS por desconocimiento de los resultados. A veces también tienen sus formas de gestionar sus proyectos que puede ser desordenada, a diferencia del LPS que te asegura un procedimiento y sistema de control metódico y disciplinado, que para sea aplicado bien debe nacer desde la Gerencia de Proyectos, para que involucre a su equipo a que se aplique si o si este sistema todas las semanas disciplinadamente.

### **En base a su experiencia, ¿cuáles son las ventajas principales que atribuye al last planner system frente a la programación tradicional?**

Principalmente sobre las programaciones, yo creo que es fundamental ahí. Con el LPS, uno analiza primero el plan de la semana en curso, el three week o four week; entonces se hace un análisis y una proyección bastante completa. Como te mencionaba, con una serie de herramientas que involucran a todas las áreas que participan en los resultados del proyecto. Entonces, en esa metodología de análisis, así como del análisis de restricciones para el cumplimiento de esta planificación, tienen un impacto directo en el cronograma de la obra.

En pocas palabras, es un soporte muy bueno para el cronograma, ya que te asegura que se cumpla el cronograma interno de la obra, que es el cual sobre el que te mides semanalmente con ello.

**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿cómo desarrollan las fases del last planner system, tales como el plan maestro, look ahead, planificación semanal? Dentro de estas fases, ¿cuáles son las variables más importantes en cada etapa de planificación?**

Como parte del Plan Maestro, se parte con un cronograma interno y se suele identificar los hitos importante penalizables del proyecto, y sobre esos hitos se colocan metas parciales. Antes de entregar el plan interno del proyecto se debe armar el plan de construcción con todos los involucrados, en el cual se sinceran las fechas del cronograma del cliente.

Dentro del look ahead, uno lo abre de acuerdo al tipo de proyecto que es. En este caso, como nos referimos a edificaciones, las actividades se dividirán entre pisos y disciplinas, con una duración entre 3 a 4 semanas. El éxito de ello es que se aperture de tal forma que las otras áreas te entiendan a lo que quieres llegar. Esta programación lo debe elaborar el área de producción, y luego de ello se amarra las otras instalaciones(sanitarias, eléctricas, ACI, etc.), por lo que el Ingeniero de Instalaciones también tiene que armar su propio look ahead y plan semanal. Asimismo, cabe resaltar que para proyectos de más envergadura y duración, se recomienda abrir el look ahead hasta un periodo de 3 o 4 meses, para de esta manera lograr que las diferentes áreas se preparen en la gestión de recursos y procuras

**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿cuáles son los principales indicadores de cada fase del last planner system?**

En mi opinión, para el cumplimiento de la semana es el PPC. Muy aparte de eso, la curva S también es fundamental, porque a veces pasa que ese PPC se planifica erradamente, o no lo que tu cronograma contractual como avance físico deberías haber planificado. La curva S te sincera el avance físico de la obra. El PPC debe ir de la mano con la curva S.

Cabe indicar que cuando este PPC sale bajo, se debe realizar el grafico de las CNC, donde se muestren los factores que involucraron que no se cumplieran las actividades. Por último, como ya se mencionó anteriormente, el listado de restricciones es fundamental.

**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿quiénes son los principales involucrados de cada fase del last planner system?**

Lo que me dice la experiencia y los resultados sobre todo, es que el que tiene que armar este LPS no es el Ingeniero de Planeamiento, sino el Ingeniero o Arquitecto de Producción, o el Ingeniero de Instalaciones para el caso de instalaciones. Ellos son los que tienen que armar su LPS, ya que así como arman, también tienen que liderar en campo la ejecución y control de los trabajos, así como las restricciones que hay en campo, lo cual debe acompañar al look ahead y a la planificación semanal. Y los que supervisan el avance será el área de control de proyectos.

Dentro de la aplicación directa del last planner system, ¿se considera algún registro de asistencia de estas reuniones semanales de planificación? ¿qué medidas adoptan en caso de inasistencia de algún involucrado?

Hay dos cosas para mejorar ese cumplimiento e involucramiento de las partes. Lo primero es hablar con Gerencia de Proyectos, explicarle el bajo involucramiento de las partes para llevar a cabo el LPS, y sugerirle reuniones con los encargados de cada área para involucrarlos y conseguir los resultados esperados. Es básico que este Gerente este presente por lo menos en las primeras reuniones de planificación, para que los demás sientan que el Gerente está interesado en la aplicación de este sistema.

Por otro lado, dentro del análisis de las CNC y el listado del análisis de restricciones, se tienen responsables de cada una de las actividades. Y mediante histogramas del cumplimiento de estas actividades se muestran en las reuniones semanales para poder mejorar la estadística correspondiente. Es una forma de mostrarles que deben mejorar el trabajo que están ejecutando. A nadie le va a gustar que uno muestre eso, entonces es una forma de involucrarlos a que levanten sus restricciones encomendadas.

**En base a su experiencia, ¿cuáles considera que son las Causas de No Cumplimiento más recurrentes dentro de las obras? ¿Qué medidas adoptan para evitarlas?**

Generalmente se da por temas administrativos y logísticos; por ejemplo, cuando no llegan los materiales a obra en la fecha planificada. Se sugiere entonces elaborar un Cronograma de Procura,

en el cual se reflejan la llegada de los materiales a obra. Se citan semanalmente a las áreas involucradas, sobre todo al jefe de OT y al Administrador de Contratos. Revisábamos este cronograma, el ingreso de subcontratistas, cuál era la evolución semanal, como está gestionándose la llegada de materiales, etc. Este cronograma es sumamente importante, esto hace que se pueda controlar estas CNC y mejorar el PPC de la semana.

También se tienen CNC por temas ingenieriles, como lo pueden ser las incompatibilidades de planos, lo cual se controla mediante el uso del BIM.



## **Anexo F: Entrevista a E05 – Validación de variables**

Código: E05

Profesión: Ingeniero Civil

Años de experiencia: 10 años de experiencia

Área de especialización: Planificación y Control de Proyectos

Empresa donde labora: OHLA

Cargo actual: Jefe de Planificación

### **En primer lugar, ¿qué entiende usted por el last planner system?**

Es una herramienta que se viene usando en los últimos años y que ha sido de gran ayuda para la construcción, así como para otros rubros de la industria. Básicamente, en mi experiencia como contratista, subcontratista y cliente en algunos casos, donde más yo he visto que la herramienta ayuda es para los contratistas gestores en edificaciones, ya que se tienen procesos estándares, es mucho más visual y existe una secuencialidad de actividades.

### **Dentro de la empresa donde labora, ¿tuvo alguna capacitación sobre la metodología del last planner system?**

La empresa en la cual estoy trabajando no tiene un Departamento de Planificación como tal. Esto tiene sus pros y sus contras; las contras es que básicamente no tienes un soporte en oficina central, como si lo tiene COSAPI por ejemplo. Las pros podrían ser que al no haber un Departamento, tú básicamente eres libre, y tú en base a tu experiencia puedes implementarlo como mejor te parezca. En este caso, el equipo que tengo a cargo ya tiene experiencia con la herramienta, entonces no ha sido necesario una capacitación.

### **En base a su experiencia, ¿cuáles son las principales barreras en la aplicación del last planner system?**

Antes era mucho más notorio el tema de las barreras, porque había mucha gente reacia a los cambios, sobre todo los ingenieros de más edad. Hoy en día ya no hay muchas barreras, creo que todos los Gerentes de Proyecto y Jefes de Producción saben que esta herramienta funciona y saben que sirve.

### **En base a su experiencia, ¿cuáles son las ventajas principales que atribuye al last planner system frente a la programación tradicional?**



En líneas generales tenemos la optimización de los recursos, el aseguramiento de los flujos de trabajo, generar que la construcción sea rentable, asegurar el plazo y objetivos, entre otras ventajas.

**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿cómo desarrollan las fases del last planner system, tales como el plan maestro, look ahead, planificación semanal? Dentro de estas fases, ¿cuáles son las variables más importantes en cada etapa de planificación?**

Para el plan maestro se debe tener todo el alcance muy bien definido. En el look ahead, es muy importante la identificación de las restricciones y la programación de los equipos y materiales. Finalmente, en la planificación semanal, el detalle de que este bien armado y que no haya restricciones; asegurar que el cumplimiento de las actividades sea de por lo menos un 85%.

**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿cuáles son los principales indicadores de cada fase del last planner system?**

Lo más importante es saber por qué no se hicieron las cosas, es decir, las causas de no cumplimiento. Saber qué es lo que está pasando, que es lo que está fallando; ahí nos damos cuenta que de repente estamos programando mal los recursos, sin secuencia lógica, o que los contratistas están fallando. Creo que eso es lo más importante. Obviamente que el porcentaje de no cumplimiento no me indica si el avance está atrasado o no, pero por lo menos me da un porcentaje de confiabilidad.

Adicionalmente a eso, el análisis de restricciones es importante, donde participen todos los involucrados, y se pueda revisar y captar compromisos de los responsables para cumplir con los objetivos.

**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿quiénes son los principales involucrados de cada fase del last planner system?**

Para el plan maestro, que generalmente se elabora en una etapa donde ya se ha dado seguramente la buena pro, lo ideal es ahí que participen el Gerente de Proyecto, el Jefe de Producción, el Planificador y, en caso ya se tenga definido, el Jefe de OT.

Para el look ahead, nuestros contratistas o capataces a cargo de la función, y el Ingeniero de Producción, para elaborarlo de forma operativa. Esto sumado a un Ingeniero de Planificación

para que de soporte en base a las fechas y cumplimiento, así como en el plan semanal. Este look ahead debe ser revisado por lo menos una vez a la semana por todas las áreas involucradas, para poder visualizar las restricciones presentes y liberarlas.

**Dentro de la aplicación directa del last planner system, ¿se considera algún registro de asistencia de estas reuniones semanales de planificación? ¿qué medidas adoptan en caso de inasistencia de algún involucrado?**

No se toman medidas por inasistencia, al menos en donde he trabajado. Generalmente si falta alguien a las reuniones, ha sido porque se le presentado un evento sustancial que no puede preverse. Respecto a la frecuencia de reuniones, nosotros la hacemos semanalmente, pero esto también va a depender de la etapa del proyecto. Al inicio del proyecto si se hacen semanalmente, ya en acabados se presentan situaciones de entregas que causan que se posterguen a frecuencia quincenal.

**¿Cómo se desarrollaron estas reuniones en la época de la pandemia, es decir, durante los años 2020 y 2021?**

En la época de la pandemia, básicamente yo estaba como cliente, entonces nosotros no usábamos la herramienta del LPS, se manejaba de forma distinta. Las reuniones que se ejecutaban se realizaban, y hasta la fecha se mantiene, de manera virtual.

**En base a su experiencia, ¿cuáles considera que son las Causas de No Cumplimiento más recurrentes dentro de las obras? ¿Qué medidas adoptan para evitarlas?**

Las más recurrentes son referentes a una mala programación. Dejando eso de lado, el tema del personal es también bastante repetido, principalmente por el COVID. Pasa bastante que el contratista no tiene gente, o que el personal no quiere quedarse más tiempo, prefieren quedarse los domingos descansando en casa, etc.; entonces pasa que nose pueden lograr los avances que uno esperaría.

## **Anexo G: Entrevista a E06 – Validación de variables**

Código: E06

Profesión: Ingeniero Civil

Años de experiencia: 15 años de experiencia

Área de especialización: Proyectos inmobiliarios

Empresa donde labora: Grupo Level SAC

Cargo actual: Residente de Obra

### **En primer lugar, ¿qué entiende usted por el last planner system?**

Es un sistema basado en el último planificador, en la persona que está registrando la planificación, que no necesariamente es la cabeza de obra; lo puede ser, pero también puede ser otras personas encargadas de producción. Lo ideal es que fuera el Ing. de Producción, alguien que dirija la obra, pero no es el que va a crear todo el sistema, sino que lo hará en colaboración con todos los intervinientes.

### **Dentro la empresa donde labora, ¿tuvo alguna capacitación sobre la metodología del last planner system?**

La he tenido hace años, ahora digamos que es algo que aplico en el día a día. Pero si, cuando fue la primera vez que tuve la oportunidad de estar a cargo de un proyecto, en 2014, llevé a cabo una capacitación sobre lean construction, y parte de ese curso era profundizar sobre la herramienta del last planner system.

### **En base a su experiencia, ¿cuáles son las principales barreras en la aplicación del last planner system?**

Una de las principales es romper el paradigma que generalmente se cree que hay una cabeza que todo lo dirige y que da todas las directivas, mientras que todo el mundo tiene que seguirlas. No es necesariamente así, o sea, si es importante, mas no tiene que ser lo fundamental. Todos tienen que aportar, cada stakeholder desde su punto; por ejemplo, agentes importantes en la planificación, que suelen dejarse de lado, son los capataces y los jefes de cuadrilla. Muchas veces uno planifica ciertas actividades y no se consideran en la planificación, pero finalmente son ellos los ejecutores; uno puede llevar ese plan, y luego nos damos cuenta que hay ciertas tareas que no se pueden hacer y ellos mismos te lo dicen. Y finalmente, durante las reuniones de planificación,

cuando se haga un recuento de las actividades cumplidas de la semana y se calcule el PPC, van a saltar dentro de las CNC la sobreestimación de lo que realmente se podía ejecutar.

**En base a su experiencia, ¿cuáles son las ventajas principales que atribuye al last planner system frente a la programación tradicional?**

Te mejora tus estimaciones, porque es una integración de actividades. No es solo planificar una semana, sino que es una secuencia de semana tras semana, enfocándonos en la mejora continua. Tomas las lecciones aprendidas para que durante las siguientes semanas no se vuelva a repetir el error.

**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿cómo desarrollan las fases del last planner system, tales como el plan maestro, look ahead, planificación semanal? Dentro de estas fases, ¿cuáles son las variables más importantes en cada etapa de planificación?**

Para el plan maestro, recomiendo que el ejecutor sea una persona con experiencia, que haya llevado varias obras. Como dice su nombre, es algo general, donde no tiene que estar todo detallado hasta que tengas bien claras tus fases y los procesos.

Cuando ya se aterriza a un look ahead, tiene que ser una mezcla de experiencia y de un equipo, ya que este look ahead, se suele hacer de periodos entre 3 a 6 semanas. Personalmente, me va bien con uno de 4 semanas, pero he visto de diferentes números de semanas. Entonces, que sea un consenso entre todos los intervinientes para que se puedan determinar bien las restricciones y responsabilidades. No basta con solo planificar esto, sino que se debe hacer seguimiento mediante una persona que verifique que las restricciones que se hayan identificado, se hayan levantado.

Por último, en el plan semanal, justamente es sobre lo que hablamos de las reuniones semanales en obra, con todos los intervinientes, llámese jefes de cuadrilla, capataces, topógrafo, para que cada quien de sus percepciones o sus puntos a tener en cuenta durante la semana y que plasmen las cantidades que cada quien va a producir y de manera secuencial.

**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿cuáles son los principales indicadores de cada fase del last planner system?**

Bueno, el PPC y las CNC te dan una medida de que tan bien se están realizando las actividades en obra. Por ejemplo, si hablamos del PPC, hay un valor medio que es el 80%, que, si llegas a superarlo, va la cosa bien. Si te sale menos de ese valor, hay que analizar qué está pasando para

poder mejorar ese porcentaje. Hay semanas en las que el indicador va a ser bajo, pero ahí también debe verificarse el acumulado y la evolución.

En el caso de las CNC, son muy importantes porque hay que determinar dónde es que está fallando la organización o el equipo; de repente se puede estar sobreestimando la capacidad, ya sea por restricciones de personal, espacio, herramientas, etc. También se refleja si hay fallas por el tema comunicativo entre agentes involucrados o si logística no regulariza la llegada de materiales, entre otras causas.

Otro indicador importante, dependiendo del número de gente que tengas, analizar rendimientos por cuadrilla. También de esta manera podemos observar que si no se está llegando a la planificación es porque la mano de obra no está rindiendo lo que deben rendir. Personalmente, es un indicador que verifico semana a semana.

**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿quiénes son los principales involucrados de cada fase del last planner system?**

Para el plan maestro, debe estar necesariamente el Residente, el Gerente de Proyectos y el Ing. de Producción. También sería óptimo que estén presentes el Jefe de Seguridad y el Ing. de Calidad, para que den alcances sobre los planes de liberación y seguridad, y para que tengan conocimiento de todas las actividades; de esta manera, se pueden preparar para tener lista la documentación.

Para el look ahead y el plan semanal deben estar todos los intervinientes en campo, los contratistas, topógrafo, capataces, jefe de cuadrillas, etc.

**Dentro de la aplicación directa del last planner system, ¿se considera algún registro de asistencia de estas reuniones semanales de planificación? ¿qué medidas adoptan en caso de inasistencia de algún involucrado?**

Se les hace saber en los grupos de coordinación mediante WhatsApp, donde se envía luego el acta. Y si alguien faltara, se entiende, porque seguramente hay motivos por fuerza mayor; pero si no hay pronunciamiento, se les hace un llamado de atención general en el grupo, y que se espera que para la siguiente reunión no falten, porque estas reuniones de planificación son importantes. Por otro lado, se maneja un tiempo de una hora para las reuniones, porque después de ese tiempo, se puede perder un poco la atención, el foco, de lo que se está hablando. Las reuniones

deben de ser ágiles para que surjan efecto; una reunión de 2 o 3 horas no tendría sentido.

Después de este llamado de atención, generalmente ya no vuelven a faltar.

**¿Cómo se desarrollaron estas reuniones en la época de la pandemia, es decir, durante los años 2020 y 2021?**

Muchas de estas reuniones fueron virtuales, porque varios de los agentes tenían restricciones de edad y peso. Se manejaban por plataformas como Zoom y Meet, y los que podían estar en obra, estaban, y se ponían una laptop con proyector para escucharlos a todos.

Mi punto de vista es que estas plataformas son buenas y hay que usarlas bien. Hacen las cosas más dinámicas, como pueden ser enviar fotos o videos mediante WhatsApp en vez de enviarla por correo y que se haga muy pesado, o grabar las reuniones por Zoom para luego revisarlas y anotar puntos que no se hayan tomado en cuenta en primera instancia.

**En base a su experiencia, ¿cuáles considera que son las Causas de No Cumplimiento más recurrentes dentro de las obras? ¿Qué medidas adoptan para evitarlas?**

Llegada de materiales; a veces hay materiales que se piden 3 o 4 días antes, pero hay otros que se deben pedir con 1 o 2 semanas de anticipación. Por ejemplo, cables eléctricos, sobre todo, los diámetros no comerciales. A veces uno lo pide con una semana de anticipación, pensando que es suficiente, cuando puede llegar a tardar hasta 20 días. Otra causa es la sobreestimación. A veces uno quiere vaciar en una semana 200 m<sup>3</sup>, pero fue mucho, porque puede ser que el personal era nuevo, y el rendimiento teórico con el que se parte no se acomoda al rendimiento real, ya sea por las condiciones de trabajo o del personal. También se ven fallas operativas. De repente, los que están encargados de producción no comunican o no supervisan de manera adecuada al personal las tareas o actividades que deben realizar durante el día, lo cual puede retrasar o incumplir la planificación semanal.

## **Anexo H: Entrevista a E07 – Validación de variables**

Código: E07

Profesión: Ingeniero Civil

Años de experiencia: 25 años de experiencia

Empresa donde labora: Calaminon

Cargo actual: Gerente de proyecto

### **En primer lugar, ¿qué entiende usted por el last planner system?**

Para mí significa esto se refiere a planificar desde la fecha fin del proyecto. De estamnera se desarrolla el *pull planning*.

### **Dentro la empresa donde labora, ¿tuvo alguna capacitación sobre la metodología del last planner system?**

Practico esta metodología desde hace 10 años, desde que utilizamos la filosofía *lean construction*, se presentó como una herramienta para mejorar nuestra productividad en los proyectos. Actualmente, en la empresa donde me encuentro no practican mucho estaherramienta; y ahora que acabo de llegar estamos iniciando el proceso de planificación del last planner, revisando los hitos contractuales mediante reuniones los primeros involucrados.

### **En base a su experiencia, ¿cuáles son las principales barreras en la aplicación del last planner system?**

Entre las barreras que puedo mencionar considero que principalmente es tedioso, dado que se requiere de varias sesiones para obtener el last planner de la obra. En este caso elgerente de proyecto y el staff de obra discuten sobre lo planificado y las metas planteadas.

### **En base a su experiencia, ¿cuáles son las ventajas principales que atribuye al last planner system frente a la programación tradicional?**

Las ventajas de utilizar esta herramienta son muy altas, en el caso de evaluar su uso del uno al diez, lo colocaría como un ocho. Esta metodología nos asegura tener a tiempo tanto materiales como servicios, proveedores. Asimismo, poder definir con anticipación

la gestión de los subcontratos de las partidas que se van iniciar en un horizonte temprano. En este caso, se debe considerar los tiempos de negociación, tiempo de firma de contrato, tiempo de importación, tiempo de flete. Todo ello se va mapeando, y de esta manera se proyecta cuando se debería iniciar la gestión de una partida. Sin esa herramienta, podría darse el caso de tener una

programación adecuada; sin embargo, si no se utiliza ello, podría llegar la fecha del inicio de una partida, y no se cuente con el material en obra o con el subcontratista adjudicado.

**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿cómo desarrollan las fases del last planner system, tales como el plan maestro, look ahead, planificación semanal? Dentro de estas fases, ¿cuáles son las variables más importantes en cada etapa de planificación?**

Creo que debería darle mayor importancia al look ahead, este sale de una programación, el cual muestra lo planificado de cuatro semanas. Respecto al plan maestro, este sale de una programación, es una parte básica que uno identifica como va a ejecutar la obra a grandes rasgos, y luego se tiene que ir siendo más específico. En el caso de que no se tenga una buena programación de las distintas partidas, se podría dar el caso que el plan maestro y look ahead no tendrían buenos resultados. En este caso se debe realizar un buen trabajo del equipo de obra, y no entregar esta tarea al planner, un puesto que se ha creado últimamente para que maneje la programación de la obra. No creo en ese puesto, pues los chicos que ocupan esta posición no tienen la suficiente experiencia para gestionar ello. Lo que sí ellos deben revisar son las rutas críticas, las partidas que deberían estar en ella. El peso de ello es en la programación.

**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿cuáles son los principales indicadores de cada fase del last planner system?**

Los indicadores te ayudan a darte cuenta si tu programación o planificación es la correcta, pues te muestra si vas por buen camino. Por ejemplo, el PPC me parece un buen indicador; sin embargo, la Carta balance, este indicador se maneja cuando tienes tiempo o sobra recursos. Por ejemplo, si tú tienes un buen PPC, entonces no correspondería realizar una Carta balance. Dado que se está teniendo un buen rendimiento, por lo que dejaría de lado realizar la carta balance. Por ejemplo, eso se haría en casos excepcionales, en mi caso, he realizado ello en la mejora de una actividad, en la cual realizar movimiento para mejorar el proceso para tener un buen rendimiento. Toda herramienta de control ayuda para identificar si vas por buen camino, y qué tan productivo se está. Estas herramientas deben medirse semana a semana, y de esta manera poder tomar acción con anticipación.



**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿quiénes son los principales involucrados de cada fase del last planner system?**

Definitivamente, tenemos que entender que es lo que requiere nuestro cliente, en este caso es el stakeholder principal. Luego, se debe considerar al equipo de obra, como la oficina técnica, tu equipo de producción, todos ellos deben estar de la mano para generar un plan y un cronograma que sea creíble, el cual debe ejecutarse. Por ejemplo, sucede que a veces solo se emite el cronograma para realizar, luego viene el de producción, y observa que lo programado no se va a cumplir y se generan cambios que no estaban previstos. Se debe realizar una coordinación adecuada de ello para manejar la experiencia, así poder entregar una buena planificación. Por ejemplo, hoy en día se debe tener en cuenta mucho cuidado con la parte contractual, por lo tanto, el cronograma es importante y ser desarrollado por el equipo completo, pues en caso de una mala planificación, podría implicar el pago de penalidades por incumplimiento del cronograma.

**Dentro de la aplicación directa del last planner system, ¿se considera algún registro de asistencia de estas reuniones semanales de planificación? ¿qué medidas adoptan en caso de inasistencia de algún involucrado? ¿cómo se desarrolló esto en la época de pandemia por covid-19?**

De verdad que, en la etapa de pandemia, se utiliza mucho las plataformas virtuales tales como el *Meet* o *Teams*. Estas reuniones se caracterizan por ser muy ejecutivas, pues se trabaja con el equipo, cada uno hacía su parte y luego se mostraba lo avanzado y cada uno brindaba sus ideas para corregir algunas cosas en base a la experiencia. También, se utiliza mucho la pizarra, este instrumento que podíamos escribir, de esta manera, podíamos ver lo que cada uno escribía. Esto se desarrollaba usualmente en la etapa de planificación o en el inicio de la obra, fue novedoso para muchos de nosotros, nos costaba al inicio, pero nos logramos adaptar para cumplir con las metas propuestas. Todas estas plataformas han sumado mucho en la ejecución de diferentes obras, incluso el uso del aplicativo WhatsApp, esta herramienta nos sirvió para una comunicación directa e instantánea. Por ejemplo, en algunas obras que estaba, donde los ingenieros andaban con sus *tablets*, donde se trabajaba con el BIM, en el cual ellos iban a campo y observaban los planos en 3D, en este caso, si se identifica alguna interferencia, en la cual se levantaba esta observación de manera oportuna. Asimismo, con el uso de WhatsApp con el envío de fotos de observaciones, uno

podía ver en vivo y en directo lo señalado, y así tener mapeado lo que se tiene que corregir. Todo esto ha ido ayudando a ser más eficientes en nuestras labores.

**En base a su experiencia, ¿cuáles considera que son las Causas de No Cumplimientos más recurrentes dentro de las obras? ¿Qué medidas adoptan para evitarlas?**

En mi posición, dado que no tengo el manejo financiero, en muchos casos no se cumplen mis compromisos con mis socios estratégicos, por ejemplo, mis proveedores. No logro que mi gerencia entienda cuáles son los flujos que se requieren en obra, me veo en la necesidad de renegociar mis contratos y órdenes, pero siempre tomando en cuenta el plan trazado para que se cumpla. En este caso, si no logro una buena coordinación con la parte financiera, dado que se debe cumplir lo programado.



## Anexo I: Entrevista a E08 – Validación de variables

Código: E08

Profesión: Ingeniero Civil

Años de experiencia: 07 años de experiencia

Empresa donde labora: Consorcio Bicentenario

Cargo actual: Ingeniero de Costos y Presupuestos

### **En primer lugar, ¿qué entiende usted por el last planner system?**

Es una planificación colaborativa donde necesariamente deben participar todos, el cual está destinado para la planificación a corto plazo, a pesar de que todo nazca de una planificación maestra. Todo lo que uno quiere realizar sea transmitido, y esto será controlado de manera continua por la parte de campo y calidad.

### **Dentro la empresa donde labora, ¿tuvo alguna capacitación sobre la metodología del last planner system?**

En la empresa que me encuentro ahora, estuve un proyecto anterior. Actualmente, no utilizan la herramienta last planner system. Poder utilizar ello es complicado, dado que sucede que otras personas vienen de otras empresas que sí lo utilizan, pero si dentro de la empresa no lo manejan es difícil poder usarlo. Por ejemplo, si el líder de la obra no está habituado a utilizarlo con el last planner system sería por las puras. Sin embargo, en esta empresa está tratando de implementar una gestión de control de proyectos.

### **En base a su experiencia, ¿cuáles son las principales barreras en la aplicación del last planner system?**

Hice una tesis de maestría sobre el last planner recuerdo muy bien que hicimos un comparativo en el costo de la implementación de la planificación con el uso de esta metodología. Dado que aplicar ello requiere de un presupuesto, y en relación con las empresas, las cuales buscan optimizar costos, de esta manera algunas prefieren evitar estos costos. Esto conlleva a que las empresas no evalúan el costo de no implementar estas herramientas, por lo cual se presenta como una barrera para su aplicación. Otra barrera es que los líderes del proyecto no se encuentren alineados con el uso de esta metodología. Asimismo, se encuentra una barrera la mala aplicación de este sistema en base

a no contar con un equipo de experiencia, muchas veces se planifica de manera solitaria, lo cual no se ejecuta en campo.

**En base a su experiencia, ¿cuáles son las ventajas principales que atribuye al last planner system frente a la programación tradicional?**

Entre las ventajas principales es el ahorro en costos, pues la herramienta busca disminuir gastos de operación. Otra ventaja de usar esta herramienta puedes identificar donde te encuentras en tu obra. En diferencia con la programación tradicional solo te indica avance global sobre la obra, pero no se tiene mayor detalle de ello. A veces hay proyectos donde se guían por el valor ganador, en la cual se interpreta el estado situacional mediante indicadores de actual cost, earned value, y otros, esto resulta ser bastante superficial, en comparación con el last planner system. Otra ventaja es que te brinda una mejor estandarización de lo que uno quiere llevar a cabo, pues en programación tradicional se trabaja a lo que venga, y aceptar lo que se que tenga que afectar.

**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿cómo desarrollan las fases del last planner system, tales como el plan maestro, lookahead, planificación semanal? Dentro de estas fases, ¿cuáles son las variables más importantes en cada etapa de planificación?**

En lo que refiere al plan maestro, se cuenta con una receta donde se consideran a los hitos, la participación colaborativa entre los que planifican, pues depende de ellos donde tengas mapeado los tiempos de cada actividad, también, se considera la eficiencia de estas actividades, en la cual generas un buffer, y con ello obtener tu plan maestro.

Luego, la planificación del lookahead se ve plasmado en tres cosas: debería, puedo y lo haré. Para hacer ello deberías estar evaluando el Análisis de las restricciones, dado que esto es muy relevante que podrían afectar al desarrollo de tus actividades. En ese aspecto se debe evaluar las restricciones, y así saber que tan verídica será tu producción. Considerar también las sectorizaciones para el desarrollo de tus partidas. En esta etapa consideras metas en esta planificación intermedia. Los rendimientos se obtienen de manera semanal, para poder controlar el avance de la obra. En otras obras he utilizado más que todo los ratios, con ello puedes medir la eficiencia, en base a las horas hombre utilizadas. Considerar un buen tren de trabajo, ratios, cuanto debes avanzar semanalmente, restricciones. Finalmente, en el plan semanal debería estar todo listo, en la cual las restricciones deben haber sido liberadas para el desarrollo de tus actividades.

Y así disminuir la variabilidad de lo que planificas en tu obra.

**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿cuáles son los principales indicadores de cada fase del last planner system?**

También, se considera el PPC semanal, usualmente se considera un PPC meta y un PPC acumulado, en muchas obras se considera un PPC meta de 75% - 80% como mínimo, y este debe ser comparado con un PPC acumulado. Dado que podría suceder que tengas semanas complicadas, pero debes tomar en cuenta tu PPC acumulado.

Por ejemplo, el Análisis de restricciones se puede considerar el A3, Carta balance, Lean coffee (reuniones colaborativas), Value Stream Mapping (VSM). Por ejemplo, el VSM creas todo un flujo en la cual determinas tu eficiencia de tu equipo de trabajo, y poder determinar los problemas. Por ejemplo, en tu A3 si tienes problema identificado, buscas las soluciones posibles a esta situación. Por ejemplo, en una Carta Balance tu analizas a una cuadrilla y determinas los tiempos contributorios, no contributorios y productivos.

También, se considera las Causas de No cumplimiento, lo cual se relaciona con la programación semanal prevista anteriormente, y con ello determinas los problemas que han sucedido en campo.

**A lo largo de su trayectoria profesional, ¿quiénes son los principales involucrados de cada fase del last planner system?**

En la etapa de planificación se debe considerar al gestor de proyectos, el residente de obra, dependerá de quienes ya se encuentren en obra. Aún, no se sabe si cuenta con los ingenieros de campo y/o ingenieros de calidad. Lo que te dice la teoría del last planner system te indica que deberían estar involucrados todos, inclusive los proveedores, quienes usualmente son los que más fallan dentro de lo planificado. En la etapa de ejecución, cuando estas realizando tu lookahead, tu PPC, tus CNC, deberían estar involucrados los ingenieros de campo o de producción, ingeniero de costos, el planner, residente, maestro de obra, e incluso los ingenieros de calidad y seguridad. De esta manera, se busca que esto sea redirigido en campo, también se debería considerar algunos capataces, en caso de no contar con maestro de obra. Esto dependerá de las reuniones que se tengan en obra, sean diarias o semanales, y tienen que ser cortas, pero efectivas.

**Dentro de la aplicación directa del last planner system, ¿se considera algún registro de asistencia de estas reuniones semanales de planificación? ¿qué medidas adoptan en caso de inasistencia de algún involucrado? ¿cómo se desarrolló esto en la época de pandemia por covid-19?**

Lo crucial en estas reuniones son los compromisos asumidos por las personas involucradas, dado que he visto en algunas reuniones han sido tensas por los compromisos que no se cumplen. Por ejemplo, cuando estuve en la construcción de la videna, se tenía reuniones con contratistas, en la cual se verificaba su frente de trabajo, y es allí donde se establecen los acuerdos, pues uno debe estar involucrado de manera obligatoria. En el 2020, estuve en un puesto de coordinador, en la que básicamente estaba viendo alcances de las obras, e iba muy poco a las obras, por lo que no tuve muchos inconvenientes. En el 2021, cuando se dio la reactivación en las obras, no tuve muchos inconvenientes para el desarrollo de estas reuniones de planificación, lo que si tuvimos incomodidad con las personas que trabajan en oficina, pues tenían otro trabajo tipo home office, pues no es lo mismo de trabajo presencial. Otra situación era el aumento de presupuesto por el plan covid. En este año, se presentó un problema serio, debido a que mucha gente se enfermaba y complicaba las reuniones, en algunos casos se solicitaba la suspensión de la obra.

**En base a su experiencia, ¿cuáles considera que son las Causas de No Cumplimiento más recurrentes dentro de las obras? ¿Qué medidas adoptan para evitarlas?**

En la última obra que estuve, fue una obra vial, se presentaba una Causa de no cumplimiento bien recurrente, es el tema de la población. Dado que se considera a toda la población, pues involucra a muchos vecinos, y en algunas ocasiones te ponen inconvenientes para poder ejecutar los trabajos. Otra es el tema de gerencia, por ejemplo, en reuniones semanales se comprometen con el ingreso de maquinarias o mano de obra, y no ocurre, esto perjudica al desarrollo de actividades. También, se considera la parte documentaria, es decir, las demoras en obtención de las respuestas a las inquietudes que se presentan en la ejecución.

## **Anexo J: Entrevista a Staff de caso de estudio**

### **PRESENTACIÓN DEL ESQUEMA DE PLATAFORMA DIGITAL COLABORATIVA BASADA EN LPS PARA LA CONSTRUCCION DE EDIFICIOS MULTIFAMILIARES**

**EST:** El enfoque que estamos planteando es desarrollar la colaboratividad de todos los agentes, no solo la planificación de obra, si no la administración y oficina técnica. Esto es lo que buscamos en nuestra plataforma Planifica. El software lo vamos a dividir en cuatro partes: lo primero, es el plan maestro, lookahead, plan semanal e indicadores y estadísticas.

**STAFF:** En la pestaña de involucrados, añadiría la imagen del proyecto en la sección de datos generales de la obra. Respecto a la forma que estás considerando agregar en los datos de cada involucrado, añadir el DNI de cada persona, asimismo, de la empresa en la cual trabajan.

**EST:** En lo referente a las partidas, se plantea contar con los metrados, y con esto poder realizar cuadros comparativos para la subcontratación en partidas.

**STAFF:** ¿Esto implica que se haría doble trabajo para el jefe de Oficina técnica? Creo que deberías agregar un botón que permita extraer dicha información a un formato Excel. Asimismo, en la división de partidas, preferimos trabajarlo en especialidades, tales como sanitarias, eléctricas, mecánicas, campo, arquitectura, y otros. En la descripción de artículos requeridos, tomar en cuenta el ITEM de cada producto, dado que no todos llaman de la misma manera a un producto, esto servirá para que puedan estandarizar los requerimientos. El cuadro comparativo que mencionas debe estar homologado, y lastimosamente, cuando cotizas te envían diferentes formatos, por lo que si o si deben ingresar las cotizaciones con el formato de la plataforma.

**EST:** Se ha planteado incluir la funcionalidad de un visor de planos en el cual se tenga acceso rápido a los planos de la obra de diferentes especialidades, así como las actualizaciones correspondientes por parte del staff de obra.

**STAFF:** ¿Qué plataforma vas a utilizar para mostrar los planos? El visor DWG se utiliza para que la gente siempre pueda tener en la web el último plano. Esto sirve para tener la actualización más reciente. Porque cualquier pueda tener un aplicativo para poder ver los planos en dwg.

**EST:** También, estamos planteando incluir en la pestaña de involucrados un similar a un chat de WhatsApp, y poder generar reuniones similares al Zoom.

**STAFF:** En esto hay un problema, dado que no creemos que la gente deje utilizar el WhatsApp, dado que este medio es demasiado masivo y se complica dejarlo.

**EST:** Referente a ello, nosotros planteamos es que utilicen el chat de la plataforma para que puedan coordinar las reuniones de planificación y otros. El enganche es que utilicen este chat para las coordinaciones correspondientes, y de esta manera asocien este medio como parte del trabajo en obra. Y cuando se programen las reuniones te brinden un recordatorio al correo y/o teléfono previo al inicio de la misma.

**STAFF:** Ok, creo que eso podría funcionar para familiarizar al personal de obra con el chat de su plataforma.

**EST:** En relación al plan maestro, se definieron las variables más importantes en base a lo validado con los expertos de la investigación, tales como hitos principales, alcance definido, ruta crítica y buffers de tiempo.

**STAFF:** Tener en cuenta que los feriados no se consideran como buffers de tiempo, podrían cambiar ello como calendario como variable principal. Considerar que se muestre la ruta crítica como corresponde. Cambiar imagen de ello.

**EST:** En relación al lookahead, se definieron las variables más importantes en base a lo validado con los expertos de la investigación, tales como horizontes de tiempo, sectorización, trenes de trabajo y análisis de restricciones. Asimismo, estamos considerando una ventana emergente que muestre los próximos hitos cercanos como parte de las metas que se vayan teniendo en el lookahead.

**STAFF:** Cuando la gente utiliza Project, usualmente la gente no considera los feriados. Esto deben tener cuidado en su programación. Entiendo que su plataforma no se sectoriza, por lo que harían esa sectorización lo podrías hacer en campo. Mejor es colocar esa sectorización de frente a la plataforma.

**EST:** Luego, estamos considerando las alertas que notifiquen a los responsables de la liberación de restricciones, en la cual se considera un sistema semafórico, en base a los tiempos que se liberen estas.

**TAFF:** Ok, nos parece interesante esta propuesta, para que todos estemos atentos a cualquier



retraso en la liberación de una restricción, dado que la memoria es frágil, y a veces se omiten cosas en la ejecución.

**EST:** En relación al plan semanal, se definieron las variables más importantes en base a lo validado con los expertos de la investigación, tales como actividades sin restricciones, rendimientos y flujo de requerimientos. Esto último se manejará directamente con el último planificador, tales como el jefe de cuadrilla, capataces y/o subcontractistas. En esta parte se obtendrá el avance desarrollado de manera automática con lo señalado por parte del último planificador con el registro mediante el aplicativo en su celular. Así en caso no se logre las actividades, se registran las causas de no cumplimiento.

**STAFF:** Ok, nos parece funcional este aplicativo del celular, dado que los maestros o capataces en obra les resulta más sencillo y rápido registrar lo que necesitan con su celular, en nuestra obra, utilizamos mucho el WhatsApp, para cualquier solicitud o coordinación. Muy bien que le den importancia al último planificador, dado que en este recae que todo lo programado se cumpla en campo.

**EST:** En relación a los indicadores y estadísticas, hemos considerado que se incluyan el PPC que se actualizará semanalmente, en el cual se comparará con el PPC meta. También, hemos considerado las CNC que se actualizarán semanalmente con gráficos tipo pastel. Consideramos las curvas de avance de tiempo y de costos.

**STAFF:** No se esfuercen mucho en diseñar las curvas S, que sea de manera directa que se exporte de Excel.

**EST:** También, hemos considerado el indicador PCR que nos muestra la confiabilidad en la liberación de las restricciones, donde se vea cada responsable y su porcentaje de cumplimiento.

**STAFF:** Eso si nos ayudaría mucho para las reuniones de planificación, dado que se podría ver quien o quienes no están cumpliendo eficientemente o que está pasando, y esto no esté cumpliendo con la liberación de sus restricciones asignadas. En líneas generales, lo vemos que está bueno el esquema que han desarrollado, tiene de todo un poco, tanto la integración de la programación como la parte de costos.

## Anexo K: Formato de encuestas de funcionalidades de la plataforma

1. En una escala del 1 al 5, indique la importancia de la siguiente funcionalidad para incluirla en la plataforma: \*

Sección de "Recursos" en la cual se puede ver el listado de recursos existentes, codificar nuevos recursos y solicitar los recursos necesarios, pudiendo exportar ordenes de compra automáticas. Sección de "Recursos" en la cual se puede ver el listado de recursos existentes, codificar nuevos recursos y solicitar los recursos necesarios, pudiendo exportar ordenes de compra automáticas.

Codigo	Artículo	Unidad	Cantidad
000185	Codo de 1/2" x 45° CPVC	und	300
000490	UPR 1/2" CPVC	und	250
000137	Tee 1/2" CPVC	und	200
000138	Union 1/2" CPVC	und	200
000420	Pegamento Oatey naranja 1/4	und	10

Codigo	Artículo	Unidad	Proveedor	Costo unitario
000185	Codo de 1/2" x 45° CPVC	und	Sodimac	1.02

Codigo	Artículo	Unidad	Cantidad	Proveedor
000185	Codo de 1/2" x 45° CPVC	und	300	Sodimac

Selecciona todos los que correspondan.

- No es importante (1)
- Poco importante (2)
- Algo importante (3)
- Importante (4)
- Muy importante (5)

2. En una escala del 1 al 5, indique la importancia de la siguiente funcionalidad para incluirla en la plataforma: \*

Exportación de cuadros comparativos automáticos, generados en base a cotizaciones con metrados estandarizados.

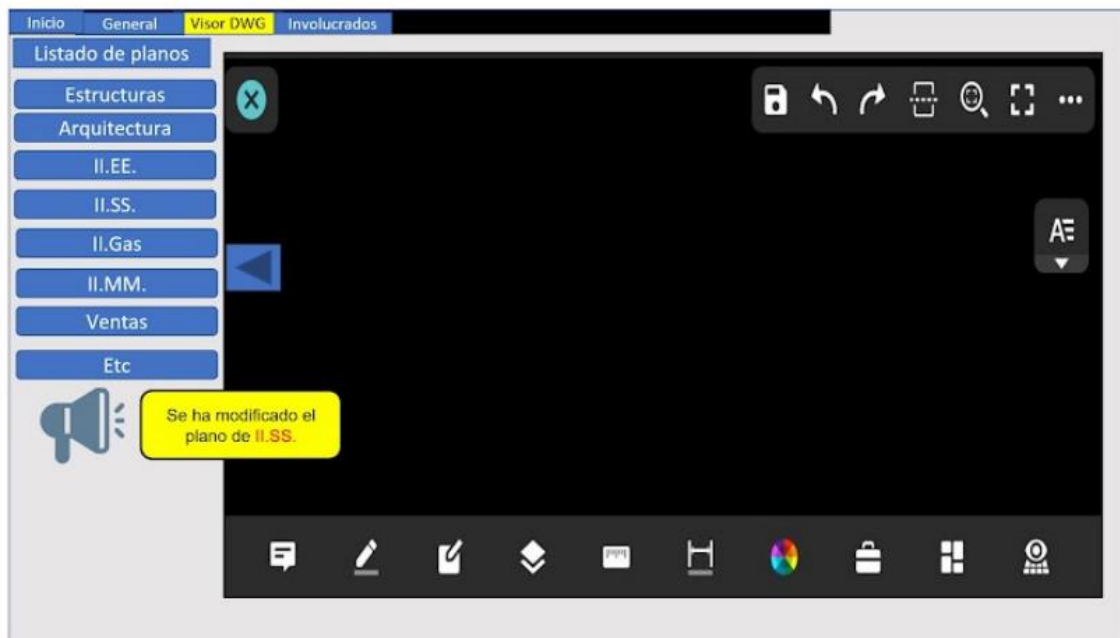
ITEM	Descripcion	UNID	METRADO	Metrado		COTIZACIONES		CUBIERTO METRADO			
				PRECIO	PARCIAL	PRECIO	PARCIAL	PRECIO	PARCIAL		
01	SISTEMA DE AGUA FRIA			\$	42,848.00	\$	38,874.00		\$	42,848.00	
01.01	SALIDA AGUA FRIA										
01.01.01	SALIDA AGUA FRIA TUBERIA DE PVC-SAP 1/2"	mts	240	1/	17.00	1/	4,080.00	1/	4,080.00	1/	11,130.00
01.02	REDES DE DISTRIBUCION										
01.02.01	TUBERIA PVC. C-18. 1/2"	m	840	1/	14.00	1/	11,760.00	1/	12,000	1/	10,080.00
01.02.02	TUBERIA PVC. C-18. 3/4"	m	70	1/	16.00	1/	1,120.00	1/	14.00	1/	990.00
01.02.03	TUBERIA PVC. C-18. 1"	m	120	1/	18.00	1/	2,160.00	1/	15.50	1/	1,860.00
01.02.04	TUBERIA PVC. C-18. 1 1/2"	m	15	1/	22.00	1/	330.00	1/	20.00	1/	300.00
01.02.05	TUBERIA PVC. C-18. 2"	m	30	1/	24.00	1/	720.00	1/	23.40	1/	690.00
01.03	VALVULAS										
01.03.01	VALVULA ESFERICA 1/2"	und	05	1/	80.00	1/	400.00	1/	60.00	1/	300.00
01.03.02	VALVULA ESFERICA 3/4"	und	15	1/	30.00	1/	450.00	1/	42.00	1/	315.00
	GOSTO DIRECTO			1/	138,961.00	1/	115,743.50		1/	126,502.00	
	IG	0%		1/	-	1/	12,361.53	0%	1/	-	
	SUB TOTAL			1/	138,961.00	1/	115,743.50		1/	126,502.00	
	ISV	10%		1/	25,016.58	1/	23,958.00	10%	1/	22,770.36	
	TOTAL			1/	163,977.58	1/	157,063.93		1/	149,272.36	

Selecciona todos los que correspondan.

- No es importante (1)
- Poco importante (2)
- Algo importante (3)
- Importante (4)
- Muy importante (5)

3. En una escala del 1 al 5, indique la importancia de la siguiente funcionalidad para incluirla en la plataforma: \*

Visor de planos, en el cual se compartirán las últimas versiones de los planos existentes de las diferentes especialidades, pudiendo tener todos los involucrados un solo archivo típico.

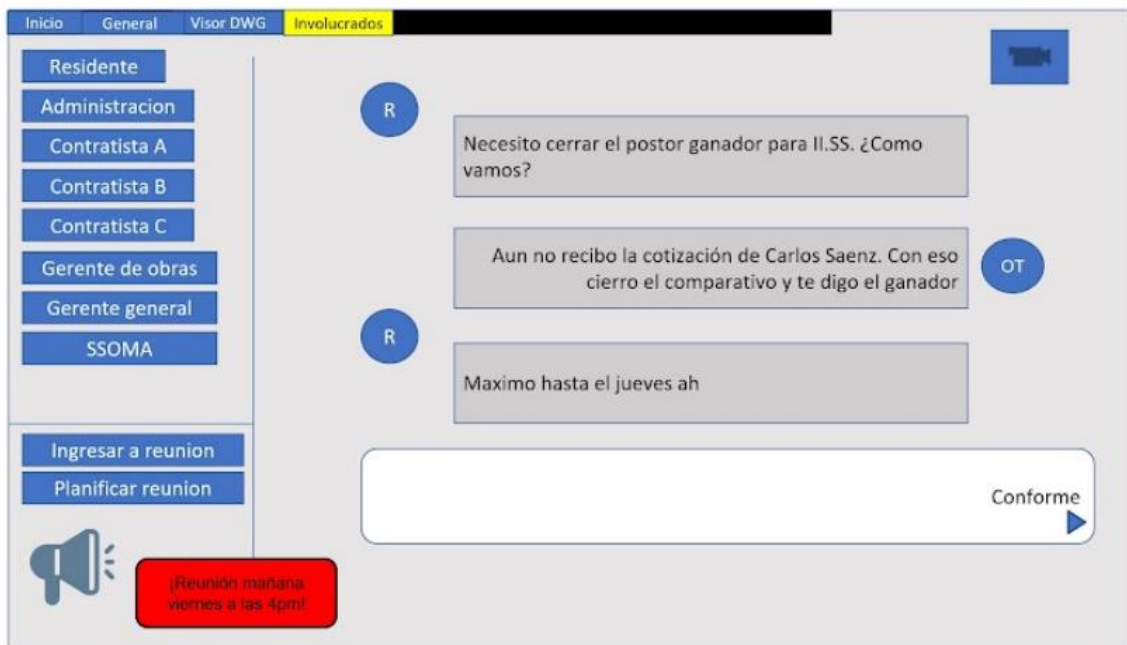


*Selecciona todos los que correspondan.*

- No es importante (1)
- Poco importante (2)
- Algo importante (3)
- Importante (4)
- Muy importante (5)

4. En una escala del 1 al 5, indique la importancia de la siguiente funcionalidad para incluirla en la plataforma: \*

Sección de involucrados, la cual compila a los stakeholders principales en obra, que permite tener una comunicación directa entre todos, así como para programar reuniones de planificación, con una alarma que avisa previamente a dichas reuniones

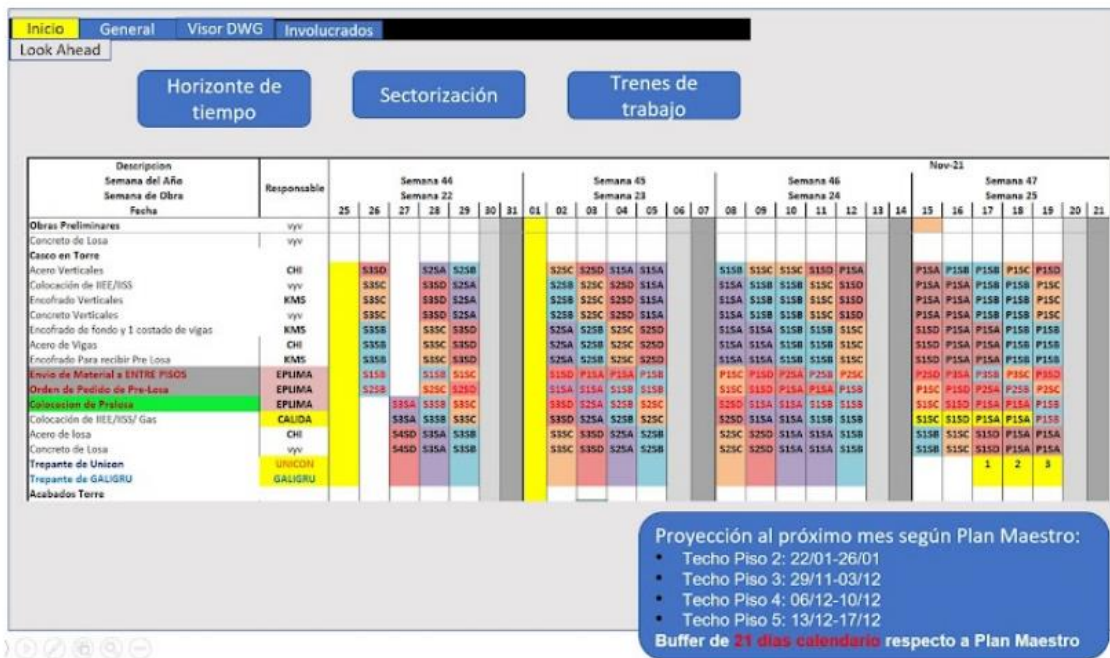


Selecciona todos los que correspondan.

- No es importante (1)
- Poco importante (2)
- Algo importante (3)
- Importante (4)
- Muy importante (5)

5. En una escala del 1 al 5, indique la importancia de la siguiente funcionalidad para incluirla en la plataforma: \*

Proyecciones en el look ahead para el próximo mes respecto a lo programado en el Plan Maestro, así como un indicador de días, ya sea de adelanto o retraso, respecto a dicha programación.



Selecciona todos los que correspondan.

- No es importante (1)
- Poco importante (2)
- Algo importante (3)
- Importante (4)
- Muy importante (5)



6. En una escala del 1 al 5, indique la importancia de la siguiente funcionalidad para incluirla en la plataforma: \*

Sistema 'semáforo' para identificar la liberación de restricciones: verde si se liberó antes de la fecha optima, amarillo si es antes de la fecha máxima y rojo si no se llegó a completar. Asimismo, se añade una alerta un día antes de ambas fechas a modo de recordatorio.

Tipo de restricción	Restricción	Responsable	Empresa vinculada	Fecha optima de liberación	Fecha maxima de liberación	¿Liberada?	
1	Diseño	Definir color	Pier Trejo	JJC	10/11/2021	15/11/2021	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Materiales	Realizar pedido a tiempo	Carlos Saenz	Brockia	10/11/2021	15/11/2021	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Personal	Definir modalidad de subcontratación	Wilson Cotrina	ADV	10/11/2021	15/11/2021	<input type="checkbox"/>
4						<input type="checkbox"/>	

Selecciona todos los que correspondan.

- No es importante (1)
- Poco importante (2)
- Algo importante (3)
- Importante (4)
- Muy importante (5)

7. En una escala del 1 al 5, indique la importancia de la siguiente funcionalidad para incluirla en la plataforma: \*

Versión del software para teléfono, en la cual los últimos planificadores(jefes de cuadrilla o capataces) reportan el avance correspondiente de cada una de sus actividades asignadas. Asimismo, ingresan los recursos necesarios para completar sus tareas, y en caso no se tengan las cantidades suficientes en almacén, automáticamente se reporta al área administrativa.



Selecciona todos los que correspondan.

- No es importante (1)
- Poco importante (2)
- Algo importante (3)
- Importante (4)
- Muy importante (5)



8. A continuación se enumeran algunos indicadores de control. Marque cuales de ellos considera que deberían incluirse en la plataforma: \*

*Selecciona todos los que correspondan.*

- Curva S de avance
- Curva S de recursos
- Curva S de costos
- SPI
- Plan de Cumplimiento de Restricciones - Confiabilidad de liberacion de Restricciones
- Estado de recursos, donde se ven el listado total de recursos adquiridos, así como el dinero total gastado en recursos
- Otro: \_\_\_\_\_

