



“Implementación del Sistema de Planificación – “Last Planner” para mejoras de la Productividad, en un Proyecto de Edificación.”

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:

Lucas Jerez Lagos

Profesor guía:

Francisco Lagos Peralta

Noviembre 2021

Santiago, Chile

DEDICATORIA

Dedicado con todo el amor a mis padres por su apoyo, paciencia y comprensión en este camino universitario.

A Scarlet G. por su confianza, apoyo y preocupación para poder terminar el trabajo de título.

A mi familia y amigos que fueron parte de este proceso y siempre me brindaron el apoyo necesario para cumplir este objetivo.

RESUMEN

El objetivo de esta memoria es evaluar desempeño del sistema de planificación “Last Planner” mediante la implementación de sus herramientas en un proyecto habitacional en el proceso de terminaciones gruesas específicamente a las partidas de tabiquería de un subcontrato.

Se busca detectar falencias en base a la información entregada por “Last Planner” tanto de los procesos mismos de tabique y del proceso desarrollo del sistema con el fin de poder evaluar y mejorar los indicadores propios del sistema mediante procesos de mejora continua, obteniendo así sus pros y contras del proceso de implementación en terreno.

Para lograr lo anterior se investigo sobre el sistema, sus orígenes, fundamentos teóricos e indicadores, entre los cuales fueron aplicados en esta investigación PAC (porcentaje de actividades cumplidas) o PPC (porcentaje del completado). CNC (causas de no cumplimiento, análisis de restricciones y se agregó también un indicador de productividad semanal para cada cuadrilla que participo del proceso de implementación.

Luego de la recopilación de información de Last Planner y conocimiento del proyecto comenzó la implementación que se llevó durante 20 semanas hasta el término del proyecto, se controlaron todas las partidas y cuadrillas, con sus avances, compromisos y productividad.

Finalmente, luego de las dificultades y el trabajo extra que conlleva el sistema, se logró establecer un flujo de trabajo continuo que permitió la evaluación del desempeño de Last Planner dejando fuera gran parte de información y herramientas que entrega el sistema y el sistema de trabajo “Lean”

Los resultados obtenidos de Last Planner se consideran positivos ya que los indicadores reflejan lo que sucede en terreno y resulta ser una excelente herramienta para realizar programas con menor incertidumbre y generar un mayor compromiso de los involucrados en el proyecto.

SUMMARY

The objective of this report is to evaluate the performance of the "Last Planner" planning system through the implementation of its tools in a housing project in the process of thick finishes specifically to partitions of a subcontract.

It seeks to detect shortcomings based on the information provided by "Last Planner" both partition processes themselves and of the system development process to be able to evaluate and improve the system's own indicators through continuous improvement processes, thus obtaining its pros and cons of the field implementation process.

To achieve the above, the system, its origins, theoretical foundations, and indicators were investigated, among which PAC (percentage of activities completed) or PPC (percentage of completion) were applied in this research. CNC (causes of non-compliance, analysis of restrictions and a weekly productivity indicator) was also added for each crew that participated in the implementation process.

After the gathering of information from Last Planner and knowledge of the project, the implementation began that took 20 weeks until the end of the project, all the parties and crews were controlled, with their progress, commitments, and productivity.

Finally, after the difficulties and the extra work that the system entails, it was possible to establish a continuous workflow that allowed the evaluation of Last Planner's performance, leaving out a large part of the information and tools provided by the system and the work system " Read "

The results obtained from Last Planner are considered positive since the indicators reflect what is happening in the field and it turns out to be an excellent tool for carrying out programs with less uncertainty and generating greater commitment from those involved in the project.

.

ÍNDICE

Tabla de contenido

1. Introducción y antecedentes generales	- 1 -
1.1. Antecedentes Generales	- 2 -
1.2. Objetivos	- 4 -
1.2.1. Objetivo General.....	- 4 -
1.2.2. Objetivos Específicos.....	- 4 -
1.3. Justificación de la Investigación.....	- 4 -
2. Sistema de construcción tradicional	- 5 -
2.1. Proyecto de construcción	- 6 -
2.2. Planificación	- 8 -
2.3. Programación de obra.....	- 10 -
2.4. Control de Proyectos	- 13 -
2.5. La Productividad en la construcción.....	- 13 -
3. Lean Construction	- 14 -
3.1 Fundamentos Lean Construction.....	- 15 -
3.2 Principios básicos Lean Construction.....	- 16 -
3.2.1 Incertidumbre.....	- 17 -
3.2.2 Actividades de Transformación.....	- 17 -
3.2.3 Actividades de Flujo.....	- 18 -
3.2.4 Pérdidas	- 19 -
3.2.5 Reducción del tiempo de ciclo	- 21 -
3.2.6 Transparencia de procesos	- 21 -
3.2.7 Mejoramiento completo del proceso.....	- 21 -
3.2.8 Balance de mejoramiento de flujo y transformación.....	- 21 -
3.2.9 Mejora Continua	- 22 -
3.2.10 Benchmarking	- 23 -
4. Sistema de Planificación “Last Planner”	- 24 -
4.1 Conceptos básicos Last Planner System	- 25 -

4.2 El Último Planificador	- 26 -
4.3 Elementos Last Planner	- 28 -
4.3.1 Debe, Puede, Se Hará	- 29 -
4.3.2 Plan Maestro	- 31 -
4.3.3 Planificación Intermedia	- 32 -
4.3.4 Planificación Semanal	- 36 -
5. Implementación de Last Planner en proyecto “Portal de Lampa”	- 40 -
5.1 Antecedentes del proyecto “Portal de Lampa”	- 41 -
5.1.1 Descripción del proyecto	- 41 -
5.1.2 Descripción de la empresa	- 46 -
5.3 Implementación del Last Planner	- 47 -
5.3.1 Implementación Plan Maestro	- 48 -
5.3.2 Implementación Planificación Intermedia	- 51 -
5.3.2.1 Inventario de trabajo ejecutable	- 51 -
5.3.2.2 Análisis de restricciones	- 51 -
5.3.3 Reuniones semanales	- 52 -
5.4 Resultados de la implementación	- 58 -
5.4.1 Semana 2 a 5 – Primer Plan intermedio.	- 58 -
5.4.2 Semana 20 – Cierre de proyecto	- 72 -
5.4.3 Análisis y comentarios	- 80 -
6. CONCLUSIONES	- 81 -
7. BIBLIOGRAFÍA	- 84 -
8. ANEXOS	- 86 -
8.1 Definiciones	- 87 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida de un proyecto de construcción	- 7 -
Figura 2. Proceso de planificación	- 9 -
Figura 3. Carta Gantt.....	- 10 -
Figura 4. Método ruta critica	- 11 -
Figura 5. Líneas de balance	- 12 -
Figura 6. Actividades de transformación.....	- 17 -
Figura 7. Actividades de flujo.....	- 18 -
Figura 8. Fuentes de pérdida	- 19 -
Figura 9. Tipos de pérdida.....	- 20 -
Figura 10. Mejora continua	- 22 -
Figura 11. Proceso de aplicación Lean “Portal de Lampa”	- 23 -
Figura 12. Fases de Last Planner	- 27 -
Figura 13. Debe, puede, se hará. Sistema tradicional.....	- 29 -
Figura 14. Debe, puede, se hará, Last Planner	- 30 -
Figura 15. Niveles de planificación	- 31 -
Figura 16. Proceso Planificación intermedia	- 35 -
Figura 17. Ubicación “Portal de Lampa”	- 42 -
Figura 18. Terreno “Portal de Lampa”	- 43 -
Figura 19. Proyecto Portal de Lampa en construcción.....	- 43 -
Figura 20. Lote 1, Proyecto Portal de Lampa.....	- 44 -
Figura 21. Loteo Portal de Lampa.....	- 45 -
Figura 22. Organigrama “Jafi”	- 46 -
Figura 23. Minuta de reunión remanal.....	- 53 -
Figura 24. Programa de trabajo semanal Last-Planner	- 54 -
Figura 25. Ciclo de partida Faldón de tina	- 67 -
Figura 26. Ciclo de mejor continua – Faldón de tina + zócalo	- 68 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de restricciones.....	- 34 -
Tabla 2. Programa general “Portal de Lampa”	- 49 -
Tabla 3. Hitos del proyecto	- 49 -
Tabla 4. Matriz – Levantamiento del proyecto.....	- 50 -
Tabla 5. Avances – Inicio de implementación.....	- 50 -
Tabla 6. Análisis de restricciones por torre	- 52 -
Tabla 7. Plan de trabajo semanal	- 54 -
Tabla 8. Cuadrillas – Semana 1.....	- 55 -
Tabla 8.1. Registro de productividad de cuadrillas – Semana 1.....	- 56 -
Tabla 9. Planificación intermedia 1	- 59 -
Tabla 10 – Plan de trabajo semanal – Semana 1	- 60 -
Tabla 11. Plan de trabajo semanal y Causas de no cumplimiento.....	- 61 -
Tabla 12. Control de termino Plan intermedio 1.....	- 64 -
Tabla 13. Productividad de cuadrillas – Plan intermedio 1.....	- 71 -
Tabla 14. Control de termino de cuarta planificación intermedia	- 72 -
Tabla 15. Inicio última planificación intermedia.....	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Productividad – Semana 1.....	- 57 -
Gráfico 2. CNC – Semana 2.....	- 61 -
Gráfico 3. CNC Responsables – Semana 2	- 62 -
Gráfico 4. Curva S – Plan intermedio 1.....	- 63 -
Gráfico 5. CNC acumulado – Planificación Intermedia 1	- 65 -
Gráfico 6. CNC por actividad – Planificación Intermedia 1.....	- 66 -
Gráfico 7. PAC – Plan intermedio 1.....	- 69 -
Gráfico 8. PAC de cuadrillas – Plan intermedio 1.....	- 70 -
Gráfico 9. Productividad – Plan intermedio 1.....	- 71 -
Gráfico 10. Curva S – Termino de proyecto.....	- 73 -
Gráfico 11. Evolución de PAC – Termino de proyecto.....	- 74 -
Gráfico 12. CNC – Total proyecto	- 75 -
Gráfico 13. CNC e incidencia en proyecto.....	- 76 -
Gráfico 14. CNC por actividad – Total proyecto.....	- 77 -
Gráfico 15. Productividad general – Total proyecto	- 78 -
Gráfico 16. Productividad Tapado faldón (Eliseo) – Total proyecto.....	- 79 -
Gráfico 17. Productividad Poligyp (Coronado) – Total proyecto.....	- 79 -

1. Introducción y antecedentes generales

1.1. Antecedentes Generales

La industria de la construcción está en constantes cambios y desarrollos tecnológicos, que permiten a las empresas constructoras ser más eficientes, mejorando procesos, productividad, tecnologías nuevas, conciencia con el medio ambiente, normas y estándares de calidad y de esta forma mejorando continuamente para obtener mayor rentabilidad en proyectos. Mayoritariamente en Chile, se construye bajo el marco de la planificación tradicional, este método de construcción es sustentado por la experiencia del trabajo de la administración de una obra o proyecto, quienes deciden y llevan el control de la obra, planificando, programando y suponiendo cómo será el progreso de la obra según el tiempo, mano de obra, calidad asumiendo que los recursos necesarios se encontraran disponibles en el tiempo planificado y programado. Este tipo de planificación en base a supuestos sumado a la constante presión bajo la que se trabaja en el rubro de la construcción genera problemas e inconvenientes durante la materialización de los proyectos, los que deben solucionarse durante el día a día, y que estos problemas o inconvenientes no estaban en los planes y no existe un procedimiento para mejorarlos. Esto conlleva a un ciclo de constantes atrasos y variaciones de tiempo, costos, calidad de lo planificado y programado al comienzo del proyecto, con lo realmente ejecutado esto se ve reflejado en los índices de productividad del sector de la construcción.

La productividad es de los índices más bajos dentro de la industria de la construcción, y resulta ser el más bajo de todos los segmentos de la industria chilena, esta se ve afectada principalmente por los factores de diseño, tecnología y metodología de trabajo, a la mejora de este último es el que apunta esta investigación.

Mediante la aplicación de diferentes tipos de planificación y control de proyectos, dado a la necesidad de optimizar y darles el uso correcto a los recursos, para generar un alza en los índices de productividad en las obras surge el Sistema de Planificación “Last Planner” o Sistema del Último Planificador (SUP), el cual propone una innovación del método de tradicional usado en la construcción, basado en la Filosofía Lean Construction o Construcción sin pérdidas.

Last Planner System es un sistema de control de procesos y recursos que mejora la efectividad de las actividades planificadas en distintos proyectos de construcción. Last Planner fue desarrollado a finales de los años 90 y es implementado por diferentes constructoras a nivel mundial y latino américa dando buenos resultados en términos de la mejora de la productividad y del sistema de medición propio de last planner.

Esta filosofía plantea procesos productivos y constructivos más eficientes disminuyendo las pérdidas o fuentes de retrasos con el objeto de crear valor al producto. El Sistema del Último Planificador crea un método de planificación llamado “Plan Maestro”, “Plan Intermedio” y una “Planificación Semanal” que busca aumentar el nivel de confiabilidad

del proceso de planificación, mejorar el control de proyectos, creando un ciclo de mejora continua y enfocando un flujo constante de producción para obtener los diferentes datos de medición que refleja el correcto desempeño del sistema de medición, de este modo es posible elevar los índices de productividad del sector de la construcción o de una empresa. Este nuevo sistema de planificación está basado en los hechos y no en supuestos, con la utilización más eficiente de los recursos humanos, materiales y de información, permitiendo controlar mejor la incertidumbre que genera el sistema tradicional.

En este proyecto se propone estudiar y llevar a cabo los procesos de trabajos propuesto por el sistema de planificación “Last Planner” en un Proyecto de edificación de mediana altura en la comuna de Lampa, Región Metropolitana, Chile y de esta forma generar una solución a los problemas de productividad en la industria de la construcción. Es importante considerar que la aplicación de este sistema requiere la colaboración y participación de los involucrados en el proyecto como el administrador de obra, el jefe de obra, el jefe de terreno, etc. así obtener mejores resultados y realizar una aplicación más eficaz durante la fase de implementación del “SUP”.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Implementar el Sistema de Planificación “Last Planner” en un proyecto de edificación en la Región Metropolitana, para analizar y comparar el desempeño de este, con respecto a la productividad y los indicadores propios del sistema.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Comprender y dominar el Sistema de Planificación “Last Planner” para identificar su aplicación e indicadores.
- Generar un flujo de trabajo constante, que permita evaluar la aplicación del Sistema de Planificación “Last Planner”.
- Identificar las principales variables del Proyecto, para mejorar la productividad y los indicadores propios del sistema aplicados en el proyecto de construcción.
- Maximizar la aplicación del Sistema de Planificación “Last Planner”, evaluando sus ventajas y desventajas de la aplicación.

1.3. Justificación de la Investigación

La investigación de los problemas de la productividad y del sistema de planificación tradicional se realizó por el interés de mejorar el desempeño de las empresas y la industria de la construcción en proyectos de edificación en cuanto al nivel de productividad mediante un sistema nuevo y diferente como el Sistema de Planificación “Last Planner”.

La productividad se ve afectada principalmente por los factores de diseño, tecnología y metodología de trabajo, a la mejora de este último es el que apunta esta investigación.

Se espera que mediante la aplicación del sistema de planificación “Last Planner” se logre mantener un flujo de trabajo constante que permita la toma y posterior evaluación de los indicadores propios de este sistema de trabajo, así conseguir un proyecto más eficiente y ser una solución de mejora para empresas del sector construcción.

2. Sistema de construcción tradicional

En el sistema tradicional de construcción, al no existir ningún procedimiento estipulado o una pauta que seguir para todos los proyectos de construcción, las decisiones tomadas por la administración son en base a la planificación inicial dado a que es el análisis y visión de largo plazo del proyecto, que con el pasar de los meses y la variabilidad de los recursos genera incertidumbre de que si realmente se ejecutara lo que se debe realizar o si llegaremos con los objetivos propuestos al inicio o si el costo será realmente el presupuestado y así una serie de incógnitas que el sistema tradicional no es capaz de solventar por completo, si bien este sistema se ha mantenido a lo largo del tiempo no quiere decir que sea un sistema eficiente, sino que se ha mantenido por el miedo al cambio o la falta de información sobre nuevas tecnologías de la administración de un proyecto.

El sistema de construcción tradicional se basa en una cantidad de procesos donde se establecen actividades determinando hitos de inicio y termino para cada una de ellas, los que se ven reflejados en una Carta Gantt, que comúnmente es la única carta Gantt realizado durante toda la ejecución del proyecto.

2.1. Proyecto de construcción

Para entender de manera correcta el trabajo de investigación es necesario conocer los procesos y definiciones más relevantes para llevar a cabo la realización de un proyecto de construcción. “Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” (PMI, 2013, pág. 3). Al ser temporal refleja que todo proyecto tiene una fecha de inicio y termino estipulada definiendo así también su duración, por ejemplo, esto se manifiesta en la duración de los contratos de construcción ya sean en años, meses o semanas. Al ser único indica que solo existe un proyecto con sus características de ubicación, tiempo, materiales, recursos etc.

Puesto que los proyectos surgen con una idea, se tiene gran incertidumbre del futuro y del desarrollo del proyecto por esto se debe definir claramente los fundamentos básicos que tiene un proyecto para un desarrollo óptimo, estas son: (Campero & Alarcón, 2008):

- Función que debe cumplir un proyecto (producción, Programa y Presupuesto).
- Definición o alcance del proyecto. En adquisición de equipos, se expresa en Términos de Referencia (capacidad, rendimiento, especificaciones, garantías, uso de repuestos, etc.) En una obra civil, esta definición se expresa en Planos y Especificaciones.
- Programa de materialización del proyecto.
- Presupuesto.

Estos cuatro aspectos (Función, Descripción, Programa y Presupuesto) determinan el marco de referencia del proyecto para dirigir su materialización.

Por lo tanto, se entiende de un Proyecto de Construcción como la organización de ideas, información, recursos humanos, materiales, financieros y una secuencia de procedimientos y procesos constructivos en base a especificaciones técnicas, para la realización de un producto definido y único, con una fecha de inicio y termino determinada.

Los proyectos de construcción se componen de varias etapas para su desarrollo siendo las siguientes las más principales en su ciclo de vida.

- Conceptualización del Proyecto, donde se evalúa el proyecto con información de factibilidad.
- Definición y desarrollo del Proyecto, se realizan programas de relaciones contractuales, costos y planificación con información específica.
- Ejecución del Proyecto, en donde se realiza el diseño y construcción o ejecución del proyecto.
- Terminio o cierre del Proyecto.

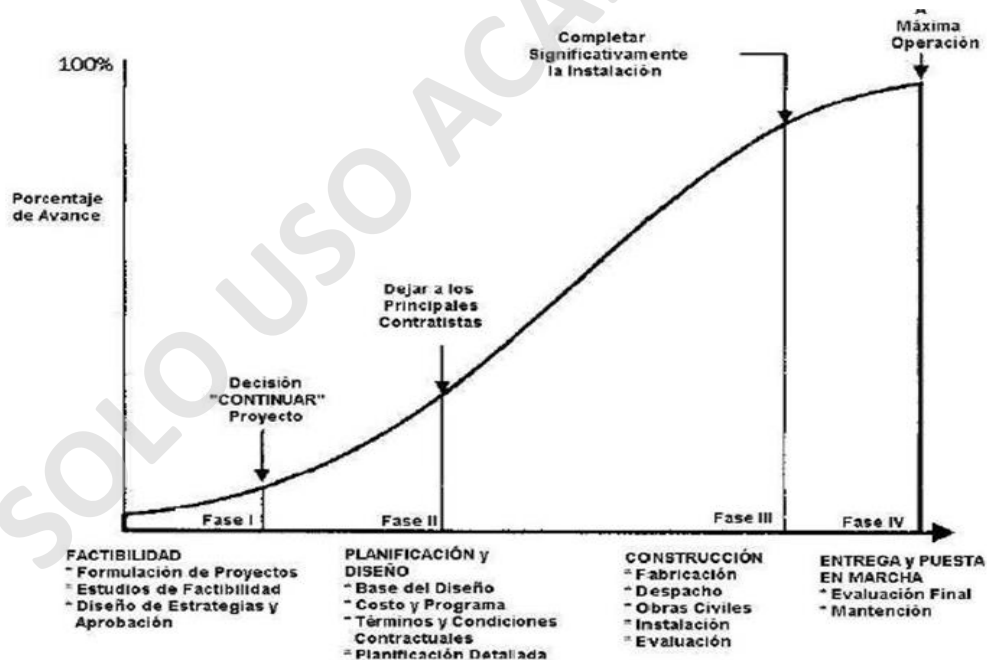


Figura 1. Ciclo de vida de un proyecto de construcción

Fuente: (Serpell & Alarcón, 2001)

2.2. Planificación

La planificación resulta ser en todo aspecto una herramienta de gran utilidad a la hora de ejecutar cualquier tipo de actividad desde el comienzo hasta al fin del proyecto, esto debido a que permite plasmar y lograr los objetivos de manera eficiente, visualiza y desglosa con mayor claridad las actividades o procedimientos para llevar a cabo el proyecto. El proceso de planificación permite trabajar de forma más ordenada con los recursos evitando desperdicios, sobreproducción y/o “cuellos de botella”, proporciona también una visión futura a la hora de toma de decisiones, realización de actividades, asignación de responsabilidades y otorga información a todos los involucrados en el proceso.

Teniendo una planificación del proyecto nos permite poder evidenciar el progreso de este, y así poder realizar un seguimiento y control adecuados para poder evaluar el trabajo real y contrastarlo con lo proyectado al inicio de la planificación.

El proceso de planificación se logra con diagramas de secuencia de actividades en el tiempo y costos, esto generalmente se refleja en lo que conocemos como carta o diagrama Gantt. Según Project Management Institute se reconocen los siguientes procesos principales de planificación (PMI, 2013):

- Planificación del alcance del proyecto.
- Definición del alcance del proyecto.
- Definición de las actividades del proyecto.
- Planificación de recursos.
- Determinación de la secuencia de actividades.
- Estimación de la duración de actividades.
- Estimación de los costos de actividades.
- Desarrollo de programas de trabajo.
- Determinación de presupuestos.
- Desarrollo del plan de trabajo.

Según Serpell y Alarcón el proceso de planificación se subdivide en los siguientes pasos o etapas (Serpell & Alarcón, 2001):

1. Análisis y definición: En esta etapa se determinan las características y actividades principales del proyecto.
2. Planeamiento: Aquí se determina un ordenamiento y secuencia lógica de las actividades para la realización coherente de un plan de trabajo.

3. Programación: En este paso se determinan las duraciones y costos de cada actividad.
4. Evaluación y optimización: Evaluación y optimización de los costos v/s duración, para obtener el programa definitivo.
5. Implantación: Consiste en poner en marcha el programa de trabajo.
6. Seguimiento: Consiste en recolectar la información física real de las actividades.
7. Control: Es la comparación con la planificación y se toman acciones correctivas.
8. Actualización: Implementación de acciones correctivas anteriores, y realizar nuevo control más adelante con el fin de evaluar sus resultados.

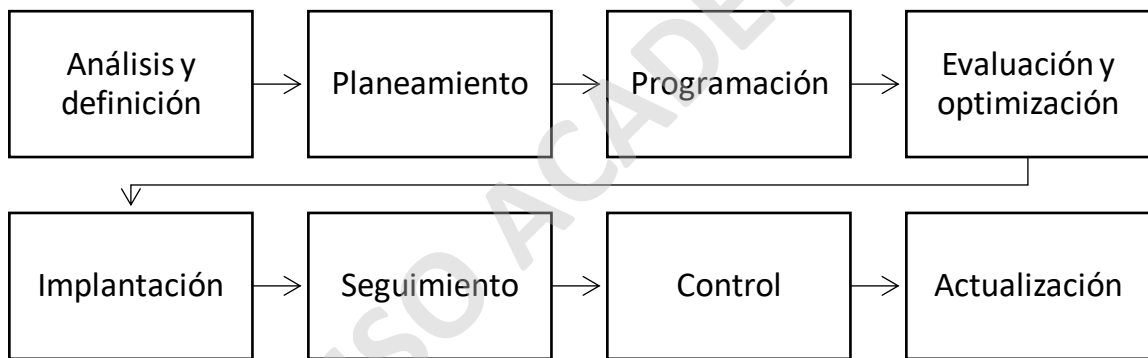


Figura 2. Proceso de planificación

Fuente: (Serpell & Alarcón, 2001)

2.3. Programación de obra

La programación de obras surge luego del resultado del proceso de planificación, esta programación se realiza en base al comúnmente utilizado diagrama o carta Gantt que nos proporciona una vista macro del proyecto.

La programación es el proceso de analizar y realizar un detalle de cada una de las partidas incluidas en el diagrama para proceder a ordenar este detalle en relación con el tiempo, siempre de forma lógica y secuencial siguiendo el método constructivo. Esto se consigue con una estimación de las tareas o actividades determinando un inicio y fin de cada una, proceso muy importante en la programación, dependerá directamente de los recursos (humanos, materiales, maquinarias) que contemos o consideremos en cada estimación.

Es en este proceso donde se pueden encontrar la ruta crítica, que nos determina la secuencia principal de actividades que nos determinaran la duración total del proyecto. Para realizar una programación de obra existen varios métodos los cuales varían según los requerimientos, las características y tipos de proyectos proporcionando diferentes herramientas y facilidades entre lo que podemos encontrar:

1. Barras ligadas o carta Gantt: Es la más fácil de usar y comprender es por eso por lo que se usa con mucha frecuencia en la construcción. Es útil para el seguimiento y control del proyecto.

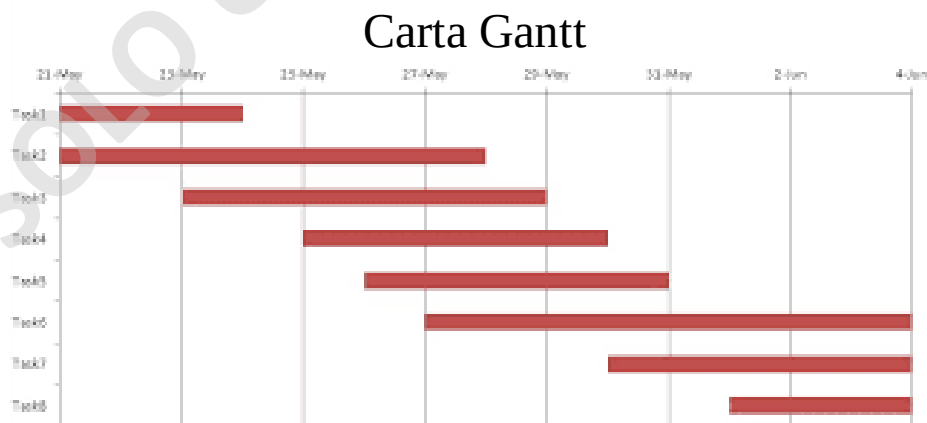


Figura 3. Carta Gantt

2. Método del camino crítico (CPM): Representa la relación existente entre las actividades del proyecto, determinando mediante una estimación la duración de cada actividad obteniendo actividades críticas (sin holgura) y normales (con holguras), estas se relacionan entre si mediante nodos, dando origen a sus actividades de precedencia y obteniendo como resultado la duración total del proyecto.

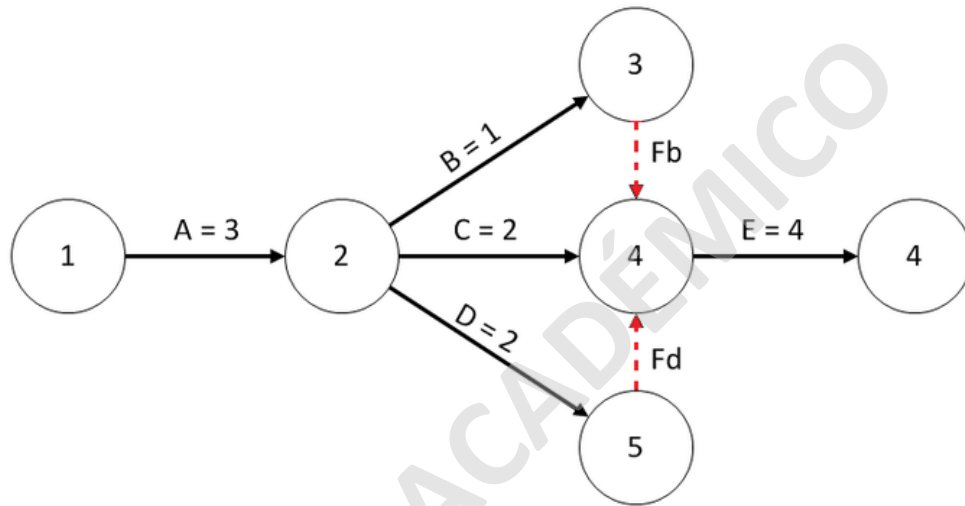


Figura 4. Método ruta critica

3. Técnica de evaluación probabilística (PERT): Este método es utilizado en proyectos donde la incertidumbre de actividades es bastante considerable. Aquí se realiza un análisis estadístico entre la frecuencia de ocurrencia y la duración de la actividad. Se utilizan datos de probabilidad como media aritmética, desviación estándar, varianza etc.
4. Programación rítmica: Este tipo de programación se utiliza en proyectos específicos de carácter repetitivo. Se basa en líneas de producción, es decir, diferentes procesos constructivos que conllevan al producto final.

5. Método de líneas de balance: Este método fue desarrollado para el control de actividades repetitivas, su característica es balancear la velocidad de avance de las partidas y cuadrillas, para eliminar mediante la programación las inferencias entre ellas. Esto se consigue mediante la estimación normal de los recursos por partida en el tiempo.

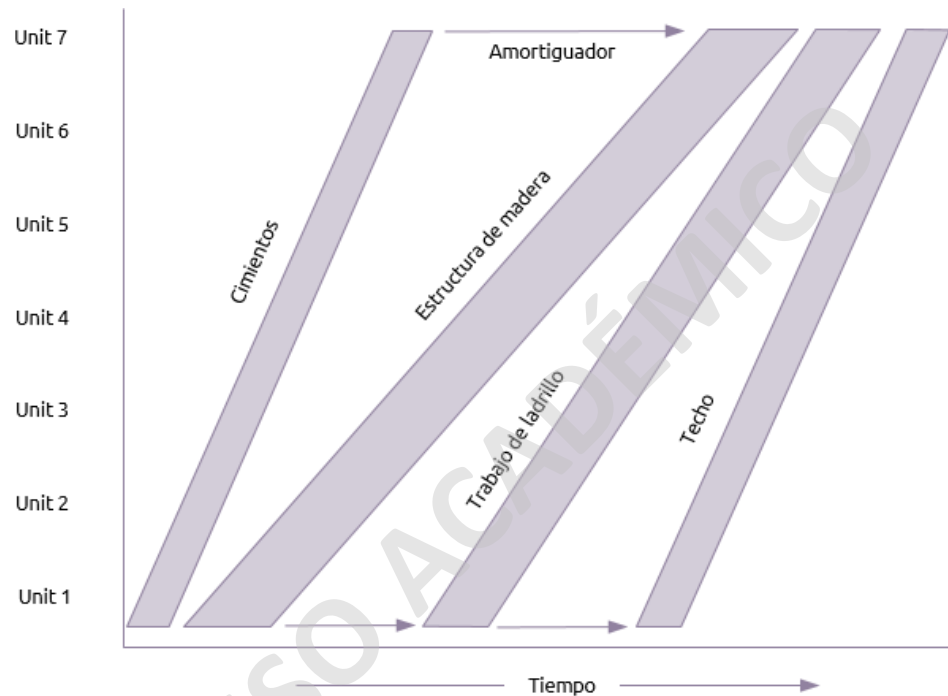


Figura 5. Líneas de balance

2.4. Control de Proyectos

El control de proyectos en la construcción tradicional puede ser uno de los puntos con mayores posibilidades de mejora en el sistema de planificación tradicional, ya que esta resulta ser la fase en la que se espera una retroalimentación para generar un proceso de mejora. Dentro del marco de la planificación tradicional el control del proyecto viene siendo el mayor punto débil del sistema, donde el planner cumple su rol principal encargado sería denominado como “último planificador”, es decir, el último eslabón de los procesos del sistema donde se genera la retroalimentación a la planificación y programación y poder generar un sistema más eficiente.

2.5. La Productividad en la construcción

La productividad resulta ser un factor clave en la industria de la construcción dado a que un buen nivel de productividad puede ser trascendental en un proyecto a la hora de alcanzar los objetivos y compromisos propuesto al inicio del periodo de ejecución del proyecto.

La productividad puede ser considerada como la eficiencia con la que los recursos son administrados para la elaboración de un producto o resultado determinado esto aplicada a más de un concepto, es decir, existe la productividad en materiales, mano de obra, administrativa etc. Esta productividad tiene que ser consecuente con los objetivos principales del proyecto como el costo o presupuesto, realizada en un tiempo definido y con un estándar de calidad acordado.

Existen varios métodos para analizar la productividad tanto de mano de obra como lo puede ser por ejemplo cartas de balance, midiendo detalladamente el trabajo contributivo, no contributivo, tiempos muertos, etc.

Para efecto de esta investigación la productividad será considerada como la cantidad de unidades completadas, versus la cantidad de días trabajados en dicho proceso, la cual se verá reflejada mediante la siguiente ecuación:

$$Productividad = \frac{Unid. \text{ Completadas}}{Unid. \text{ de Tiempo (Días)}}$$

3. Lean Construction

3.1 Fundamentos Lean Construction

La palabra traducida del inglés “Lean”, significa magro o sin grasa, esto llevado al lenguaje en los sistemas industriales o de producción es conocido como un sistema “limpio”, “eficiente” o “sin perdidas”, por lo tanto, a primera impresión la implementación de un pensamiento o sistema “Lean” resultaría beneficioso para quien la implemente ya que resultaría procesos más eficientes, sin perdidas en donde existe un enfoque en la mejora continua de la organización, proyectos y procesos.

El termino Lean proviene del trabajo de las industrias japonesas de Toyota específicamente, en donde alrededor de los años 70’ lograron destacar y resaltar internacionalmente frente a todos los otros fabricantes de automóviles, superando así la industria de automóviles de Estados Unidos.

Dado a estos sobresalientes e imponentes resultados comenzó la investigación donde se identificaron las nuevas ideas, conceptos y prácticas en la gestión, esto sumado a algunas mejoras a lo largo del tiempo resultan en lo que hoy se conoce como “Lean Project Management”. Esto se mantiene en constante crecimiento y hasta el día de hoy alrededor del mundo siguen incorporándose grandes organizaciones al tren del “Pensamiento Lean”.

Según Womack y Jones (Lean Thinking, 1996), los 5 principios expuestos en su libro son;

1. Especificar valor del producto. Se trata de satisfacer las necesidades del cliente con un precio y un tiempo específico. Este valor es creado por el productor e implica una redefinición de la cadena de suministro.
2. Identificar la cadena de valor. Consiste en determinar qué pasos son los requeridos para la creación de valor. Hay que decidir qué etapas contemplar y seguir una cadena.
3. Dejar que la producción y el valor fluyan. No debe haber interrupciones. Cada etapa del proceso tiene que ser capaz, disponible y adecuada.
4. Permitir que el cliente obtenga lo que desea. Se trata de dejar que el cliente lo obtenga cuando lo desea, como lo desea y en la cantidad que lo desea. Esto también conlleva no producir sin demanda.
5. Perseguir la perfección. Hay que tener claro qué es la perfección y buscar la mejora continua. Se basa en la constante creación de valor y en la eliminación de pérdidas.

Por lo tanto, para transformarse en Lean lo importante no es la automatización o las tecnologías más avanzadas si no, las diferentes prácticas de gestión de información, para el proceso de eliminar desperdicios con el fin de aumentar el valor, teniendo muy en cuenta que es un proceso paulatino mediante una constante aplicación ciclos de mejoramiento continuo; planificar, hacer chequear y actuar siendo así un proceso a lo largo del tiempo.

Lean Construction resulta ser el enfoque de Lean Production y la filosofía Lean Project Management en la gestión de proyectos de construcción, cambiando la forma en la que se mira y se aborda un proyecto de construcción, esto lo realiza mediante la aplicación de técnicas para aumentar la productividad en los procesos de construcción, optimizar los diferentes recursos (humanos, maquinaria, información, administración, etc.) y disminuir a su vez la incertidumbre que se genera en los diferentes tipos de proyectos.

A principios de los años 90', Laury Koskela y Glenn Ballard fueron quienes tras varias investigaciones en conjunto llevaron el sistema de producción de Toyota un nivel más allá y adaptaron los principios de Lean Production a la construcción, partiendo de la base de que el sistema de construcción tradicional que se ocupa hoy en día en la mayoría de las construcciones en Chile es un sistema con mala producción y que se basa en un gran nivel de incertidumbre en la planificación de los proyectos.

Koskela y Ballard fundaron el "International Group Lean Construction" (IGLC) el cual, hasta el día de hoy, sigue innovando y siendo pionera en la Construcción sin pérdidas impartiendo conferencias y centrándose en los fundamentos teóricos de la construcción. Según el IGLC Lean Construction es una filosofía orientada a la administración y control de la producción en los proyectos de construcción siendo su objetivo principal disminuir, optimizar o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto o producto y mejorar y optimizar las actividades que si agregan valor al proyecto.

3.2 Principios básicos Lean Construction

Los objetivos de la construcción lean se concentran en mejorar la mala productividad, disminuir los desperdicios y controlar y reducir la incertidumbre que genera la planificación inicial en el sistema tradicional, según Macomber (2004), los proyectos son una red de compromiso y asegura que la confiabilidad de las promesas importa ya que esta:

- Reduce la incertidumbre.
- Mejora el ambiente aboral.
- Mejora desempeño de proyectos.

Lean construcción agrega conceptos y principios nuevos que debemos comprender antes de hablar del sistema del ultimo planificador, algunos principios son: la incertidumbre, actividades de flujo-transformación, perdidas y un mejoramiento continuo.

3.2.1 Incertidumbre

La variabilidad en la construcción es un acontecimiento importante y constante que sucede en las obras y que en la planificación tradicional no se toma en cuenta ya sea por falta de capacitación o conocimiento. La planificación se genera en base a supuestos según la experiencia de la administración que participan de la planificación. Esto genera mucha incertidumbre sobre si se cumplirán los plazos o costos estipulados al comienzo, ¿Podrá el subcontrato realizar lo contratado en los tiempos que necesito? Esto se responde con el trabajo y la participación de las personas que ejecutaran el proyecto, integrándolos y preguntándoles ¿Cómo lo van a hacer? ¿Qué van a necesitar? ¿Cuándo lo van a necesitar? Así se logra generar compromisos reales que le darán sustento a planificación y que reducirán la incertidumbre mediante el seguimiento que tendrán la aplicación del sistema.

3.2.2 Actividades de Transformación

Son las actividades programadas al inicio, las cuales se encargan de agregar valor directamente al producto final del cliente, es decir, procesos de entrada y salida como por ejemplo instalar un tabique de un departamento u hormigonar un muro de una casa. Este tipo de partidas son las que se planifican en el sistema tradicional, sin contemplar las actividades de flujo que resultan ser previsibles y al no programarlas estas generan atrasos.



Figura 6. Actividades de transformación

3.2.3 Actividades de Flujo

Son los procesos necesarios para poder ejecutar una actividad de transformación, pero estas no agregan valor al producto final del cliente, como por ejemplo trasladar el material de tabiques en cada departamento donde es necesario o la llegada del camión con hormigón para poder realizar el llenado del muro. Las actividades de flujo tienen duración, costo y consumen recursos, que, al contemplarlas en la programación, permiten disminuir pérdidas y aumentar la confiabilidad en el cumplimiento de actividades.



Figura 7. Actividades de flujo

3.2.4 Pérdidas

Se considera pérdida a las actividades que utilizan recursos, pero no agregan valor al producto final del cliente. Por lo tanto, ellos no están dispuestos a responder por estas ineficiencias. Entre las pérdidas encontramos estos diferentes tipos como:

- Espera o interrupciones en el tiempo de trabajo.
- Actividades con defectos que requieren trabajar en ellas nuevamente.
- Desplazamientos innecesarios del personal, maquinaria o material de trabajo.
- Ejecutar tareas u actividades antes de que sean necesarias.
- Improvisación por parte del personal, como malas indicaciones, falta de información o falta de materiales.

Existe una gran cantidad de pérdidas las cuales se clasifican según los siguientes orígenes



Figura 8. Fuentes de pérdida

A continuación, se muestran los diferentes tipos de pérdidas, los cuales son los más comunes dentro de los proyectos de construcción.

TIPOS DE PÉRDIDA	DEFINICIÓN
 > ESPERA	Interrupciones del trabajo o tiempo de inactividad.
 > DEFECTOS	Actividad que requiere re-trabajo por errores u omisiones.
 > MOVIMIENTO	Desplazamiento innecesario de personal o maquinaria durante su trabajo.
 > TRANSPORTE	Movimientos innecesarios en obra de personas, equipos o materiales desde un proceso a otro. Esto puede incluir trabajo administrativo, así como actividades físicas.
 > SOBRE PROCESAMIENTO	Movimientos innecesarios en obra de personas, equipos o materiales desde un proceso a otro. Esto puede incluir trabajo administrativo, así como actividades físicas.
 > INVENTARIO	Cantidad de materiales que va por sobre la necesidad inmediata. Además de materiales puede incluir trabajo en proceso y productos terminados.
 > TALENTO	Desaprovechar el potencial de las personas en la organización.
 > SOBRE PRODUCCIÓN	Ejecutar una actividad antes de que sea realmente necesaria.
 > HACER POR HACER	Improvisación por parte del personal. Es decir, la ejecución de una tarea continúa, aunque los elementos necesarios no estén disponibles.

Figura 9. Tipos de pérdida

3.2.5 Reducción del tiempo de ciclo

Este principio conlleva a la aplicación de los 3 principios anteriores, ya que, en el flujo del ciclo completo, se deben disminuir los tiempos de producción, de traslado de materiales, esperas y chequeos, con el objetivo de lograr un proceso fluido y sin interrupciones que provoquen algún tipo de pérdida. Esto genera beneficios como el cumplimiento de fechas planificadas.

3.2.6 Transparencia de procesos

Lean construction propone que mientras los procesos sean más transparentes y a la vista de los trabajadores, genera motivación y participación para determinar posibles errores y optimizar procesos en equipo, facilitando el control y calidad. Esto se puede mejorar con planos, esquemas visuales que permitan al equipo de trabajo reconocer fácilmente los inconvenientes.

3.2.7 Mejoramiento completo del proceso

Los procesos de construcción se componen de diferentes actividades para completar una unidad de trabajo. Estos procesos deben generar compromisos en el proyecto y no actuar como una actividad individual, para ser medidos y llevar el control de los procesos completos. Esto conlleva una buena elección de proveedores y recursos que puedan solventar las necesidades del proyecto completo.

3.2.8 Balance de mejoramiento de flujo y transformación

Debe existir un mejoramiento equilibrado de las cargas de trabajo y mejoras en las actividades de flujo y transformación, con el objetivo de no generar cuellos de botellas entre una actividad y la siguiente, ya que esto puede provocar pérdidas de tiempo, materiales o tener sobreproducción de alguna partida individual y no como proceso completo.

3.2.9 Mejora Continua

La mejora continua es una herramienta utilizada para todo tipo de procesos (Planificar, hacer, estudiar y actuar), enfocándose en la construcción es la herramienta que nos proporciona la calidad tanto de las actividades, con propuestas de estandarización de procesos, mejora de técnicas de administración y aplicación de la recolección de información para generar una mejora continua que resulta esencial en el aumento de productividad reduciendo los tiempos de ciclos.

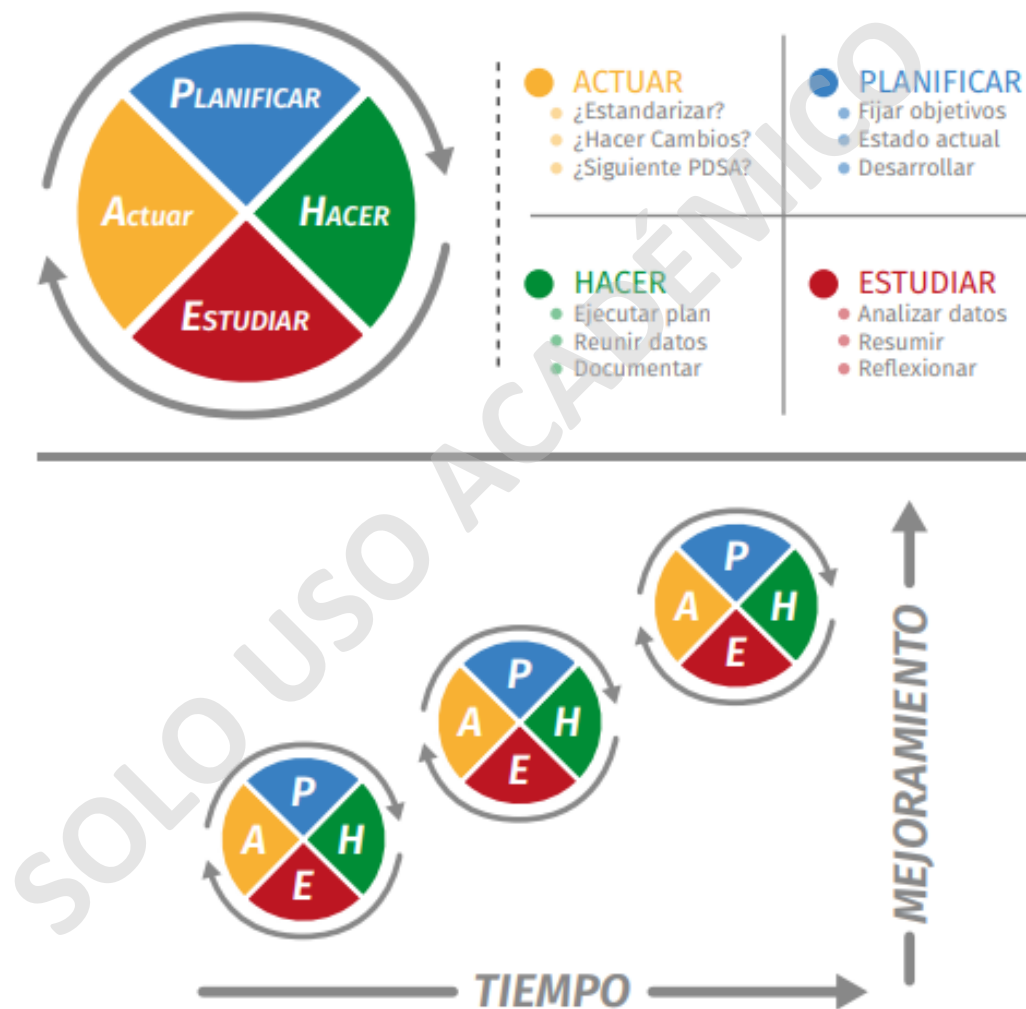


Figura 10. Mejora continua

3.2.10 Benchmarking

El benchmarking es un proceso utilizado como mejora continua en gran cantidad de actividades, se trata de comparar los procesos con pares especializados, con más experiencia y líderes en la industria con el propósito de obtener mayores conocimientos, evaluar las debilidades y fortalezas en la aplicación del sistema.

A modo de resumen, los enfoques lean en la construcción nos lleva a generar una mayor cantidad de compromisos, disminuyendo así la incertidumbre de la planificación, a su vez estos compromisos deben generarse con la inclusión de las actividades de flujo (transporte de materiales al lugar de trabajo, maquinarias, información de especificaciones técnicas) con esto existe más seguridad para realizar las actividades de transformación que son las que le agregan el valor al producto final. También se debe lograr una disminución de pérdidas, estandarizando y simplificando unidades de trabajo para así disminuir los tiempos de ciclos completos manteniendo los requerimientos de calidad, tiempo y costo del cliente, esto representa los ideales macros de lean construction.

En la siguiente imagen se puede apreciar los conceptos básicos lean aprendidos hasta ahora, los cuales son en el inicio para el enfoque y aplicación de este método en el proyecto.

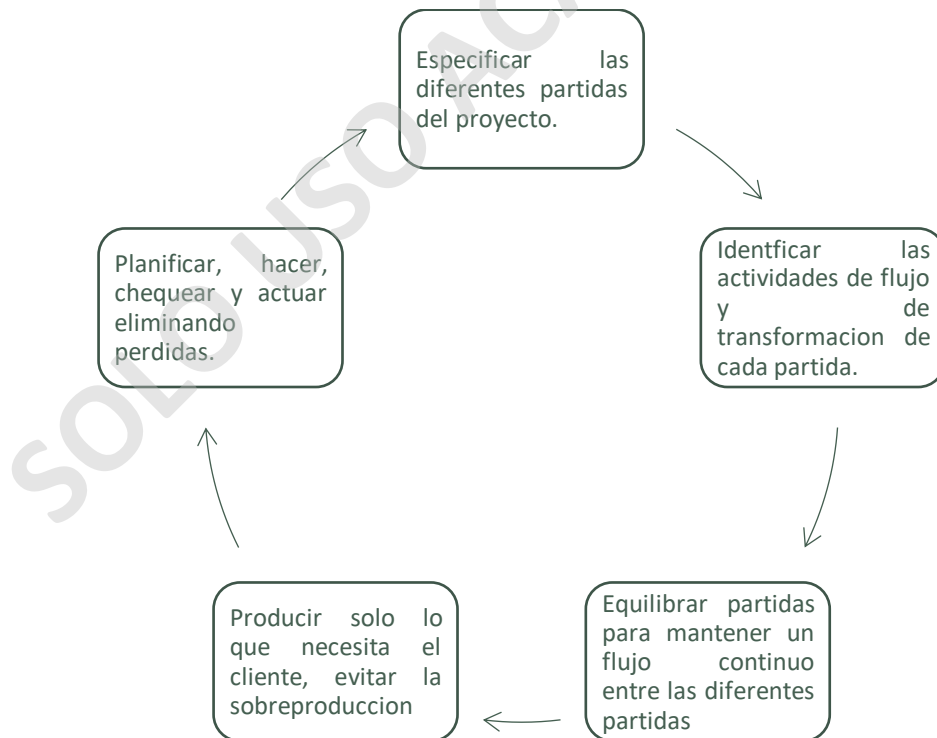


Figura 11. Proceso de aplicación Lean "Portal de Lampa"

Fuente: Elaboración Propia.

4. Sistema de Planificación “Last Planner”

4.1 Conceptos básicos Last Planner System

El Sistema de Planificación del Ultimo Planificador surge de Lean Construction que es la adaptación del Pensamiento Lean llevado a la industria y proyectos de construcción. Glen Ballard, desarrolló el modelo denominado “El Último Planificador” como tesis doctoral en la Universidad de Birmingham el año 2000, cuyo objetivo busca aumentar la confiabilidad, rebajando la incertidumbre de planificación de los proyectos, trayendo como consecuencia, mejoras sustanciales en el desempeño.

Según Ballard los principios de Last Planner, son los siguientes (Ballard, 2011):

- Planear con mayor detalle a medida que se acerca el momento de realizar el trabajo. Es decir, se debe pensar el proyecto como un todo, pero también se debe analizar por fases semanales a medida que avanza el proyecto.
- Producir planes en colaboración con aquellos que realizarán el trabajo.
- Revelar y remover restricciones en tareas planeadas como equipo.
- Hacer compromisos confiables.
- Cuando no mantengas tus promesas, encontrar la causa y prevenirlas – Aprender de esos fracasos.

A su vez, una buena planificación se logra cuando se superan algunos obstáculos presentes, por naturaleza en la construcción, como:

- Ejecutante competente; La planificación se basa en la capacidad de los profesionales a cargo de ésta, los que no siempre tienen la experiencia necesaria para desarrollar la planificación.
- Estimación realista de tiempo y promesas sinceras.
- El desempeño del sistema de planificación no se mide.
- Los errores en la planificación no se analizan ni se identifican sus causas de no cumplimiento.
- Asumir responsabilidad por no cumplir.

De esta manera, según LPS el sistema estará bajo control cuando se ejecuta lo que se dice que se ejecutará. Si bien el sistema entrega las herramientas para lograr esto ocurra de la manera conceptual, son finalmente las personas las que hacen que el SUP funcione, por lo que resulta fundamental el compromiso de los agentes que participan del proyecto.

4.2 El Último Planificador

El Último Planificador busca el aumento de la productividad, eliminando las esperas, se organizan las actividades en la secuencia más conveniente y coordina las actividades independientes. Este contiene una serie de términos y nuevos conceptos que se describirán en detalle más adelante.

Este método dice que todos los planes son erróneos y todos los pronósticos están equivocados, por lo tanto, se hace la pregunta de ¿cómo mejorar la confiabilidad de las promesas?

Como se ha dicho anteriormente esto se consigue trabajando la incertidumbre, entonces se empieza con asumir y considerar que existe la incertidumbre dentro del proyecto y el proceso de planificación y que no existe certeza de esta.

Last Planner trabaja en su planificación y programación en base a la retroalimentación, obtención y análisis de información de los indicadores de LPS logrados mediante un flujo continuo de trabajo en la obra, por esto se requiere el compromiso de los últimos planificadores quienes deben también manejar un ITE (inventario de trabajo ejecutable).

El ultimo planificador, son o es el último responsable en la cadena jerárquica dentro de una obra de construcción, es quien supervisa directamente las actividades transformación y que estas actividades cumplan con la calidad correspondiente, también son los encargados de identificar y eliminar las actividades conocidas como “restricciones” para obtener un mayor PAC semanal (porcentaje de actividades completadas), debe realizar asignaciones correctas, con aprendizaje continuo y acciones correctivas y así mejorar la productividad y los indicadores propios del sistema.

Uno de los principios del sistema es que genera un cambio en la planificación tradicional, convirtiéndola en una planificación de 3 fases con diferentes características que se detallan más adelante, proporcionando más confiabilidad en las programaciones, estas resultan ser la base de last planner:



Figura 12. Fases de Last Planner

4.3 Elementos Last Planner

La planificación es un proceso continuo dentro de la ejecución de un proyecto, sin embargo el last planner agrega mucho más valor a este proceso agregando detalles y un seguimiento constante desde lo general hasta la materialización de las diferentes actividades, es aquí donde toma mayor protagonismo el sistema, llevando semana a semana el registro de las actividades listas para su ejecución (ITE), preparación de cancha para seguir con el flujo de trabajo (RESTRICCIONES), resumen de los compromisos cumplidos (PAC) y terminando con el ciclo de retroalimentación (CNC) con el fin de tener un resultado óptimo de la aplicación del sistema.

El sistema del último planificador agrega valor al añadir y trabajar con los siguientes nuevos conceptos para su implementación:

- Debe, puede y se hará.
- Plan Maestro.
- Pull Session.
- Planificación intermedia.
- Planilla de restricciones.
- Planificación semanal.
- Porcentaje de actividades cumplidas.
- Causas de no cumplimiento.

Con todos estos elementos el SUP proporciona las herramientas necesarias para incrementar las probabilidades de cumplir la planificación por medio de tres mecanismos básicos.

1. Permite identificar en forma temprana el trabajo que se PUEDE hacer, para así alinear mejor las actividades planificadas con las que efectivamente tienen una alta probabilidad de ser realizadas.
2. Proporciona herramientas para preparar trabajos para que estos PUEDAN ingresar en la planificación, es decir, contribuye a agrandar el conjunto de lo que PUEDE hacerse, posibilitando que todas las actividades de la planificación semanal se seleccionen de entre actividades que efectivamente puedan realizarse.
3. Facilita espacios y herramientas para desarrollar y mantener compromisos confiables de planificación.

4.3.1 Debe, Puede, Se Hará

Teniendo en consideración lo anterior y para comprender el concepto se genera un contraste con el sistema tradicional, donde en la construcción tradicional existe la planificación inicial, la cual tiene poca claridad a medida que avanza en el tiempo, generando un desorden en las ordenes de la administración, quienes programan actividades que no se pueden realizar, obteniendo como resultado, un avance real debajo del esperado, pérdidas de material, tiempo, mano de obra y una baja producción que lleva a aplicar soluciones rápidas, las cuales suelen llevar un costo extra no contemplado al inicio.

De este modo la planificación tradicional se ve reflejada en la imagen XX siendo él “DEBE” todas las actividades que están programadas dentro del plan inicial, suponiendo que los recursos y condiciones estarán disponible sin considerar ningún inconveniente. Él “PUEDE” son las actividades que la administración decide que se realizaran según lo que señala él DEBE para ese momento, teniendo solo en consideración el plan inicial sin verificar si PUEDE realmente realizar dichas actividades. Él “SE HARÁ” son las actividades que realmente pueden ejecutarse según los recursos (materiales y mano de obra) y condiciones de terreno.

Dentro del marco de planificación tradicional en base a los 3 conceptos anteriores, en la obra la administración decide los que se hará y se termina haciendo lo que se puede, por lo tanto, si el plan es desarrollado sin estar en conocimiento de lo que puede ser hecho lo hecho serán las actividades dentro de la intersección del PUEDE y SE HARÁ.

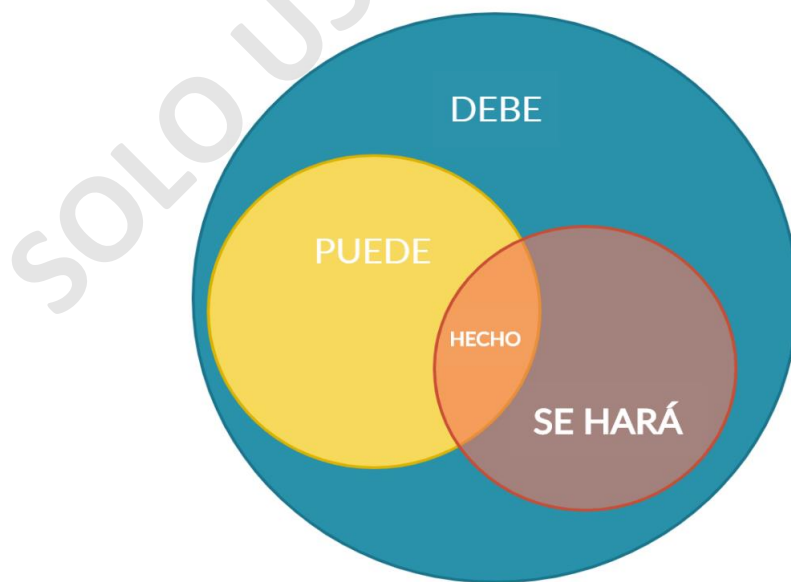


Figura 13. Debe, puede, se hará. Sistema tradicional

Last planner genera el cambio con la mejora continua, el feedback de terreno y la planilla de restricciones, estas acciones permiten conocer todo lo que PUEDE hacerse antes de programar y decidir lo que SE HARÁ.

Como resultado él DEBE determina el subconjunto del PUEDE y a su vez todo lo que PUEDE realizarse determina el subconjunto de lo que SE HARÁ, teniendo como resultado una mayor producción y efectividad en las decisiones de la administración a la hora de programar obtener mayor cumplimiento de lo que SE HARÁ como lo muestra la figura XX



Figura 14. Debe, puede, se hará, Last Planner

LPS trabaja en la fase del PUEDE, identificando el por qué se puede o no se puede realizar las actividades y si estas no se pueden realizar se requiere el compromiso de los encargados para poder liberar las restricciones lo antes posible para que la actividad pueda realizarse y así obtener una planificación más confiable. Para esto hay que basar la planificación en compromisos, los que deben contemplar una acción determinada, estándares, responsable y fecha.

4.3.2 Plan Maestro

El plan maestro es la planificación inicial del proyecto, muestra la visión general de la cual se determinan las estrategias de ejecución generando un presupuesto y un programa definido. Aquí se muestra lo que se “debe” hacer para poder completar el proyecto exitosamente, es necesario que este sea realista en cuanto a plazos y recursos para ser completado, de esta forma el last planner se podrá dar validez al sistema.

El plan maestro debe contemplar la secuencia de ejecución de las diferentes partidas del proyecto para completar el trabajo a tiempo. Este programa muestra con bajo nivel de detalle las actividades y sus hitos más importantes como fechas de inicio y termino.

El plan maestro solo debe servir de guía y no manejarse para manejar actividades, de esto se encargan los programas con más nivel de detalles del SUP. Para buscar compromisos más confiables el programa es dividido en las siguientes fases:

- Planificación intermedia.
- Planificación semanal.

En resumen, esta separación en fases del Plan Maestro es la visión del sistema del ultimo planificador, obteniendo actividades más detalladas en la búsqueda de compromisos fiables.

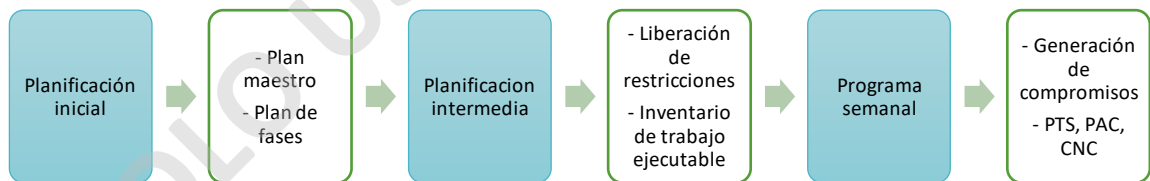


Figura 15. Niveles de planificación

4.3.3 Planificación Intermedia

La planificación intermedia o también llamada Lookahead es el segundo nivel de planificación luego del plan maestro como se muestra en la figura XX, en esta etapa se representa con mayor nivel de detalle las actividades a realizar en un futuro cercano, agregando requisitos, información de diseño, materiales y proveedores a cada actividad. Su objetivo es controlar el flujo de trabajo y así permitir que las actividades que entren en la PI (planificación intermedia) estén libres de restricciones y prerrequisitos, es decir, que entren en la fase del “puedo”. Todas las actividades que no tengan restricción pasan a formar parte del inventario de trabajo ejecutable (ITE) y así puedan ejecutarse en la siguiente planificación semanal formando parte del “se hará”.

La PI normalmente se trabaja entre 3 a 12 semanas del plan maestro, este tiempo varía según la experiencia de los planificadores y el nivel de complejidad del proyecto, también se debe tener en consideración que LPS busca reducir la incertidumbre y mejorar la fiabilidad de la programación, por lo tanto, tener un plan intermedio con mayor cantidad de semanas se volvería poco manejable.

El objetivo general de la planificación intermedia es administrar el flujo y conseguir que las actividades que generan transformación se puedan realizar una tras otra con un flujo constante y que estas no queden paralizadas o se generen cuellos de botellas y así tener un subconjunto del “puedo” aún más grande con actividades.

Considerando que las restricciones son flujos o requisitos para cumplir a tiempo con una actividad, el no liberar dichas restricciones puede generar un atraso y problemáticas en la obra afectando la producción.

La planificación intermedia es la encargada de que se cumplan todos los requerimientos para llevar a cabo la producción. Dentro del Lookahead existe una serie de procesos y actividades que se deben cumplir para llevar a cabo una correcta aplicación de la planificación intermedia, las cuales se explicarán a continuación (Alarcón, 2008).

- Crear una secuencia y ver su velocidad de trabajo, asignando tiempos y secuencias, dependiendo de los recursos disponibles.
- Equilibrar la velocidad de trabajo y la capacidad de éste.
- Descomponer el Programa Maestro en partes de trabajo y operaciones.
- Crear métodos de ejecución de los trabajos que cumplan con la calidad, seguridad y medioambiente exigido.
- Creación de un inventario de Trabajo ejecutable, listo para ser ejecutado.
- Revisión constante de la programación

- Planificación de los recursos.

Las funciones mencionadas se cumplen por medio de los siguientes procesos específicos que aplica el SUP:

1. Definición de intervalo de tiempo.
2. Definición de actividades.
3. Análisis de restricciones.
4. Creación de inventario de trabajo ejecutable.

Definición de intervalo de tiempo

El programa maestro contempla todas las actividades del proyecto desde su inicio, hasta su término. La planificación es una ventana de tiempo contemplada en el plan maestro, esta ventana de tiempo no debe ser superior a 12 semanas ya que afecta la fiabilidad que propone el sistema. Estas semanas varían según los diferentes proyectos, para determinar la cantidad de semanas se deben analizar los tiempos de respuesta que tiene el proyecto, en cuanto información, materiales y mano de obra.

Definición de actividades

Una vez escogida la cantidad de semanas que durara la planificación intermedia según las condiciones del proyecto. Se deben detallar las actividades que contemplara el marco de tiempo que dure la PI. Se requiere el compromiso y la verificación colaborativa de las actividades y procesos para llevar a cabo cada actividad considerando materiales, mano de obra, planos, estos determinaran los prerequisites o restricciones de cada actividad los cuales se deben levantar para determinar con claridad lo que puede ser hecho.

Dentro de la PI se debe apelar al compromiso de lean construction y contemplar dentro de la planificación intermedia aquellas actividades que se encuentren libres de restricción y lista para ser ejecutadas o bien las actividades que se tenga seguridad de que estas podrán ser liberadas y no atrasaran sus asignaciones.

Con este proceso se tendrá mayor claridad de las restricciones de cada actividad, detectar y asegurar que las actividades futuras se realicen sin inconvenientes. También permite detectar errores en secuencias de ejecución o la oportunidad de mejorar la ejecución de trabajo obteniendo procesos más eficientes.

Análisis de restricciones

Cada actividad dentro del lookahead contiene restricciones o prerequisites que impiden su realización en un determinado tiempo. El análisis de estas restricciones consiste en determinar cuáles son y generar una estrategia para liberar las restricciones y obtener actividades listas para la ejecución en el tiempo requerido.

Las restricciones más comunes en los proyectos de construcción son las siguiente:

- Diseño: Restricción relacionada con la obtención de planos y detalles para ejecución de una tarea.
- Materiales: Restricción relacionada con la falta de materiales en terreno.
- Mano de obra: Restricción relacionada con la cantidad de recursos humanos para realizar una actividad.
- Equipos: Restricción relacionada con los equipos necesarios para realizar una actividad.
- Prerrequisitos: Restricción relacionada con las actividades que deben cumplirse antes para que la tarea se desarrolle, comúnmente llamado cancha.

Con las restricciones identificadas se debe asignar y programar los responsables de levantar las restricciones que impiden realizar las actividades. Esta es la función de administrar el flujo y deben ser programadas tal como una actividad de transformación.

Este análisis se representa como una tabla donde en las filas contiene las diferentes actividades y en las columnas las restricciones y su estado para cada actividad, esto ayuda a la identificación y seguimientos de restricciones. Este proceso es fundamental para el sistema ya que contempla las actividades de flujo y transformación las cuales permiten la creación del ITE.

ACTIVIDAD	DISEÑO	MATERIALES	MANO DE OBRA	EQUIPOS	PRERREQUISITOS
1	Si	No	Si	Si	Si
2	No	Si	Si	Si	No
3	Si	Si	Si	Si	Si
4	No	Si	Si	No	No
5	Si	No	No	Si	Si

Tabla 1. Análisis de restricciones

Creación de inventario de trabajo ejecutable (ITE)

El inventario de trabajo ejecutable es la cantidad de actividades que poseen todas sus restricciones liberadas, creando un stock de actividades listas para ser ejecutadas dentro de la planificación intermedia que corresponde a las tareas que serán asignadas a las cuadrillas para su ejecución durante el programa semanal.

Dentro del ITE pueden existir actividades libres de restricciones correspondientes las que no se alcanzaron a realizar en la semana en curso, actividades que se realizarán la semana siguiente y actividades que pertenecen a dos o más semanas futuras.

Con el ITE creado, existen las condiciones para crear el plan de trabajo semanal (PTS) que consiste en seleccionar un conjunto de actividades del ITE y generar las asignaciones para las diferentes cuadrillas o unidades producción para la semana siguiente de trabajo.

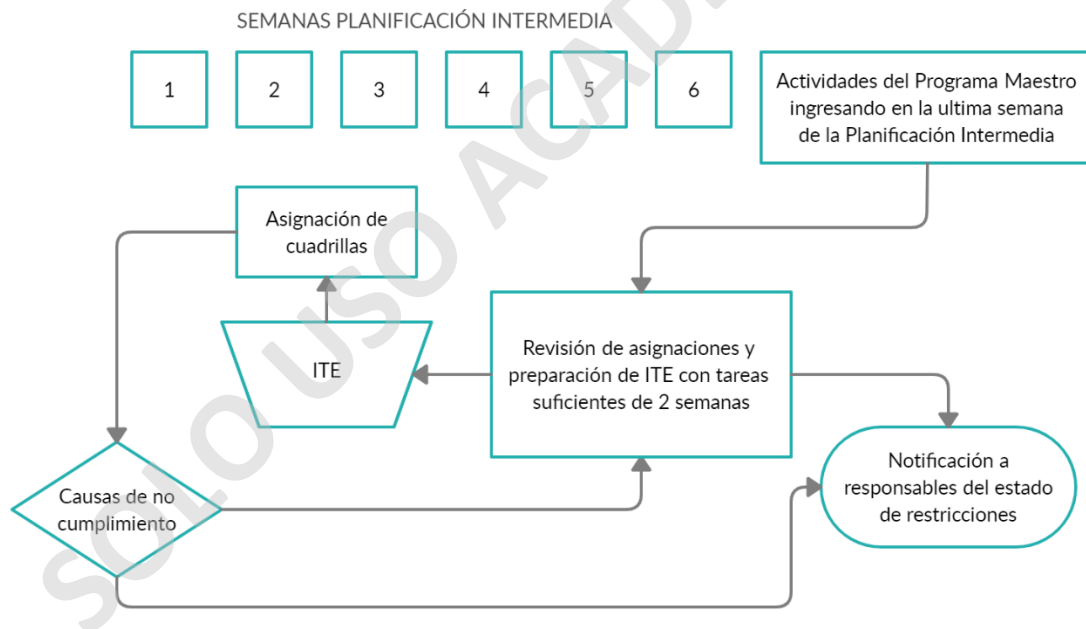


Figura 16. Proceso Planificación intermedia

4.3.4 Planificación Semanal

La planificación semanal o plan de trabajo semanal (PTS) representa el último peldaño de la planificación en cascada de last planner, en el PTS vemos con más detalle las actividades que serán ejecutadas en la semana obteniendo un compromiso de ejecución. Las actividades que estén libres de restricciones analizadas en la planificación intermedia tienen mayores posibilidades de formar parte del trabajo semanal, de esta forma se da protección de variabilidad e incertidumbre a las unidades de producción haciendo más confiables el proceso de programación y mejor desempeño en la producción.

El programa semanal resulta ser la selección de actividades que se encuentran en el ITE. Al escoger actividades del ITE aseguramos trabajar con actividades que sabemos que “pueden” ser realizadas para asegurar un flujo de trabajo confiable a este proceso se le llama asignaciones de calidad.

Es aquí donde el Último Planificador adquiere el compromiso a realizar las actividades requeridas, es el encargado de vigilar el trabajo hecho por las unidades de producción, apelando al compromiso del factor humano.

Con las asignaciones o actividades escogidas desde el ITE y el compromiso de ejecución adquirido, se debe medir y realizar el seguimiento a la implementación del sistema (PAC), este resulta ser el primer paso para implementar la mejora continua en el sistema, esto se genera con las causas de no cumplimiento (CNC).

Porcentaje de actividades completadas (PAC)

La medición del desempeño del sistema se realiza a través del PAC (porcentaje de actividades completadas) también llamado PPC (porcentaje de plan completado). El PAC se calcula semana a semana esto debe ser constante ya que es la forma de dar trazabilidad al sistema y poder comprobar el nivel de confiabilidad del SUP.

El PAC compara las asignaciones otorgadas para el trabajo semanal con las actividades que realmente fueron ejecutadas, reflejando en porcentaje el nivel de cumplimiento del PTS.

$$PAC = \frac{N^{\circ} \text{ total de actividades completadas}}{N^{\circ} \text{ total de asignaciones}} \cdot 100$$

Causas de no cumplimiento (CNC)

Las causas de no cumplimiento, como dice su nombre son las razones por la cual no se pudo completar el número total de asignaciones dentro del programa semanal. Las CNC al igual que el PAC deben ser calculadas por cada PTS semanalmente.

Las causas de no cumplimiento son de apoyo para ir en busca de la mejora continua, estas causas se deben graficar para saber en qué se está fallando y hacer hincapié en aquellas situaciones que se repiten constantemente. Las CNC deben ser claras y no generales para no permitir ambigüedades y así las acciones correctivas sean más precisas.

Dentro del sector de la construcción, algunas de las causas de no cumplimiento más comunes son:

- Mala programación de actividades
- Indefinición del proyecto
- Mala programación de materiales
- Falta de materiales
- Falta de mano de obra
- Falta de equipos
- Mala ejecución

Reunión de planificación semanal

La planificación semanal se debe desarrollar durante una reunión en la semana anterior a su aplicación, en la cual participan todos los agentes relacionados con el área de producción. Se realiza la semana anterior, ya que son actividades que se analizaron para la semana venidera, y que se deben analizar con anticipación su coordinación. El fin de esta reunión es:

- Evaluar PAC semana anterior.
- Analizar las causas de no cumplimiento.
- Acciones para evitar el no cumplimiento.
- Paralelo entre objetivos alcanzados y los objetivos del proyecto
- Determinar las actividades que entran en la planificación intermedia, analizando y responsabilizando a los encargados de remover las restricciones de cada tarea.
- Análisis de restricciones.
- Determinar el ITE para la semana siguiente.
- Crear un plan de trabajo semanal para la semana siguiente.
- Determinar los pasos a seguir para desarrollar la semana en curso.

Alarcón (2008) indica que para la correcta implementación de las reuniones debe existir información debe presentar el coordinador del sistema y el ultimo planificador en cada reunión.

El ultimo planificador

- Llevar el PAC y las CNC junto con las razones correspondientes.
- Estado del trabajo.
- Lista “tentativa” de actividades para la próxima semana.
- Estado de la liberación de restricciones dentro de la planificación intermedia actual.
- Listado de tareas que entrarían en el proceso de planificación intermedia y la planificación intermedia de la semana anterior.

Coordinador:

Lleva programa maestro y planificación intermedia. Llevar una copia de la planificación intermedia a cada Último Planificador.

- Comparación entre los objetivos logrados y los del proyecto.
- El I.T.E.

La reunión debe seguir una determinada estructura. Sólo de esta forma se asegurará que se cumplan los propósitos de la reunión. A continuación, se señala una estructura que resume la secuencia básica a tratar en la reunión.

Estructura de la reunión

- Se muestra el PAC semana anterior.
- Análisis de tareas cumplidas.
- Paralelo entre objetivos alcanzados y los del proyecto.
- Análisis de liberación de restricciones.
- Actualización del ITE junto con las tareas remanentes de la semana anterior.
- El Último Planificador entrega las tareas para la semana siguiente, analizando todos sus parámetros.
- El Coordinador se compromete a entregar al día siguiente el programa semanal a cada Último Planificador.
- Discusión de actividades con restricciones con el objetivo de poder liberarlas.
- Se entregan actividades tentativas a realizar.
- Se designan responsabilidades para liberación de restricciones.
- Con la nueva planificación intermedia, a más tardar, al día siguiente se le entregara al último planificador la nueva planificación intermedia.
- Por último, se destaca el “compromiso” que asume cada “último planificador” haciendo referencia que es la instancia más importante de la reunión.

Es importante que en cada reunión semanal se discutan abiertamente y con participación de los involucrados, la planificación intermedia, el inventario de trabajo ejecutable, programa semanal, haciendo partícipes a los asistentes.

5. Implementación de Last Planner en proyecto “Portal de Lampa”

Una vez comprendido el Sistema del último planificador en conjunto con sus conceptos fundamentales, indicadores y método de trabajo se prosigue con la implementación del SUP con el objetivo de lograr un flujo de trabajo que permita desarrollar y evaluar la aplicación de este método de control diferente al tradicional. Con este sistema se espera lograr el incremento de la productividad y los indicadores del sistema identificando y analizando las variables del proyecto en el que será aplicado.

La aplicación del sistema en terreno resulta ser de gran importancia ya que es aquí donde se ponen a prueba los conocimientos adquiridos y más adelante reflejarán los objetivos y resultados del proyecto. Finalmente, los procesos que se aplicarán serán detallados con un análisis de los aspectos favorables y desfavorables durante el periodo, permitiendo generar un aprendizaje y una posibilidad de mejora para la aplicación.

La implementación del sistema se llevó a cabo durante X semanas en un proyecto de edificación de mediana altura en la comuna de Lampa, Región Metropolitana, Chile. El proceso se llevará a cabo en la empresa Constructora Jafi Ltda. la cual es una empresa subcontratista que presta servicios de tabiquería incluyendo materiales y mano de obra.

5.1 Antecedentes del proyecto “Portal de Lampa”

5.1.1 Descripción del proyecto

El proyecto “Portal de Lampa” es un complejo habitacional que beneficia a 384 familias, donde el mandante es el MINVU y la empresa encargada de la administración del proyecto es “Noval” a quien se le prestan los servicios de tabiquería.

“Portal de Lampa” es un conjunto habitacional suscrito al DS49, los proyectos habitacionales que pertenecen al DS49 resultan ser más básicos de lo común, estos son entregados a los propietarios en estado de obra gruesa habitable, la cual como definición según la ordenanza general “Obra gruesa habitable” corresponde a la construcción techada y lateralmente cerrada, con piso o radier afinado, dotada de, a lo menos, un recinto de baño habilitado, con puerta, y en el caso de viviendas, dotada, además, con un recinto de cocina habilitado. (OGUC)

La fecha de inicio de faenas del proyecto fue el 25 de septiembre del 2017. Portal de Lampa se encuentra ubicado en el sector de Larapinta y Lo Echevers en la intersección de calle Barros Luco esquina El Pellín en la comuna de Lampa, Región Metropolitana, Chile como se muestra en el mapa.

Ubicación del proyecto

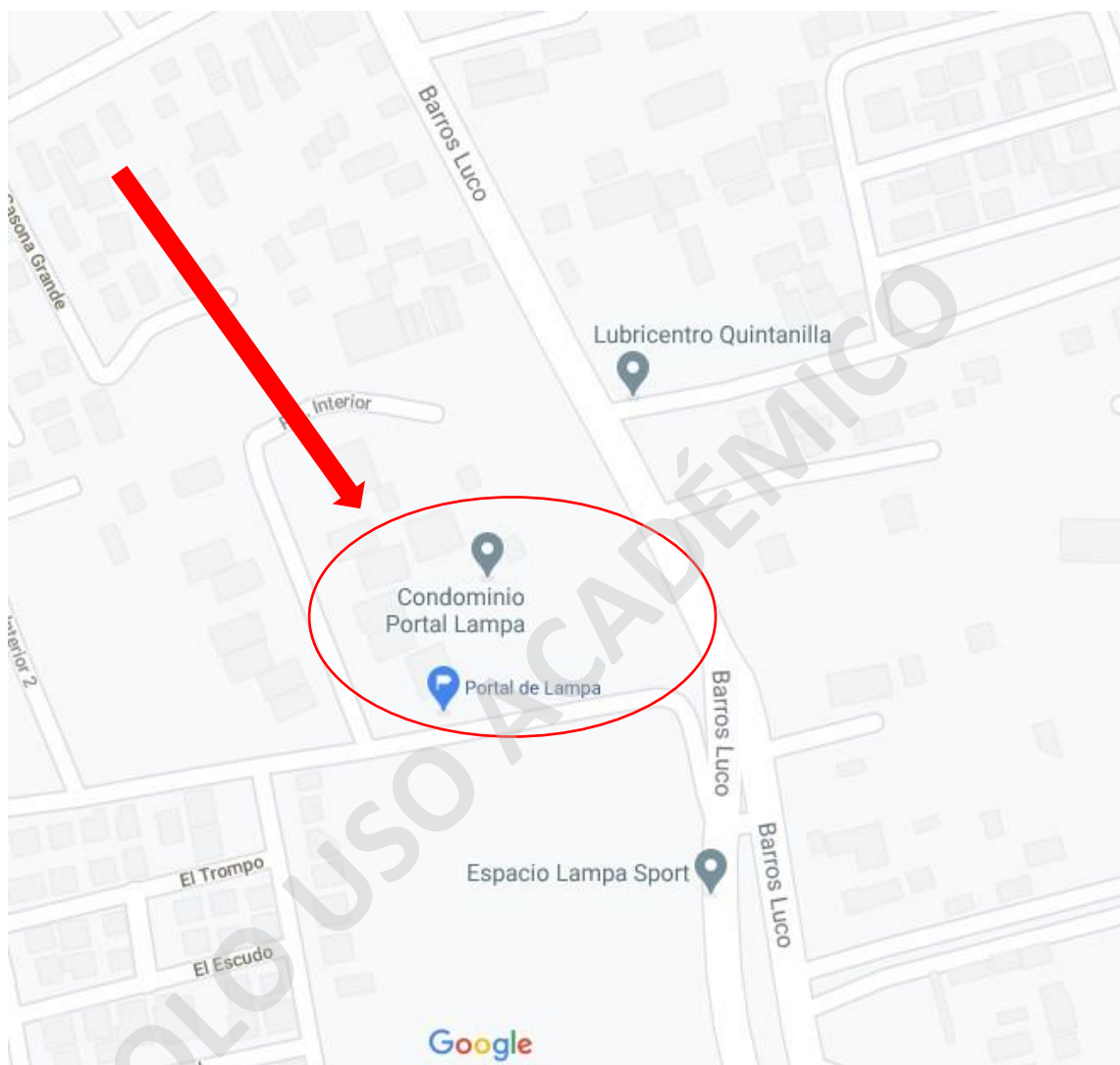


Figura 17. Ubicación "Portal de Lampa"



Figura 18. Terreno “Portal de Lampa”

En la imagen se muestra el terreno en cual se construyó el “Portal de Lampa”, las calles colindantes son El Pillín a la izquierda del terreno y calle Barros Luco en la parte inferior del terreno.



Figura 19. Proyecto Portal de Lampa en construcción

Datos generales

El proyecto está conformado de 24 torres de 4 pisos cada una, cada piso tiene 4 departamento con un total de 16 departamentos por cada torre, completando así un total de 384 departamentos en el proyecto completo.

Para efectos de coordinación y organización el proyecto se divide en 4 lotes con torres de la “A” hasta la “H” descritos a continuación.

- Lote 1: Torres A, B, C, D, E, F.
- Lote 2: Torres A, B, C, D, E, F, G, H.
- Lote 3: Torres A, B, C, D, E.
- Lote 4: Torres A, B, C, D, E.



Figura 20. Lote 1, Proyecto Portal de Lampa

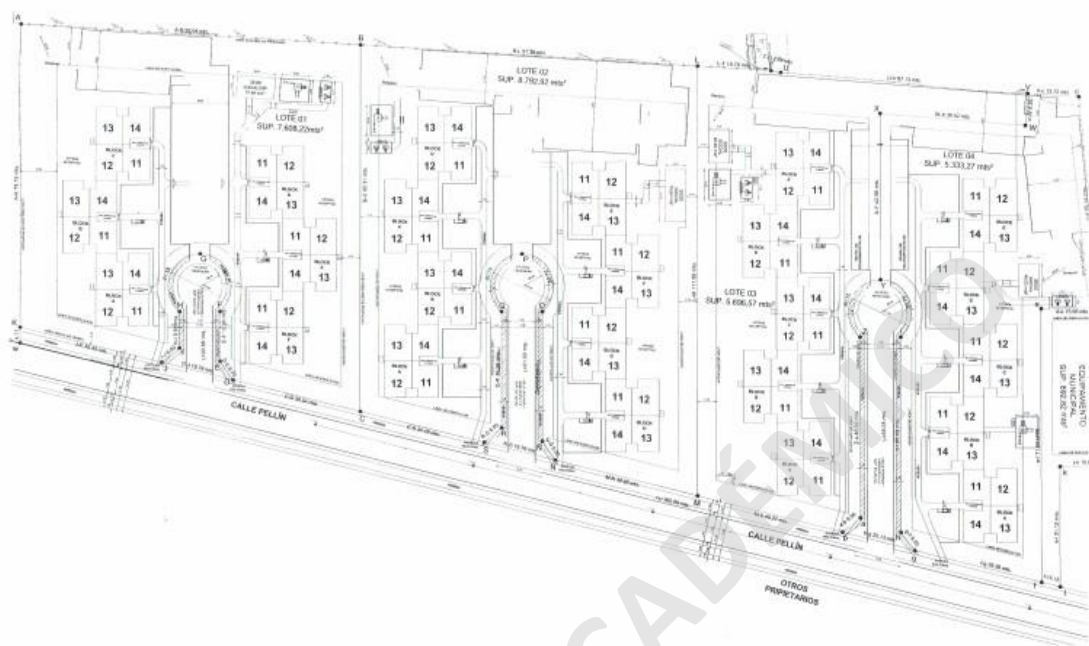


Figura 21. Loteo Portal de Lampa

Plano de loteo del proyecto, señala los diferentes de lotes, con la denominacion de torres y orden y numero de departamento.

5.1.2 Descripción de la empresa

La empresa en la cual se aplicó el sistema del último planificador es “Sociedad constructora y servicios industriales Jafi Ltda.”. Es una pequeña empresa que nació en el año 2014, desde ese entonces se dedica a atender personas particulares y a realizar trabajos como subcontrato a grandes empresas constructoras, en este proyecto en particular prestando servicios de tabiquería.

Constructora Jafi se caracteriza por trabajar bajo el modelo de obra vendida, considerando en los contratos materiales y mano de obra. Sociedad constructora Jafi es una empresa pequeña y reducida de personal profesional que se haga cargo de la administración, actividades y responsabilidades con la empresa constructora que se le prestan servicios.

Organigrama

A continuación, en la figura 22 se puede apreciar el organigrama antes de la implementación e incorporación en la empresa “Jafi” como Oficina Técnica de obra.

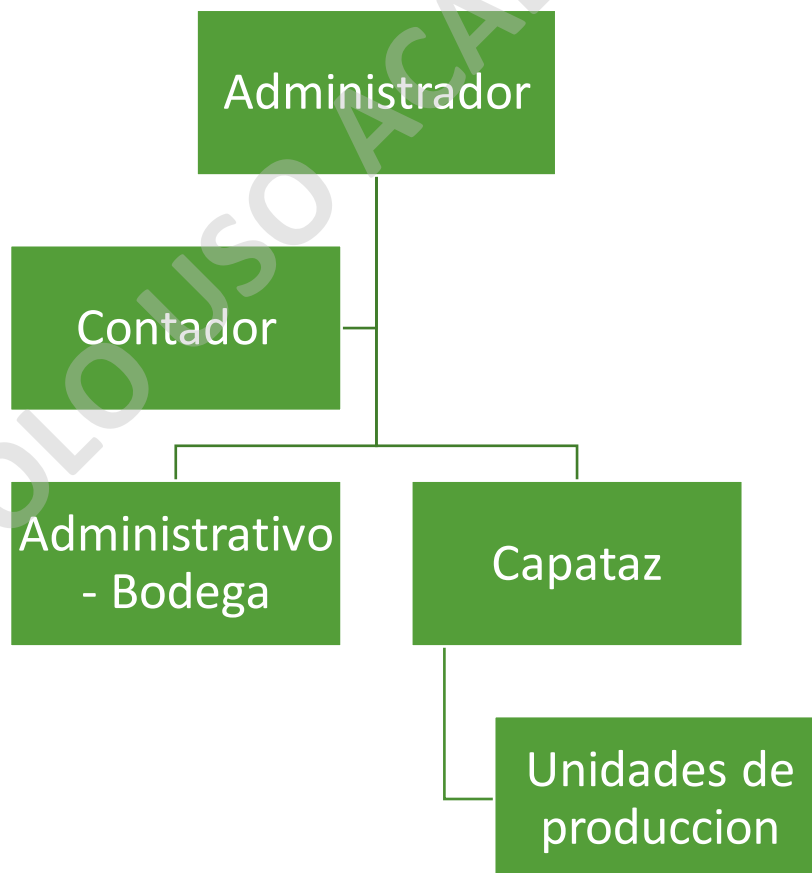


Figura 22. Organigrama “Jafi”

Forma de trabajo

Al momento de la incorporación se podía apreciar fácilmente un desorden en las actividades, sin un sistema de control definido y en las funciones del capataz y administrativo quienes estaban a cargo del subcontrato en la obra.

Como se puede apreciar en la figura el equipo de trabajo es reducido considerando que el gerente no cumple sus funciones en la obra y el capataz es un trabajador que en base a su experiencia y confianza con el dueño se encuentra a cargo de la obra cumpliendo doble función de controlar a la mano de obra y destinar la mayor parte del tiempo a realizar trabajos menores, ya sean detalles, orden de materiales y en ocasiones prestar servicios para la empresa fuera de la obra, ya sea a particulares u otros proyectos.

El administrativo cumple funciones de ingreso y salidas de personal, documentación legal con la empresa mandante, control de herramientas y ayudar al capataz con la supervisión, orden de materiales y entregas listas de chequeos los supervisores de las diferentes partidas contratadas.

5.3 Implementación del Last Planner

Para lograr una correcta implementación, se debe formar un equipo de trabajo capaz de generar compromisos y que estos sean confiables, también el personal encargado de las funciones debe estar capacitado con los conceptos del sistema y objetivo de este.

Un punto importante para la implementación es designar un encargado que se enfoque en mejorar las gestiones de producción, permitiendo alcanzar mejores niveles de productividad, aplicando acciones correctivas en base los datos obtenidos en el PAC y CNC.

Las reuniones son un proceso fundamental para la implementación del sistema, estas se deben ajustar a la realidad y condiciones del proyecto y equipo de trabajo, también es necesario que se establezca día y hora de las reuniones para generar un compromiso rutinario.

El sistema del último planificador al incorporar nuevos conceptos y formas de trabajo distintas a las tradicionales se recomienda que su implementación sea evolutiva, de manera que el sistema se implemente por partes hasta llegar a una implementación total del SUP.

La secuencia de implementación utilizada fue la siguiente.

Mes 1:

- Levantamiento de información y estado del proyecto
- Elaboración del programa semanal.
- Evaluación de mano de obra y su productividad.
- Medición del PAC.
- Análisis de CNC y acciones correctivas.

Mes 2:

- Creación de Planificación Intermedia.
- Análisis de restricciones.

Mes 3:

- Afinar conceptos de revisión y asignaciones de calidad.
- Retro alimentación y revisión del proceso para aplicar una posible mejora continua.

Al momento de incorporación a la empresa y reunirme con el gerente quien no conocía sobre el sistema del último planificador le explico a rasgos generales los fundamentos y la forma de trabajo donde se incorporan los procesos de planificación intermedia, semanal y los indicadores de medición de PAC y CNC. Esto resulta de suma importancia para poder generar motivación y convicción de que el programa tendrá un resultado positivo y de mejora ya sea en costo, tiempo o calidad.

5.3.1 Implementación Plan Maestro

Dado al estado avanzado de la obra el plan maestro no entra en los objetivos de la implementación como “Programa general” pero si se generaron hitos relevantes dentro del proyecto para tener un macro y poder realizar diferentes ciclos de planificación intermedia, se analizará el plan maestro o programa de fases cada 3 o 4 semanas con la finalidad de evaluar nuestras promesas y rendimientos de acuerdo con lo que se debería hacer. Este punto sirve para analizar y chequear las mejoras implementadas, posibles modificaciones en la secuencia de trabajo o equilibrio de partidas y recursos y lo más importante es el punto con el cual se mide el desempeño de la obra.

Los hitos revisados con el administrador del subcontrato para realizar la programación de fases fueron los siguientes:

SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
PORTAL DE LAMPA	24-jul-18	31-jul-18	07-ago-18	14-ago-18	21-ago-18	28-ago-18	04-sept-18	11-sept-18	18-sept-18	25-sept-18	02-oct-18	09-oct-18	16-oct-18	23-oct-18	30-oct-18	06-nov-18	13-nov-18
Instalación de Poligyp	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	6					
Estructura tabiques y tapado 1ra cara	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	9				
Estructura e instalación de Panelgyp	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	4			
Tapado tabiques 2da cara	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16		
Tapado y cierre de Panelgyp	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	9	
Faldon de tina, zócalo y vigón	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	11
Instalación de esquineros	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	6	10

Tabla 2. Programa general “Portal de Lampa”

Plan de Hitos				
N°	Hito	Descripción	Fecha programada	Fecha real
1	Termino de tabiqueria lote 2	Terminar las partidas poligyp, tabique y panelgyp de todas las torres del lote 2.	31-08-2018	
2	Termino lote 2	Entregar totalidad de partidas lote 2.	11-09-2018	
3	Termino de poligyp	Terminar y entregar totalidad de partidad de poligyp.	23-10-2018	
4	Instalación 1ra cara de tabique	Termino de instalación de 1ra cara de tabique.	30-10-2018	
5	Termino de proyecto	Terminar todas las partidas involucradas en el proyecto.	27-11-2018	

Tabla 3. Hitos del proyecto

Con estas fechas propuestas ya se puede planificar desde el avance actual al término del proyecto.

Al momento de realizar el levantamiento general del proyecto se puede apreciar que dentro del programa de actividades existen muchas de ellas desglosadas de forma muy pequeña lo que dificulta la medición del control de avance y pagos, ya que la empresa funciona con el sistema de pago por avance o “tratos”.

- La instalación de esquineros, actividad que se escucha sencilla es una partida atrasada ya que no tiene recursos y esta no fue incluida dentro del precio acordado con las cuadrillas de tabique ya que resultaba ser un trabajo muy lento para ellos. A su vez no se quería agregar o incurrir en un costo no contemplado proyectado hasta el momento.

- Dentro del levantamiento general se encuentran muchas partidas con problemas de calidad que se deben reparar, terminar y/o rehacer completas o en sectores. Es con esta información donde se obtienen las mayores observaciones y posibilidades de mejora para la implantación.

- Para efecto pago de tratos, con el fin de llevar un orden y no confundirse, se le asignaba como cancha una torre completa a cada cuadrilla, esto también contribuye a un desorden en la secuencia, sin embargo, con la obra gruesa casi al 100% para la fecha de inicio no era critico seguir este avance siendo que se trabajan en varios frentes durante la misma semana.

Esto considerando cada actividad como una sin otorgar relevancia entre cada una de ellas.

Tabla 4. Matriz – Levantamiento del proyecto

Tabla 5. Avances – Inicio de implementación

5.3.2 Implementación Planificación Intermedia

En esta fase del Last Planner se controla el flujo de trabajo como materiales, las restricciones que presentan las diferentes actividades, planos, proveedores, recursos humanos, información y mejoras que se vayan a aplicar o se estén aplicando. Se detalla y ajusta el programa, protegiendo las actividades en la que los recursos sean escasos o no estén disponibles. Se desglosan las actividades que se consideren, para un mejor análisis. Se adquiere un compromiso de lo que se va a realizar contratando entre lo que se puede y lo que se debería hacer.

Se tomará un período promedio de entre de 3 o 4 semanas para la realización de la planificación intermedia, previas a la ejecución de las actividades propuestas, ya que, al trabajar con la incertidumbre, más allá de ese período, se volvería poco manejable dadas las condiciones del proyecto.

Para la implementación y el trabajo de la planificación intermedia se siguen los puntos descritos en las pagina 25.

Como se mencionó en el plan maestro, existían muchas partidas que podrían agruparse e ir terminando de inmediato como era el caso de la instalación de esquinero partida que en un principio quiso realizar junto con la entrega del tapado de tabique, pero a medida que fue avanzando la obra, el maestro que estaba disponible para la instalación de esquineros renuncio y esto paso a ser parte del trabajo de las cuadrillas de tabique.

Dentro de la velocidad de trabajo otra partida que se analizó en este proceso fue la partida de la instalación de zócalo y faldón de tina, partida también bastante atrasada y que los tiempos y secuencias no permitían un ritmo similar a las demás actividades, por eso esta partida paso al proceso de mejora continua.

5.3.2.1 Inventario de trabajo ejecutable

El proyecto Portal de Lampa al ser un proyecto con gran cantidad de departamentos que avanzan a una velocidad podría llamarse rápida, no fue posible generar un ITE y que este se pudiese desarrollar a lo largo del tiempo. Esto debido a que se liberan restricciones constantes durante el tiempo y de un día para otro ya se está trabajando en dicha actividad, por lo que no se genera un inventario de actividades por realizar.

5.3.2.2 Análisis de restricciones

Por el avance de obra el análisis de restricciones fue liberado de la siguiente forma y adecuado a las condiciones de terreno para generar un flujo de trabajo tomando en consideración los siguientes puntos.

1. **Material en terreno** necesario para cada actividad debe estar en cada piso según cubicación entregada a supervisores de la constructora. Ya que el contrato es que la constructora era la encargada del movimiento de material a su posición final.
2. **Mano de obra** adecuada y disponible para realizar la actividad.
3. **Trazado** para la realización sin complicaciones.
4. **Prerrequisitos** de instalaciones o actividades antecesoras que se tienen que cumplir para la correcta ejecución de la actividad.

TORRE C - L3		RESTRICCIONES			
		PISO 1	PISO 2	PISO 3	PISO 4
POLIGYP	TRAZADO (ARRIBA Y ABAJO)				
	LIMPIEZA DE MUROS				
	PEGAMENTO				
	POLIGYP				
TABIQUE	TRAZADO				
	RECTIFICACIÓN DE TUBERIAS				
	CANALES				
	MONTANTES				
	PLANCHAS ST				
	PLANCHAS RH				
	PINOS				
	LANA				
PANELGYP	CLAVIJAS				
	SOLERAS				
	PANELES				
FALDON	TRAZADO				
	GEOTEXTIL				
	PERFILES				
	FIBROCEMENTO				

Tabla 6. Análisis de restricciones por torre

5.3.3 Reuniones semanales

La reunión semanal se acordó que será todos los días martes para cerrar avances los lunes y comenzar la siguiente programación, partiendo así la semana quedara registrada de martes a lunes, siendo el día lunes en el que se cierra el avance obteniendo así el PAC y las actividades que por algún tipo de CNC no pudieron completarse al 100% y que tendrán que ser justificadas y analizadas en la reunión, esta reunión es de suma importancia que sea constante ya que es donde se plantean las CNC las cuales nos llevan a una mejora continua y también a reflejar y notar los errores que se cometen semana a semana periódicamente para poder generar mejoras y así hacer más confiable los compromisos semanales.

El objetivo de esta reunión es generar compromisos reales que se puedan ejecutar en la semana, idealmente que hayan pasado por un análisis de restricciones y se encuentren el ITE, de esta forma nos aseguramos de que lo en cada reunión semanal digamos lo que verdaderamente se podrá hacer, actualizadas con las condiciones de terreno en la obra. Junto con esta reunión y avance se comenzará a crear un registro de la productividad de cada cuadrilla, es decir, las cantidades de actividades completadas según versus la cantidad de días trabajados.

En un comienzo se realizaron 3 reuniones last planner de obra gruesa a nivel de la constructora con cada supervisor de subcontratos, supervisores y jefe de terreno de la empresa constructora, en estas reuniones se entregó un plan de trabajo semanal para cada responsable (pintor, eléctrico, sanitario, estructuras metálicas, etc.) esto duro solo 3 semanas, ya que luego de eso cambiaron la administración de la empresa constructora y las reuniones semanales dejar de realizarse, y lo que un comienzo seria complementario termino solo en reuniones de coordinación y programación interna del subcontrato.

De la reunión semanal participarán los jefes de cuadrillas de cada unidad de producción, el supervisor y el coordinador, de esta forma la minuta de reunión semanal fue la siguiente.

PLANIFICACIÓN SEMANAL		
Horario	Lugar	Asistententes
Martes de 9:00 a 10:00	Instalación de faena	Jefe de terreno Supervisor Capataz Cuadrilla Poligyp Cuadrillas Tabiquería
Objetivos		
Evaluar el cumplimiento e indicadores del plan de trabajo semanal anterior. Generar programación comprometida para la siguiente semana. Analizar restricciones para las siguientes semanas a programar (P. intermedia).		
Minuta		
Sección	Temas a tratar	Responsable
Revisión semana anterior	Revisión de cumplimiento de la semana anterior, PAC Identificar causas de no cumplimiento Revisión de PAC y CNC	Jefe de terreno y cada responsable
Planificación semanal	Definición de compromisos para la semana Identificación de restricciones	Jefe de terreno y cada responsable
Planificación intermedia	Revisión de Planificación intermedia Identificación de restricciones	Jefe de terreno

Figura 23. Minuta de reunión remanal

También se realizó un programa de la semana considerando las actividades puntuales utilizadas de last Planner para llevar a cabo la implementación.

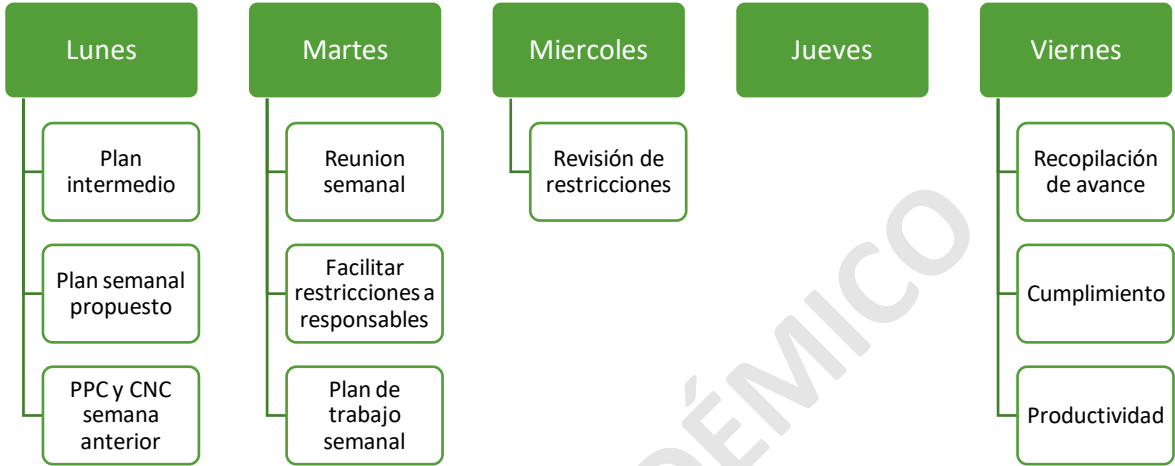


Figura 24. Programa de trabajo semanal Last-Planner

El plan de trabajo semanal se realiza bajo el compromiso de cada cuadrilla responsable, la que se lleva a cabo en la siguiente tabla, donde según cada compromiso se filtra por responsable para ser entregado como hoja física que debe ser entregada idealmente rayada, tachada con información de causa de no cumplimiento para dar un feed back de cada los últimos planificadores poder tomar decisiones más acertadas a lo que pasa realmente en terreno.

LOTE	TORRE	PISO	DPTO	INST. POLIGYP	EST. + 1RA CARA	EST. PANELGYP	TAPADO ZDA CARA	CIERRE PANELGYP	TAPADO FALDON + ZOCALO	ESQUINEROS	CUMPLIMIENTO	RESPONSABLE	TIPO CNC	Detalle CNC	Responsable CNC	Dpto	PARTIDA
LOTE 2	TORRE D	1	11														
LOTE 2			12														
LOTE 2			13														
LOTE 2			14														
LOTE 2		2	21														
LOTE 2			22														
LOTE 2			23														
LOTE 2			24														
LOTE 2		3	31														
LOTE 2			32														
LOTE 2			33														
LOTE 2			34														
LOTE 2		4	41														
LOTE 2			42														
LOTE 2			43														
LOTE 2			44														

Tabla 7. Plan de trabajo semanal

Primera reunión semanal

En primera semana se explicó la dinámica y la forma de trabajar para a la vez llevar también un orden de las actividades que cada unidad de producción realizaba por la cual se cobraba a trato, por ese punto se incentivó a llevar el control de esta planilla semanal. Lo cual fue bien acogido por el equipo.

Se entrego el programa semanal Last-Planner (tabla 10) para que cada cuadrilla de trabajo tenga claro lo que hay que realizar para llevar a cabo la implementación y las reuniones semana a semana. Cada uno era participe de sus restricciones, cumplimientos, observaciones y mejoras.

Se conoce el equipo de trabajo, la cantidad, sus partidas y distribución, las cuadrillas de tabiquería y panelgyp eran en parejas, la única cuadrilla de poligyp contaba de 3 maestros y mientras la instalación de faldón y la instalación de esquineros eran realizadas por 1 maestro cada una. Inicialmente se realizó un levantamiento para cerrar avance el viernes y ver la capacidad de producción de cada uno a término de semana, con el objetivo de obtener un ritmo de cada unidad de producción y poder obtener de ya la productividad como su primer 100%

PARTIDA	CUADRILLAS
POLIGYP	CORONADO
TABIQUE	LEO
TABIQUE	PATO
TABIQUE	CESAR
PANELGYP	OSMAN
FALDON + ZOCALO	ELISEO
ESQUINEROS	PEDRO

Tabla 8. Cuadrillas – Semana 1

Productividad y PAC – Semana 1

Para esto a cada cuadrilla se le asignó la cantidad de actividades que ejecutaron en 5 días de la semana, ya que fue la semana de ingresos y no existía ningún compromiso. A continuación, se muestra la tabla con el PPC y la productividad total de cada cuadrilla.

El PAC fue el 100% para todas, por lo que no será considerado dentro de la evolución del PAC.

		24-jul			
		1			
PARTIDA	CUADRILLAS	C	X	PPC	PROD
POLIGYP	CORONADO	14	14	100%	2,8
TABIQUE	LEO	12	12	100%	2,4
TABIQUE	PATO	13	13	100%	2,6
TABIQUE	CESAR	12	12	100%	2,4
PANELGYP	OSMAN	11	11	100%	2,2
FALDON y ZOCCALO	ELISEO	10	10	100%	2,0
ESQUINEROS	PEDRO	15	15	100%	3,0
		87	87	100%	

Tabla 8.1. Registro de productividad de cuadrillas – Semana 1

Junto con esta tabla surge la pregunta, ¿Por qué las diferentes cuadrillas (de las mismas actividades) con la misma cantidad de personas no pudo realizar la misma cantidad de actividades? ¿Por qué cada cuadrilla no pudo hacer más actividades de las que realizó? ¿Tienen todas las mismas condiciones?

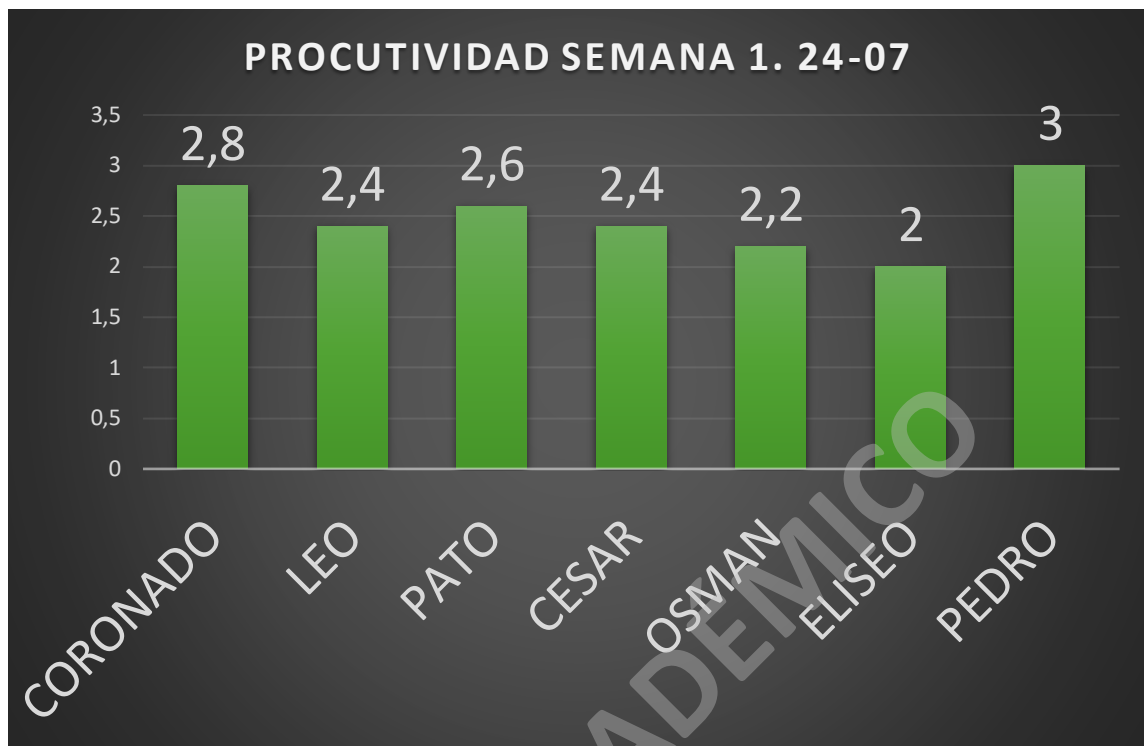


Gráfico 1. Productividad – Semana 1

La productividad o producción ejecutada en la semana 1 de control será la base de mejora y de medición para las siguientes semanas. Como se mencionó anteriormente la producción para este indicador fue considerada como el ritmo o producción semanal con la siguiente fórmula.

$$Productividad = \frac{Unid. Completadas (X)}{Unid. Tiempo (5 Días)}$$

Considerando unidades completadas como la cantidad en la columna “X” de la tabla de registro de productividad (Tabla 8). Y la unidad de tiempo es 1 semana, es decir, 5 días.

Junto con la primera no existen causas de no cumplimiento ya que no se generaron compromisos, por lo que se consideró comprometido todas las actividades que alcanzaron a terminar completamente en la semana, por lo tanto, tampoco hubo PAC ya que al ser considerado el total como compromiso el PAC arroja un 100%.

De esta primera información pudimos obtener bastante información sobre las causas de no cumplimiento de una semana y posibles puntos de mejora para la productividad aplicando las herramientas que proporciona el last planner.

5.4 Resultados de la implementación

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en la obra portal de lampa mediante la implementación del Sistema del Ultimo Planificador.

Durante la implementación se hizo la evaluación de un total de 20 semanas en la etapa de terminaciones gruesas, especialmente la tabiquería, que se divide en 7 actividades para completar un departamento completo. Cada actividad de cada departamento estuvo asociada a una cuadrilla, con registros e indicadores de porcentaje de plan completado, cantidad de departamentos completados por semana, generales y por cuadrilla, para aplicar ciclos de mejora durante la implementación de las 20 semana. Este ciclo se realizo por cada planificación intermedia cada 4 semanas.

5.4.1 Semana 2 a 5 – Primer Plan intermedio.

Luego de la información de la semana 1, con un programa general armado, se realizan los primeros compromisos semanales de cada cuadrilla, con torre, piso y departamento definido las que son impresas y entregadas a cada uno según la tabla 20. Para al final de la semana se debe completar con la información de las causas de no cumplimiento requeridas, estas causas fueron definidas luego de estudiar el last planner y analizar la información propia del proyecto. En la tabla 19 se muestra la planilla de control luego de una semana con el avance levantado y filtrada por las actividades que no lograron completarse al 100%, recordando que, si una o más actividades se comenzaron, pero no se completaron y estas son consideradas como no ejecutadas y no suman al PAC.

El horizonte de la planificación intermedia fue de 4 semanas, el control de esta planificación intermedia será ejecutado una vez cumplido, en la tabla XX se puede apreciar el avance al momento de iniciar la semana 2 (31/07/2018), y la cantidad de dptos. ejecutados a la fecha de control (28/08/2018). Con este cuadro se controla el avance programado respecto al real generando la curva S.

Adicional se agregan columnas de la diferencia de actividades a favor y en contra ayudando así a visualizar que actividades requieren mayor atención.

Fecha Reunión	Fecha Control
31-07-2018	28-08-2018

TERMINO SEMANA	N° SEMANA	INICIO	FIN	AV. PROG.	AV. REAL	DIF.	% AVANCE	PLAN INTERMEDIO 4 SEMANAS					
								31-jul-18	07-ago-18	14-ago-18	21-ago-18	28-ago-18	
								1	2	3	4	5	6
Instalación de Poligyp		24-jul-18	23-oct-18	218	216	-2	56%	202	218	234	250	266	282
Estructura tabiques y tapado 1ra cara		24-jul-18	30-oct-18	199	193	-6	50%	183	199	215	231	247	263
Estructura e instalación de Panelgyp		24-jul-18	6-nov-18	176	182	6	47%	160	176	192	208	224	240
Tapado tabiques 2da cara		24-jul-18	6-nov-18	180	169	-11	44%	164	180	196	212	228	244
Tapado y cierre de Panelgyp		24-jul-18	20-nov-18	156	150	-6	39%	140	156	172	188	204	220
Faldon de tina, zócalo y vigón		24-jul-18	27-nov-18	133	127	-6	33%	117	133	149	165	181	197
Instalación de esquineros		24-jul-18	27-nov-18	116	113	-3	29%	93	116	134	152	170	188

Tabla 9. Planificación intermedia 1

Plan de trabajo semanal

Luego ya de saber las cantidades de dptos. que se realizaran se proponen los dptos. que se realizaran según programa para luego en la reunión plantearlo y en base a eso los jefes de cuadrillas generan los compromisos que se ven reflejados en la tabla 10 donde se muestra el programa completo de la semana se aprecia la torre, piso y nro. de dpto. y la cuadrilla responsable que realizo el compromiso de ejecutar dicha actividad, en donde las celdas con verde claro son las que se realizaron y las de tono amarillo son las que no se lograron a completar, por lo tanto, son las que se completan con sus causas respectivas para luego ser llevadas a una base de datos de las CNC.

Una vez con los compromisos listos se procede a entregar la planilla con las actividades según corresponda y a llevar el control de la reunión, durante la semana, obteniendo el avance final el viernes de cada semana, es de suma importancia ser cíclicos con estos procesos ya que es un sistema que se debe enriquecer de datos e información semana a semana.

LOTE	TORRE	PISO	DPTO	INST. POLIGYP	EST. + 1RA CARA	EST. PANELGYP	TAPADO ZDA CARA	CIERRE PANELGYP	TAPADO FALDON + ZOCALOS	ESQUINEROS	CUMPLIMIENTO	RESPONSABLE	TIPO CNC	Detalle CNC	Responsable CNC	Dpto	PARTIDA
LOTE 2	TORRE D	1	11	1	1	1	1	1	1	1	SI						
LOTE 2			12	1	1	1	1	1	1	1	SI						
LOTE 2			13	1	1	1	1	1	1	X	SI	PEDRO JORNAL					
LOTE 2			14	1	1	1	1	1	1	X	SI	PEDRO JORNAL					
LOTE 2		2	21	1	1	1	1	1	1	X	SI	PEDRO JORNAL					
LOTE 2			22	1	1	1	1	1	1	X	SI	PEDRO JORNAL					
LOTE 2			23	1	1	1	1	1	1	X	SI	PEDRO JORNAL					
LOTE 2			24	1	1	1	1	1	1	X	SI	PEDRO JORNAL					
LOTE 2		3	31	1	1	1	1	1	1	X	SI	PEDRO JORNAL					
LOTE 2			32	1	1	1	1	1	1	X	SI	PEDRO JORNAL					
LOTE 2			33	1	1	1	1	1	1	X	SI	PEDRO JORNAL					
LOTE 2			34	1	1	1	1	1	1	X	SI	PEDRO JORNAL					
LOTE 2		4	41	1	1	1	1	1	1	X	SI	PEDRO JORNAL					
LOTE 2			42	1	1	1	1	1	1	X	SI	PEDRO JORNAL					
LOTE 2			43	1	1	1	1	1	1	X	SI	PEDRO JORNAL					
LOTE 2			44	1	1	1	1	1	1	X	SI	PEDRO JORNAL					
LOTE 2	TORRE E	1	11	1	1	1	1	1	1	1	SI	PEDRO JORNAL					
LOTE 2			12	1	1	1	1	1	1	C	NO	PEDRO JORNAL	Falta Mano de Obra	Falla maestro durante semana	Jafí		ESQUINEROS
LOTE 2			13	1	1	1	1	1	1	C	NO	PEDRO JORNAL	Falta Mano de Obra	Falla maestro durante semana	Jafí		ESQUINEROS
LOTE 2			14	1	1	1	1	1	1	C	NO	PEDRO JORNAL	Falta Mano de Obra	Falla maestro durante semana	Jafí		ESQUINEROS
LOTE 2		2	21	1	1	1	1	1	1	1	SI						
LOTE 2			22	1	1	1	1	1	1	X	SI	ELUSEO					
LOTE 2			23	1	1	1	1	1	1	X	SI	ELUSEO					
LOTE 2			24	1	1	1	1	1	1	X	SI	ELUSEO					
LOTE 2		3	31	1	1	1	1	1	1	X	SI	ELUSEO					
LOTE 2			32	1	1	1	1	1	1	X	SI	ELUSEO					
LOTE 2			33	1	1	1	1	1	1	X	SI	ELUSEO					
LOTE 2			34	1	1	1	1	1	1	X	SI	ELUSEO					
LOTE 2		4	41	1	1	1	1	1	1	X	SI	ELUSEO					
LOTE 2			42	1	1	1	1	1	1	X	SI	ELUSEO					
LOTE 2			43	1	1	1	1	1	1	X	SI	ELUSEO					
LOTE 2			44	1	1	1	1	1	1	X	SI	ELUSEO					
LOTE 2	TORRE F	1	11	1	1	1	1	1	1	C	NO	ELUSEO	Trabajo rehecho	Ocupa tiempo en ampliar actividades terminadas	Jafí		TAPADO FALDON + ZOCALO
LOTE 2			12	1	1	1	1	1	1	C	NO	ELUSEO	Trabajo rehecho	Ocupa tiempo en ampliar actividades terminadas	Jafí		TAPADO FALDON + ZOCALO
LOTE 2			13	1	1	1	1	1	1	C	NO	ELUSEO	Trabajo rehecho	Ocupa tiempo en ampliar actividades terminadas	Jafí		TAPADO FALDON + ZOCALO
LOTE 2			14	1	1	1	1	1	1	C	NO	ELUSEO	Trabajo rehecho	Ocupa tiempo en ampliar actividades terminadas	Jafí		TAPADO FALDON + ZOCALO
LOTE 2		2	21	1	1	1	1	1	1	C	NO	ELUSEO	Trabajo rehecho	Ocupa tiempo en ampliar actividades terminadas	Jafí		TAPADO FALDON + ZOCALO
LOTE 2			22	1	1	1	1	1	1	1	SI						
LOTE 2			23	1	1	1	1	1	1	1	SI						
LOTE 2			24	1	1	1	1	1	1	1	SI						
LOTE 2		3	31	1	1	1	1	1	1	1	SI						
LOTE 2			32	1	1	1	1	1	1	1	SI						
LOTE 2			33	1	1	1	1	1	1	1	SI						
LOTE 2			34	1	1	1	1	1	1	1	SI						
LOTE 2		4	41	1	1	1	1	1	1	X	SI	LEO					
LOTE 2			42	1	1	1	1	1	1	X	SI	LEO					
LOTE 2			43	1	1	1	1	1	1	X	SI	LEO					
LOTE 2			44	1	1	1	1	1	1	X	SI	LEO					
LOTE 2	TORRE F	1	11	1	1	1	1	1	1	X	SI	OSMAN					
LOTE 2			12	1	1	1	1	1	1	X	SI	OSMAN					
LOTE 2			13	1	1	1	1	1	1	C	NO	OSMAN	Falta movimiento de Material	Tiempo de espera por material	Constructora		CIERRE PANELGYP
LOTE 2			14	1	1	1	1	1	1	C	NO	OSMAN	Falta movimiento de Material	Tiempo de espera por material	Constructora		CIERRE PANELGYP
LOTE 2		2	21	1	1	1	1	1	1	1	SI	OSMAN					
LOTE 2			22	1	1	1	1	1	1	1	SI	OSMAN					
LOTE 2			23	1	1	1	1	1	1	1	SI	OSMAN					
LOTE 2			24	1	1	1	1	1	1	1	SI	OSMAN					

Tabla 10 – Plan de trabajo semanal – Semana 1

Analizando el primer grafico de las causas de no cumplimiento se puede observar que las causas con mas incidencia es la “Mano de obra”, “Actividad antecesora incompleta” y “Trabajo rehecho”. Causas que se aprecian abordables para su evolución durante el ciclo de vida del proyecto.

Como plan de acción tomado en conjunto con el administrador para las primeras causas de no cumplimiento fueron las siguientes

- Falta de mano de obra; hacer levantamiento de la mano de obra su distribución y ver lo que podría llegar a necesitar para el avance del proyecto.
- Actividad antecesora incompleta; revisar mejor la cancha para no programar y dar instrucciones donde no se pueden realizar actividades al 100%. Esto se asocia a una mayor atención a las restricciones.
- Trabajo rehecho; durante las charlas diarias dedicar algunos días para la revisión y capacitación de las partidas, la cantidad de tornillos, distanciamiento de fijaciones, perfiles de panelgyp y repaso de fichas técnicas de cada partida.

Junto con las CNC también se buscó el responsable de cada para actividad (gráfico 7) para poder analizar y abordar según corresponda las causas de no cumplimiento semana a semana. Esto ayuda a poder filtrar y enfocar las soluciones y acciones correctivas según quien sea el responsable, de esta forma hacer notar las complicaciones y los atrasos que genera cada subcontrato que participa como externo en el proceso completo.

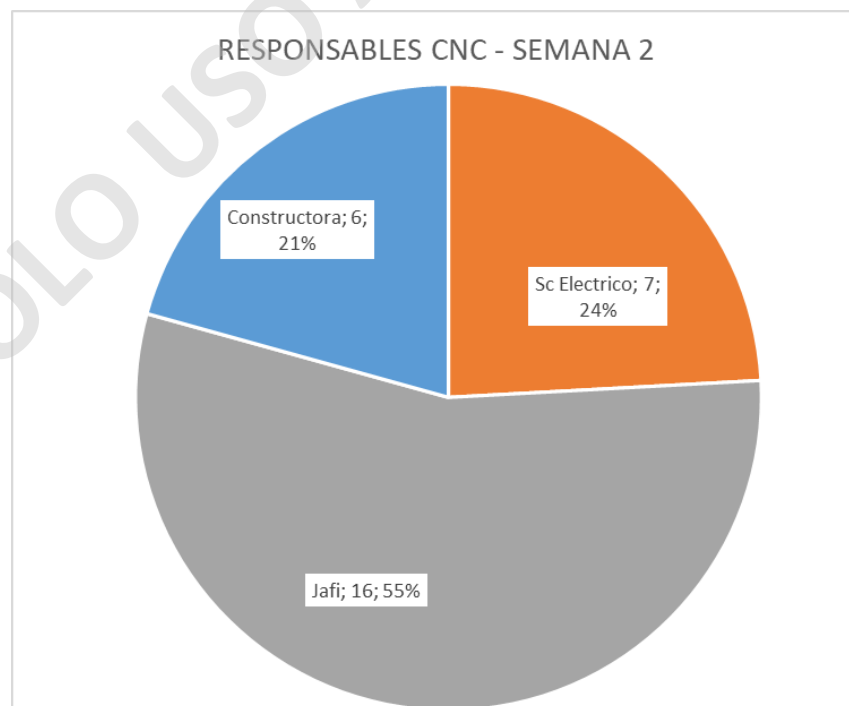


Gráfico 3. CNC Responsables – Semana 2

Control Planificación intermedia

Luego de terminada la semana 5 se realiza, el control de avance real de la planificación intermedia la cual nos muestra la primera curva S de control, graficando un 1% de atraso luego da cada semana.

De mantener ese ritmo, el atraso y término de la obra podría llegar a tener un atraso de 4 a 6 semanas, por lo tanto, es una condición que no se espera del proyecto se plantea desde el comienzo al administrador del subcontrato, ya que entra en las posibilidades si no se toman acciones o buscan soluciones.

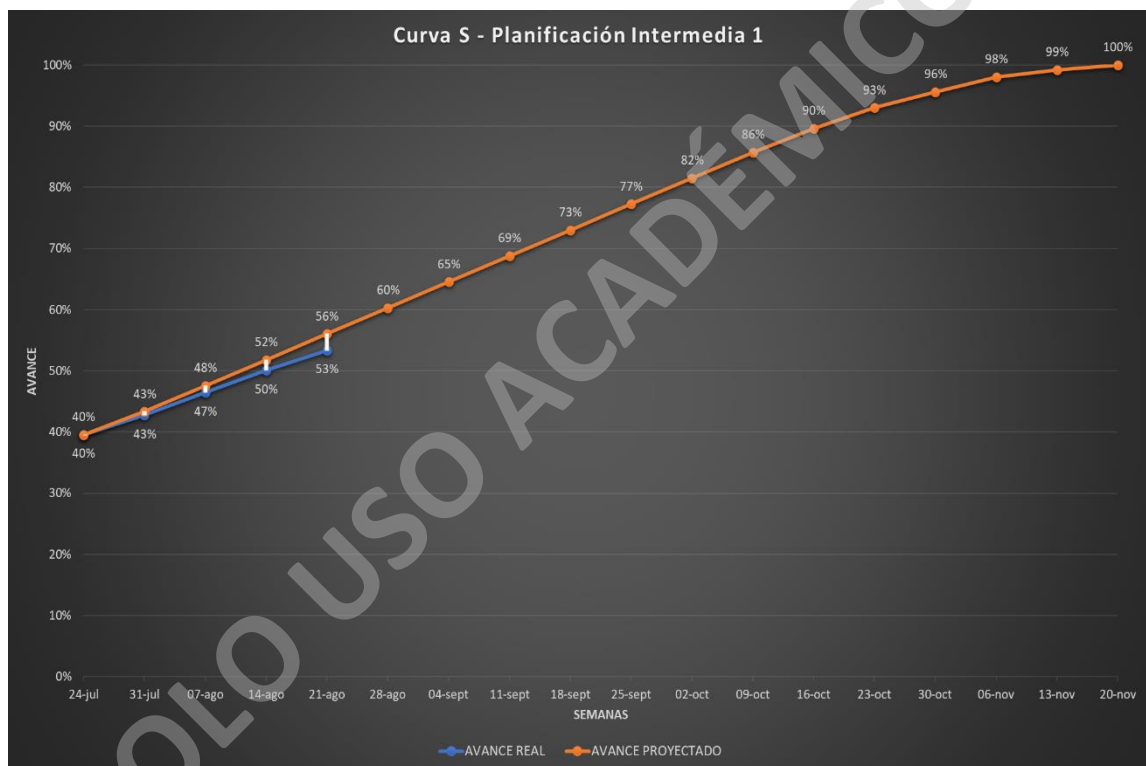


Gráfico 4. Curva S – Plan intermedio 1

La tabla de planificación refleja y se obtiene lo siguiente:

- Existen 2 partidas con cantidades a favor como lo es el tapado de tabique y panelgyp, 9 dptos. entre las dos partidas.
- En las actividades de estructura de 1ra cara y 1ra postura de panel se cuenta con un atraso de dos semanas según el programa, esto se relaciona con la CNC de actividad antecesora y la falta de mano de obra de eléctricos durante el periodo.
- La gran cantidad de errores, detalles pendientes hacia atrás y el trabajo del fibrocemento con respecto a sus medidas de seguridad, hacen que la partida de estructura y tapado de faldón de tina se convierta en la partida con más atraso hasta la fecha.

					PLAN INTERMEDIO 4 SEMANAS					
TERMINO SEMANA	AV. PROG.	AV. REAL	DIF.	% AVANCE	24-jul-18	31-jul-18	07-ago-18	14-ago-18	21-ago-18	28-ago-18
N° SEMANA					1	2	3	4	5	6
Instalación de Poligyp	266	261	-5	68%	202	218	234	250	266	282
Estructura tabiques y tapado 1ra cara	247	230	-17	60%	183	199	215	231	247	263
Estructura e instalación de Panelgyp	236	216	-20	56%	172	188	204	220	236	252
Tapado tabiques 2da cara	208	212	4	55%	144	160	176	192	208	224
Tapado y cierre de Panelgyp	199	204	5	53%	135	151	167	183	199	215
Faldon de tina, zócalo y vigón	181	160	-21	42%	117	133	149	165	181	197
Instalación de esquineros	170	152	-18	40%	98	116	134	152	170	188

Tabla 12. Control de termino Plan intermedio 1

Causas de no cumplimiento

En el gráfico 9 se muestran las CNC obtenidas en la base de datos acumuladas desde la semana 1 hasta la 5, reflejando la falta de mano de obra, esto debido a los días ausentes de las cuadrillas o 1 de los integrantes de estas y evidenciando la confiabilidad de las cuadrillas.

El trabajo rehecho es de lo que mas atraso genera, ya que no se deja de avanzar si no que se realiza un mismo trabajo 2 veces y considera recursos materiales y tiempo. Con respecto a la actividad antecesora incompleta, se refuerza el trabajo de las restricciones para no considerar estas actividades, pero entra en el ámbito de CNC de una fuente externa.

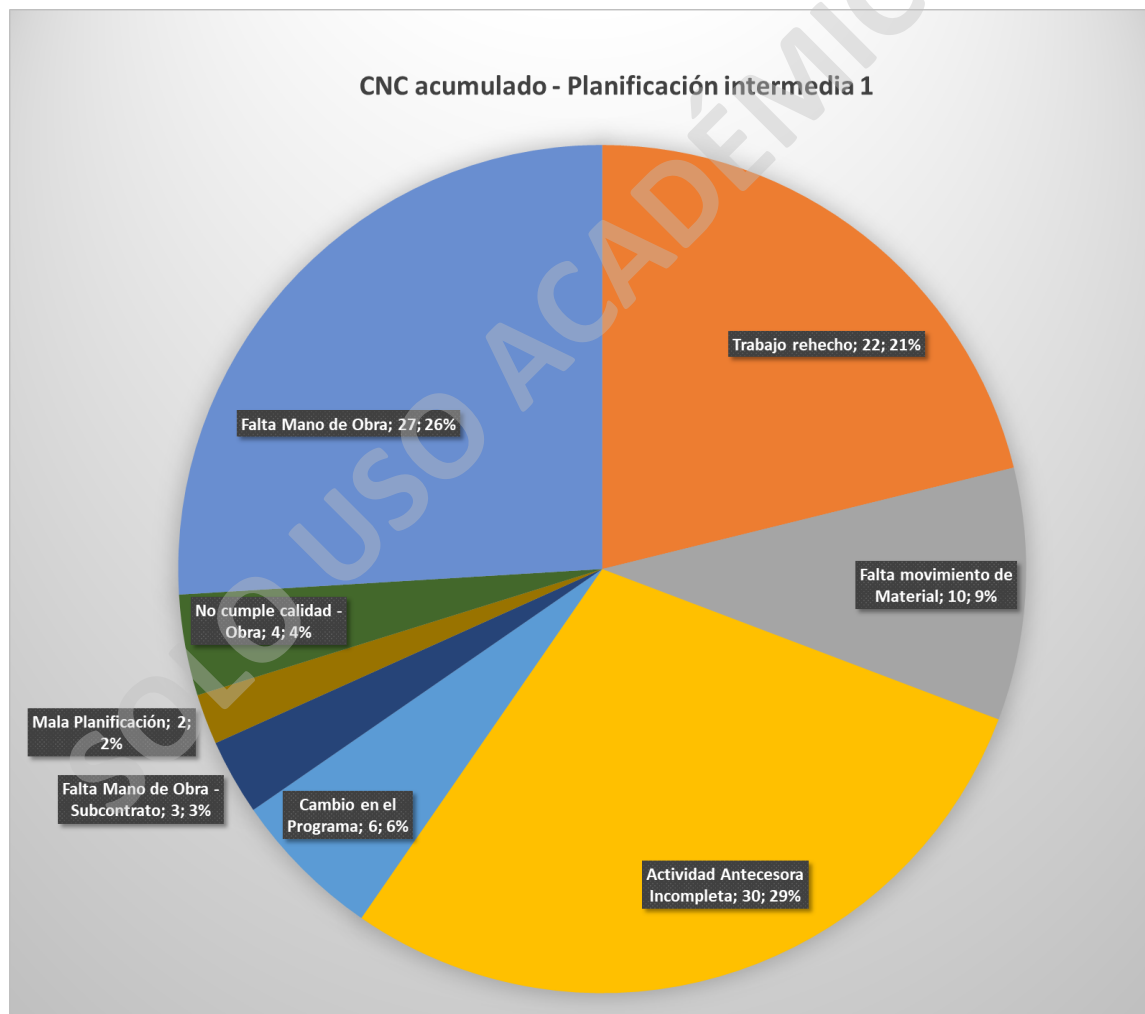


Gráfico 5. CNC acumulado – Planificación Intermedia 1

También se visualizo la incidencia de las CNC anteriores en cada partida, reflejando la actividad antecesora en mayoría en el cierre de panelgyp, y lo más critico el tapado de faldón y zócalo que en su totalidad contaba con causas de trabajo rehecho.

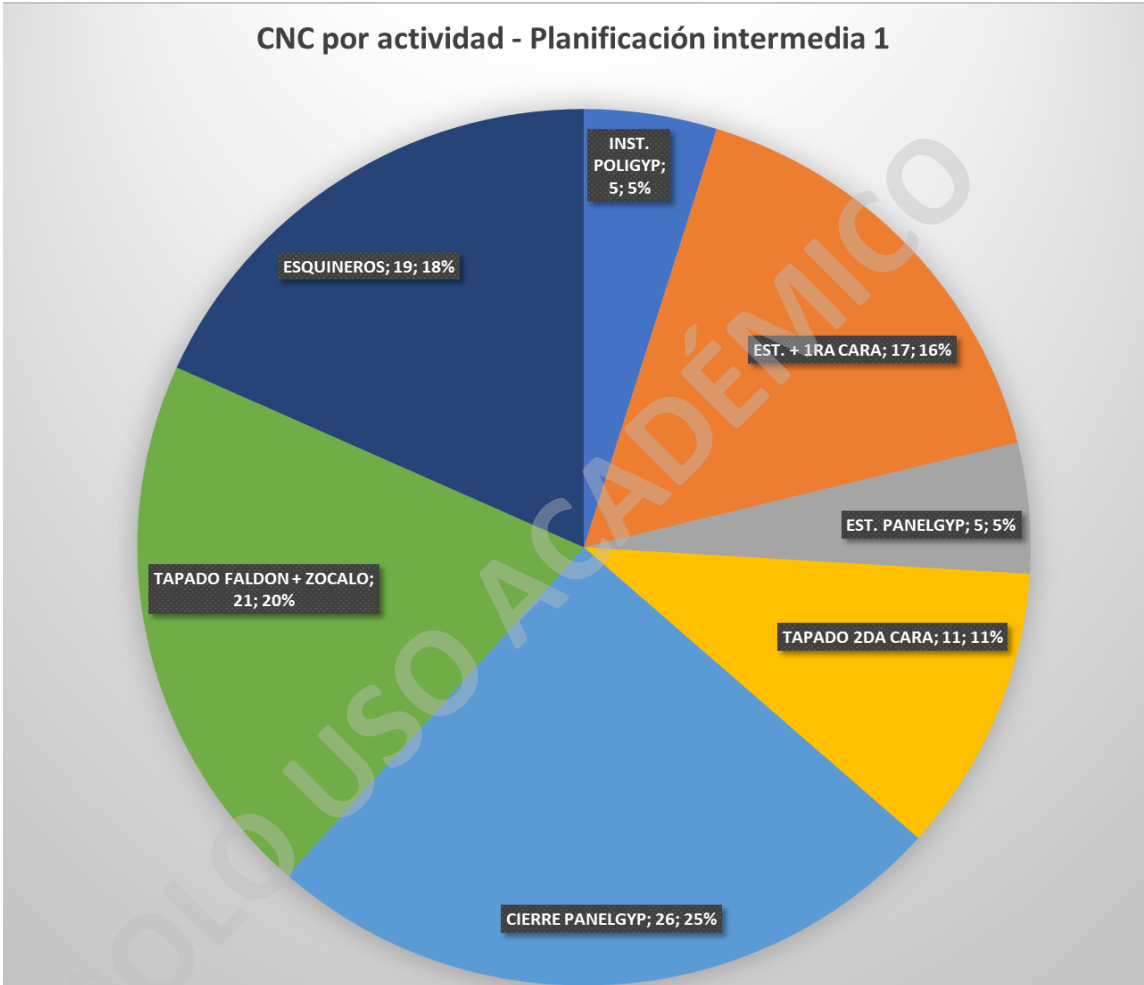


Gráfico 6. CNC por actividad – Planificación Intermedia 1

Mejora continua y acciones correctivas

Con toda la información de la planificación intermedia y los resultados de las CNC se puede apreciar un problema en la partida del faldón de tina y zócalo, que es una actividad de un solo maestro y con el agregado del trabajo de fibrocemento y la sílice que no permiten trabajar y hacer cortes dentro de los departamentos si no que, al aire libre, sin lugar designado por la empresa constructora. Profundizando esta partida se dio un análisis y se pensaron y aplicaron mejoras luego de la primera planificación intermedia durante un proceso de mejora continua.



Figura 25. Ciclo de partida Faldón de tina

Se observa gran cantidad de actividades con pérdidas de tiempo lo que genera errores y confusión en caras de fibrocemento y corte de la celosía para registro de la tina, como solución se pidió un sector de corte de fibrocemento a prevención, en donde se realiza una guía y se realizaron en lotes considerando tinas invertidas y derechas esto permitió hacer modificaciones en el interior de los departamentos con herramientas manuales, acortando el desgaste físico de subir y bajar las escaleras por cortes y por errores. Una producción en masa de tapas de faldón y perfiles de fibrocemento reduciendo el tiempo de medición por cada departamento. También existe una disminución de la pérdida del material al aprovechar en su totalidad para los faldones, zócalos y tapillas de ventanas.

Con la mejora planeada el proceso de inicio a fin de la partida queda de la siguiente secuencia de actividades de flujo y transformación.

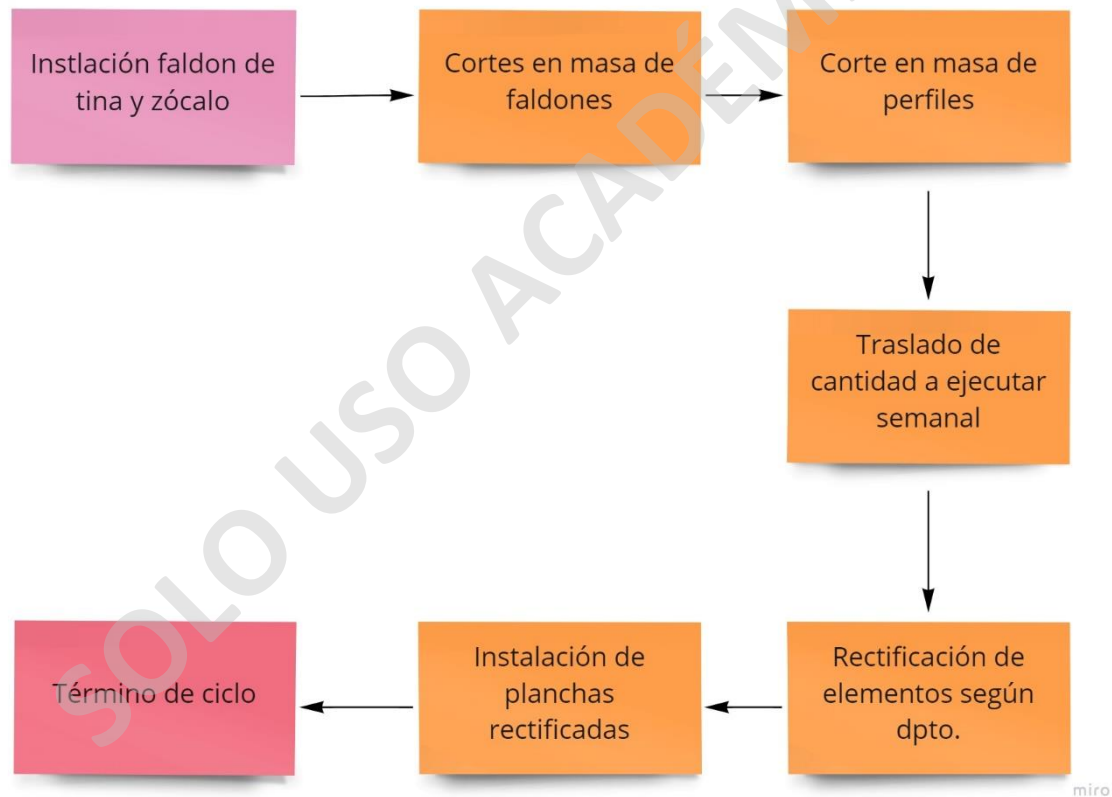


Figura 26. Ciclo de mejor continua – Faldón de tina + zócalo

Porcentaje de actividades complidas

Con el transcurso de las semanas se van realizando mediciones del pac y durante el primer ciclo de medición y aplicación de mejora continua se puede apreciar que la tendencia del PAC general es a la baja, se espera que durante los siguientes ciclos de aplicación esta tendencia vaya al alza y con la entrega de información, análisis se da inició a las siguientes planificaciones intermedias, también se evalúa el PAC por cuadrilla y también la productividad de estas.

Esto con las correcciones en el análisis de restricciones especialmente en la actividad antecesora y la evaluación de la mejora del proceso de tapado de faldón.

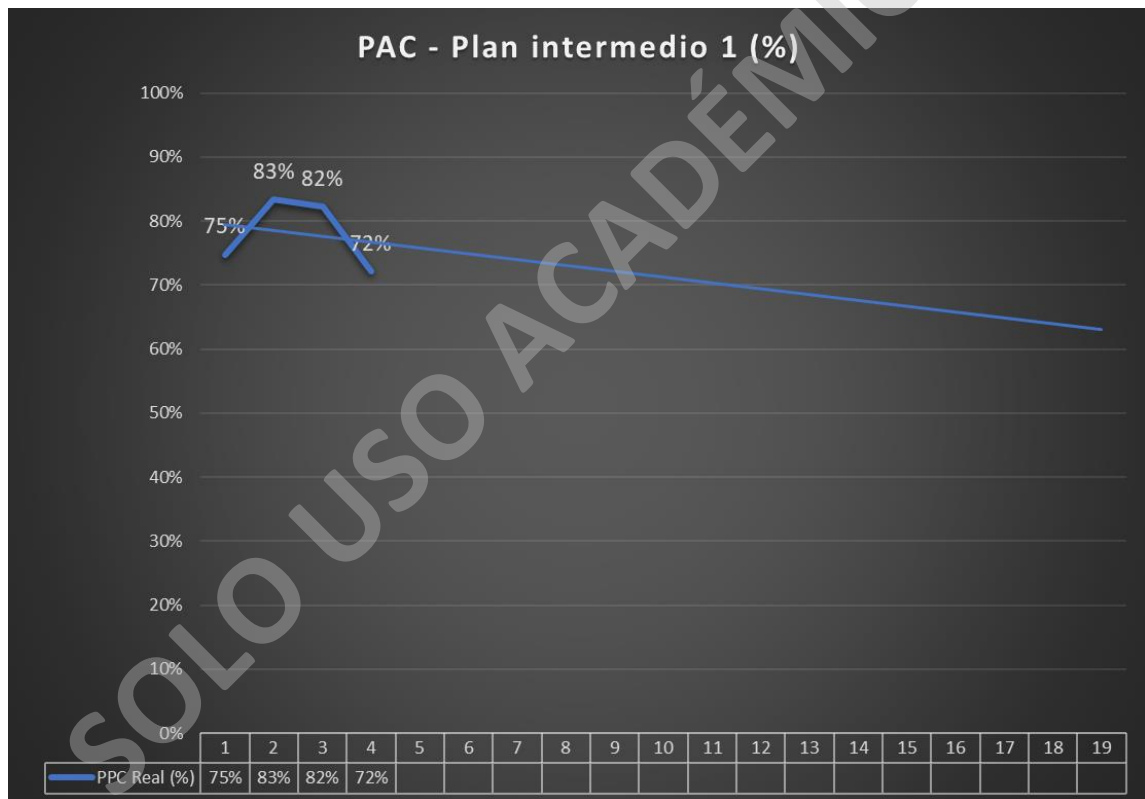


Gráfico 7. PAC – Plan intermedio 1

En el gráfico 12 se pueden apreciar los porcentajes de actividades cumplidas de acuerdo a cada cuadrilla que participo en el primer ciclo de planificación intermedia

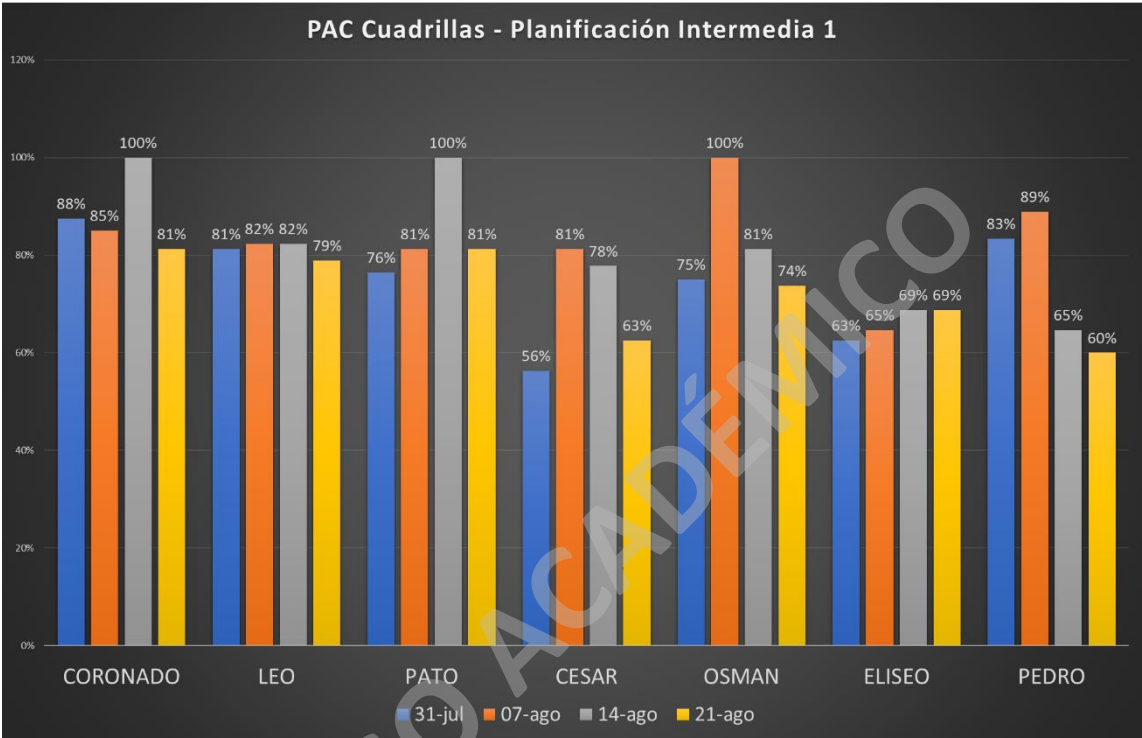


Gráfico 8. PAC de cuadrillas – Plan intermedio 1

Productividad

Durante el primer plan intermedio se puede apreciar que la productividad general de la obra, que considera todas las cuadrillas de las primeras 5 semanas, tiene un rango estable, sin mayores muchas variaciones. Durante la semana 3 y 4 07-AGO y 14-AGO respectivamente, según el gráfico, hubo un alza pasando de 2,5 hasta 3 dptos. diarios, es decir, a la semana se logró ejecutar de 12,5 a 15 dptos. lo que de todos modos es un avance mayor al de las otras semanas.

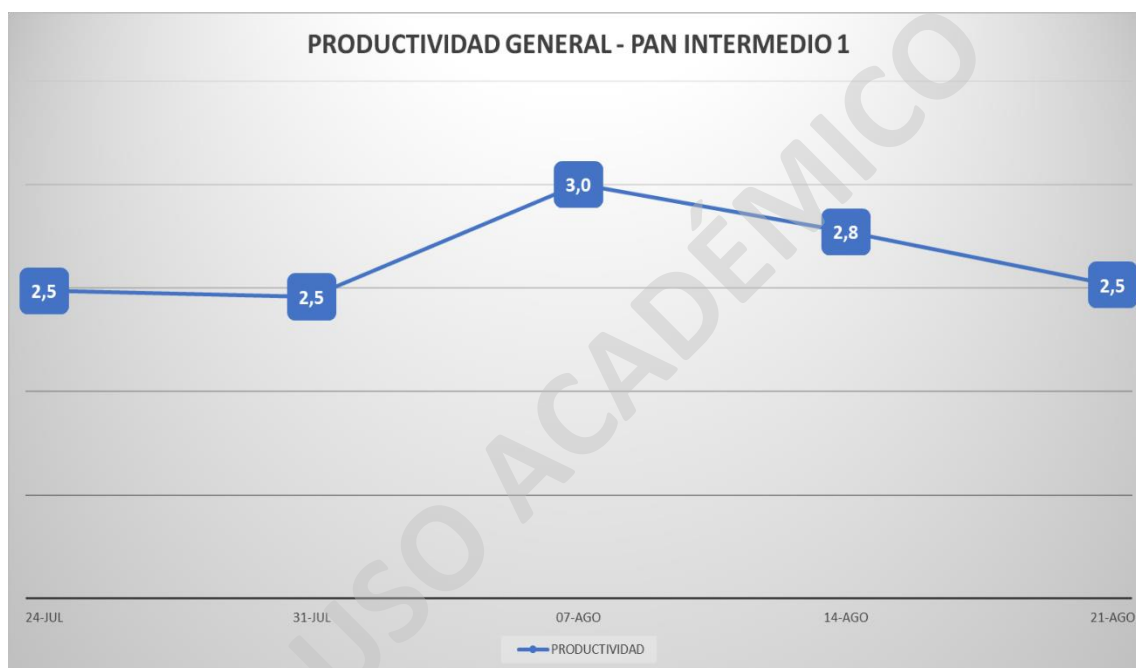


Gráfico 9. Productividad – Plan intermedio 1

PARTIDA	CUADRILLAS	24-jul	31-jul	07-ago	14-ago	21-ago
POLIGYP	CORONADO	2,8	2,8	3,4	3,0	2,6
TABIQUE	LEO	2,4	2,6	3,8	3,8	2,6
TABIQUE	PATO	2,6	2,6	2,6	2,8	3,0
TABIQUE	CESAR	2,4	1,8	2,6	2,8	2,0
PANELGYP	OSMAN	2,2	2,4	3,2	2,6	2,8
FALDON y ZOCALO	ELISEO	2,0	2,0	2,2	2,2	2,2
ESQUINEROS	PEDRO	3,0	3,0	3,2	2,2	2,4
	PRODUCTIVIDAD	2,5	2,5	3,0	2,8	2,5

Tabla 13. Productividad de cuadrillas – Plan intermedio 1

5.4.2 Semana 20 – Cierre de proyecto

A continuación, en la tabla 14 se muestra la planilla de control de la cuarta planificación intermedia la que resulto ser el último plan intermedio de cuatro semanas, lo que nos evidencia claramente el atraso en la partida de instalación de esquineros, con 3 semanas de atraso sin embargo el término de las instalaciones de panelgyp termino según lo programado.

Con esto se cumple el programa hasta esa partida, terminando en la fecha estipulada dejando gratas sensaciones al terminar el mayor flujo de trabajo e incidencia del proyecto y se da inicio al ultimo plan intermedio el que solo considero 3 semanas hasta el termino de las partidas.

Fecha Reunión		Fecha Control											
20-11-2018		18-12-2018											
								PLAN INTERMEDIO 4 SEMANAS					
TERMINO SEMANA	INICIO	FIN	AV. PROG.	AV. REAL	DIF.	% AVANCE	23-oct-18	30-oct-18	06-nov-18	13-nov-18	20-nov-18	27-nov-18	
N° SEMANA							13	14	15	16	17	18	
Instalación de Poligyp	24-jul-18	23-oct-18	384	384	0	100%	384						
Estructura tabiques y tapado 1ra cara	24-jul-18	30-oct-18	384	384	0	100%	375	384					
Estructura e instalación de Panelgyp	24-jul-18	6-nov-18	384	384	0	100%	352	368	384				
Tapado tabiques 2da cara	24-jul-18	6-nov-18	384	384	0	100%	356	372	384				
Tapado y cierre de Panelgyp	24-jul-18	20-nov-18	384	384	0	100%	332	348	364	380	384		
Faldon de tina, zócalo y vigón	24-jul-18	27-nov-18	373	352	-21	92%	309	325	341	357	373	380	
Instalación de esquineros	24-jul-18	27-nov-18	374	336	-38	88%	314	332	350	368	374	384	

Tabla 14. Control de termino de cuarta planificación intermedia

Curva S

En el gráfico de la curva S, se aprecia que la fecha programada al inicio del proyecto no se cumplió y se terminó 3 semanas fuera del plazo, también que durante el proceso existió varias fluctuaciones del avance real, mayormente en el mes de septiembre y primera mitad de octubre que es donde mas se concentro cantidad de mano de obra para realizar trabajos.

Esto muestra el orden y la cancha que existía en la obra para poder acelerar el ritmo que se llevaba en ese momento, por lo que para salir en tiempo se necesitaba más cuadrillas o aumentar en cantidad el numero de integrantes de estas.

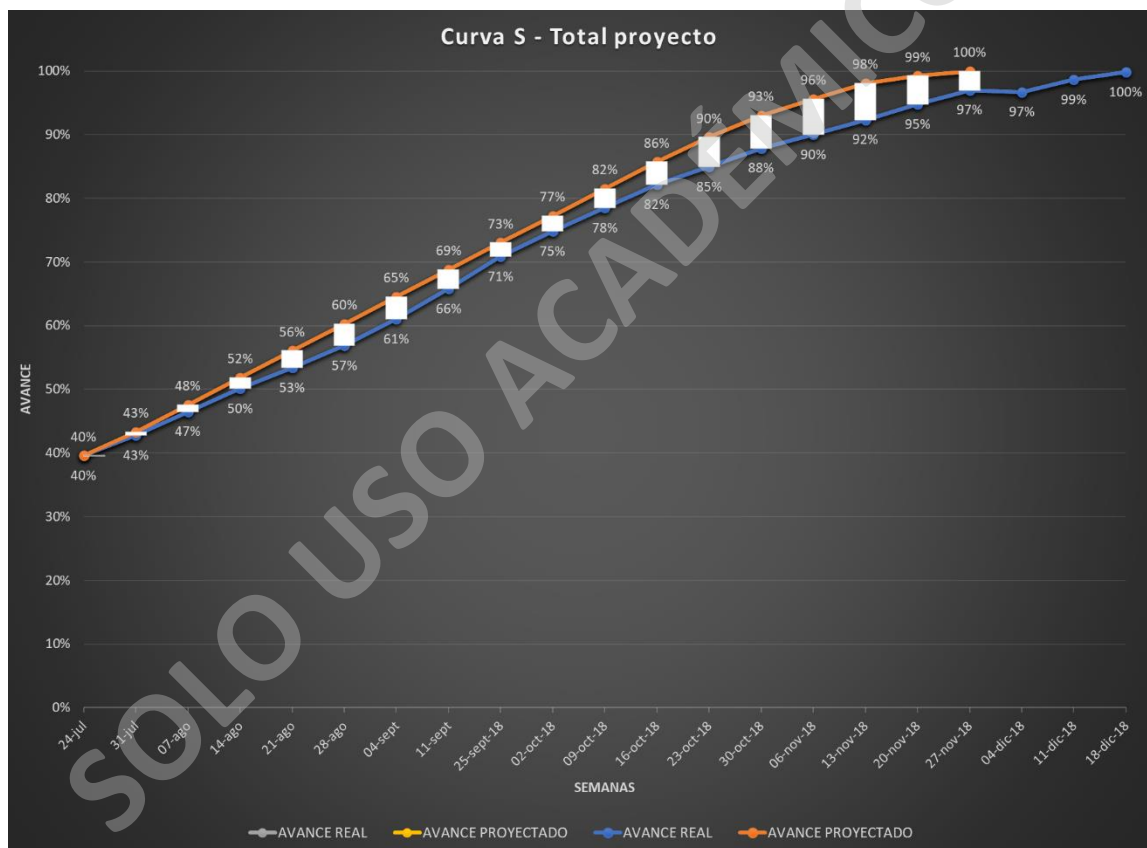


Gráfico 10. Curva S – Termino de proyecto

Evolución del PAC

Luego de las 20 semanas de aplicación del sistema la evolución del PAC general del proyecto considerando todas las cuadrillas fue la siguiente:

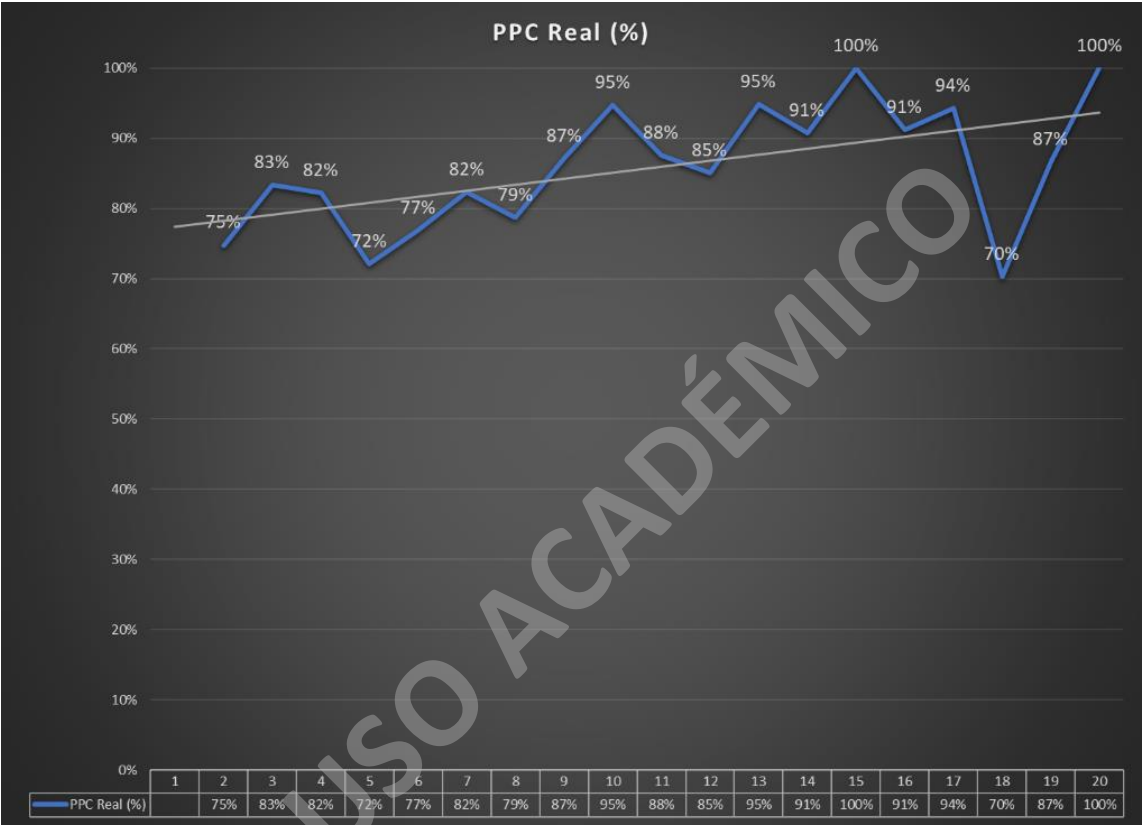


Gráfico 11. Evolución de PAC – Termino de proyecto

Causas de no cumplimiento

Para las 20 semanas del proyecto el total de las causas de no cumplimiento fueron las siguientes:

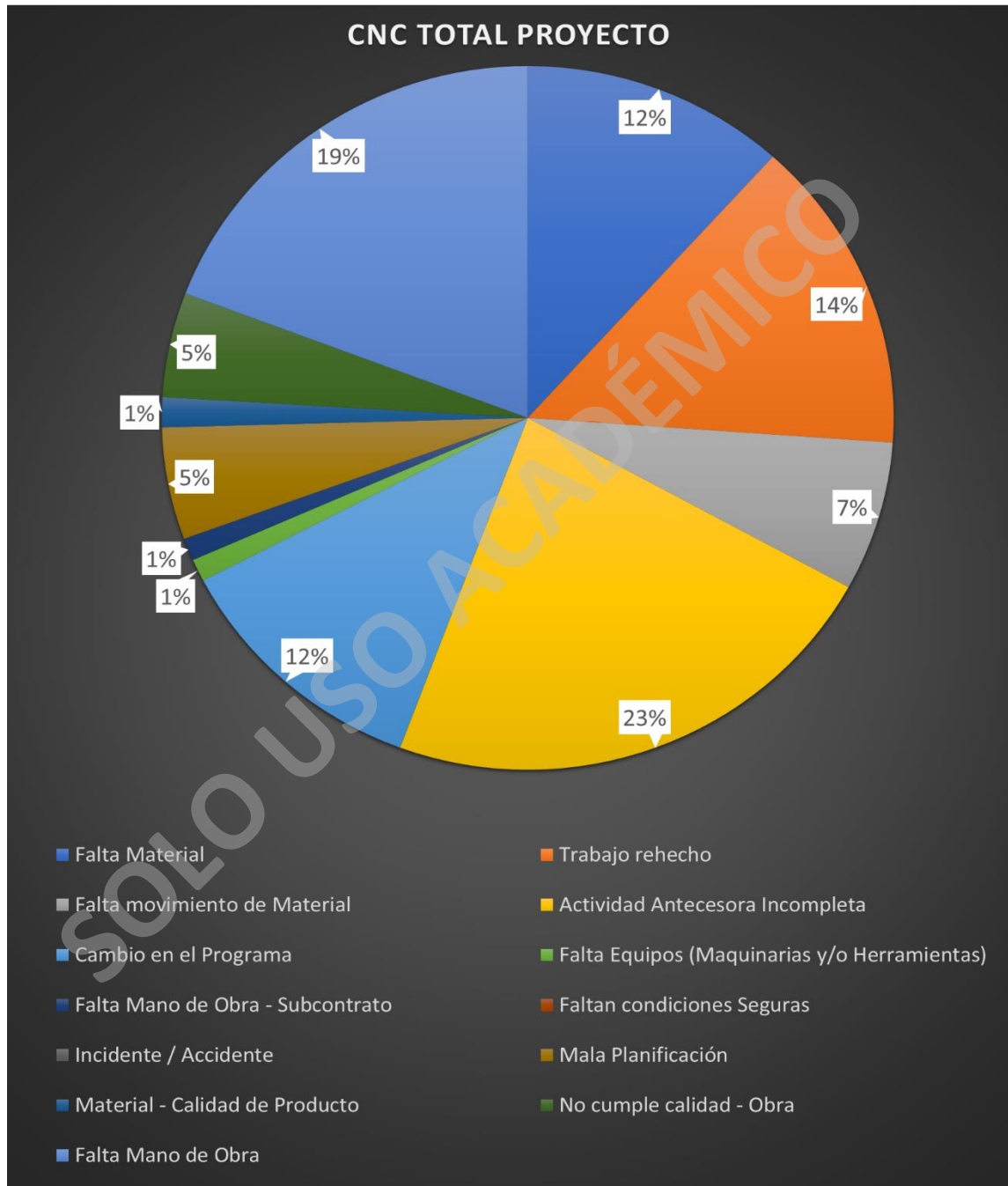


Gráfico 12. CNC – Total proyecto

A continuación, se grafican la incidencia de las causas de mayor a menor en total del proyecto.

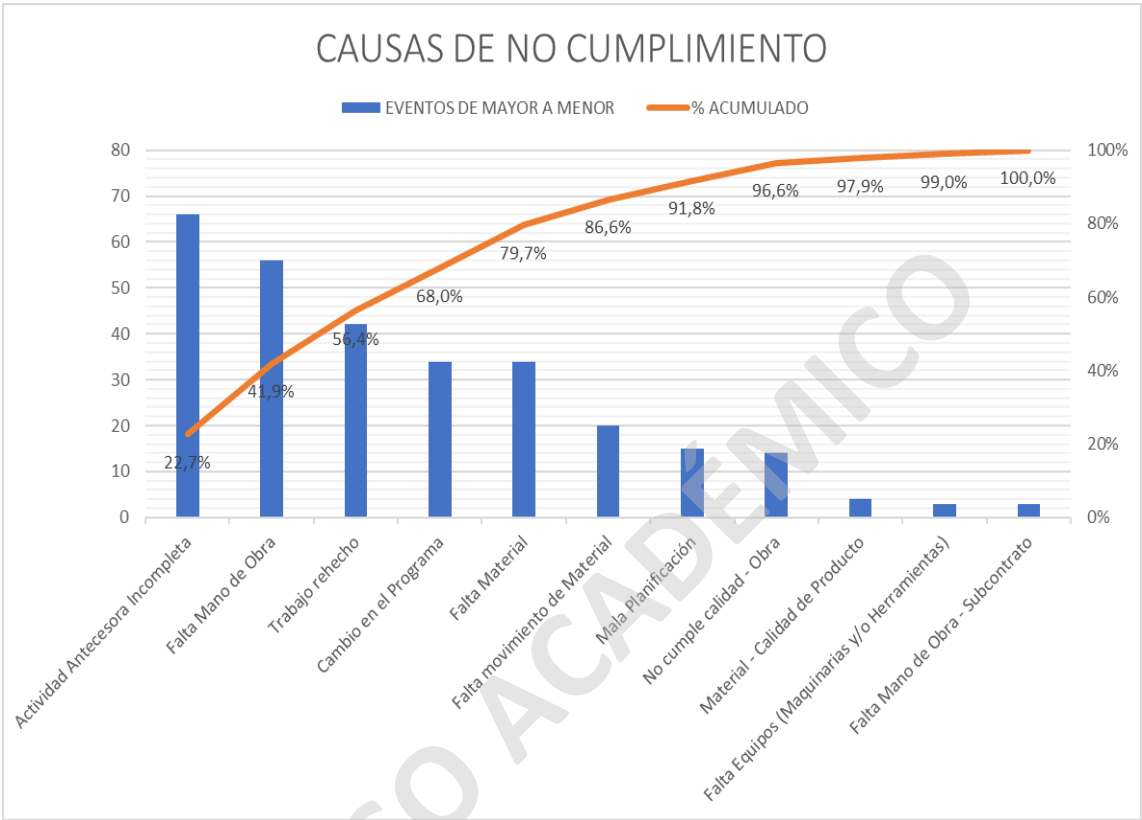


Gráfico 13. CNC e incidencia en proyecto

También se llevó el control de las partidas con mas causas de no cumplimiento durante las 20 semanas, el resultado fue el siguiente:

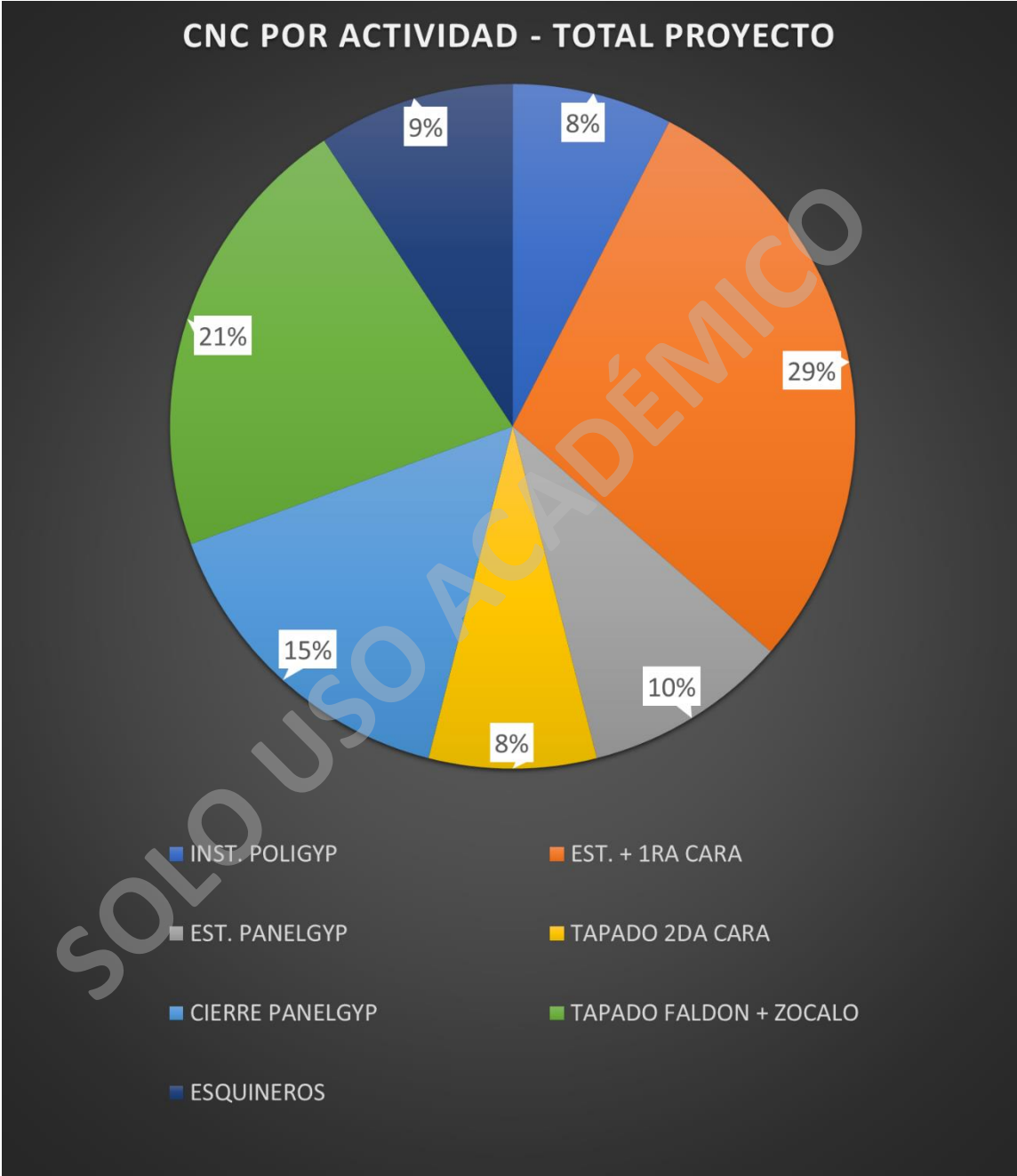


Gráfico 14. CNC por actividad – Total proyecto

Productividad

En el siguiente gráfico se muestra la productividad registrada durante las 20 semanas de la aplicación del sistema last planner.

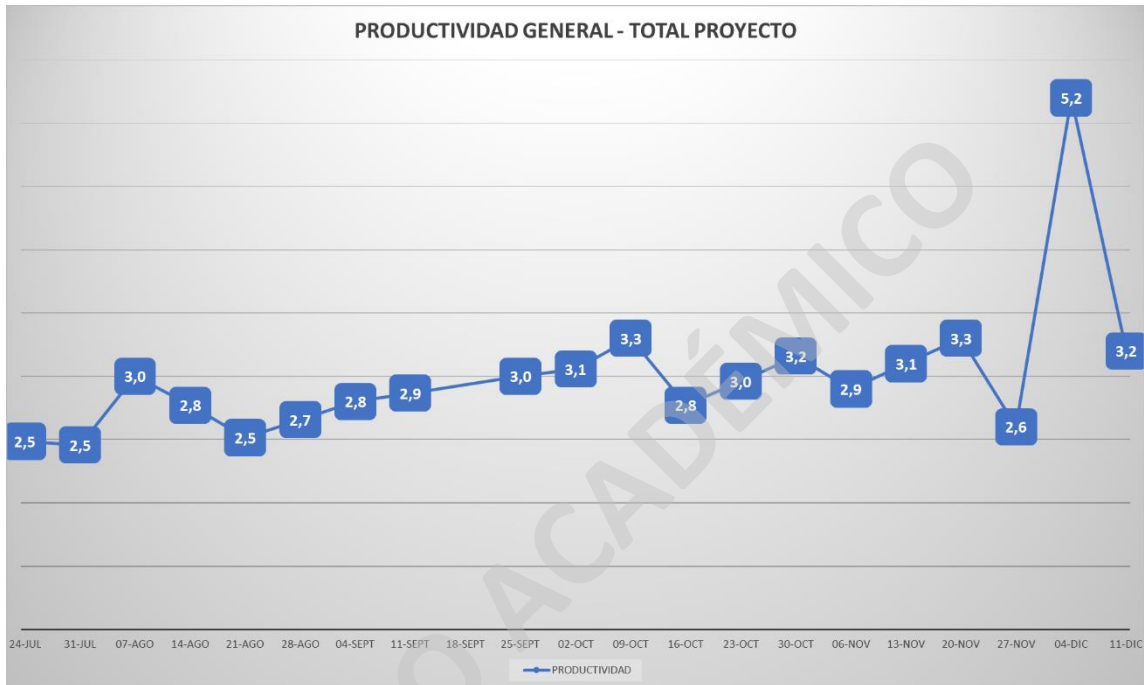


Gráfico 15. Productividad general – Total proyecto

A continuación, también se muestra el gráfico de 2 cuadrillas con respecto a su productividad, como la de Eliseo cuadrilla que solo trajo en la partida de Tapado de faldón y la cuadrilla de Coronado que solo realizo la partida de Poligyp ambas presentando mejoras en la productividad.



Gráfico 16. Productividad Tapado faldón (Eliseo) – Total proyecto

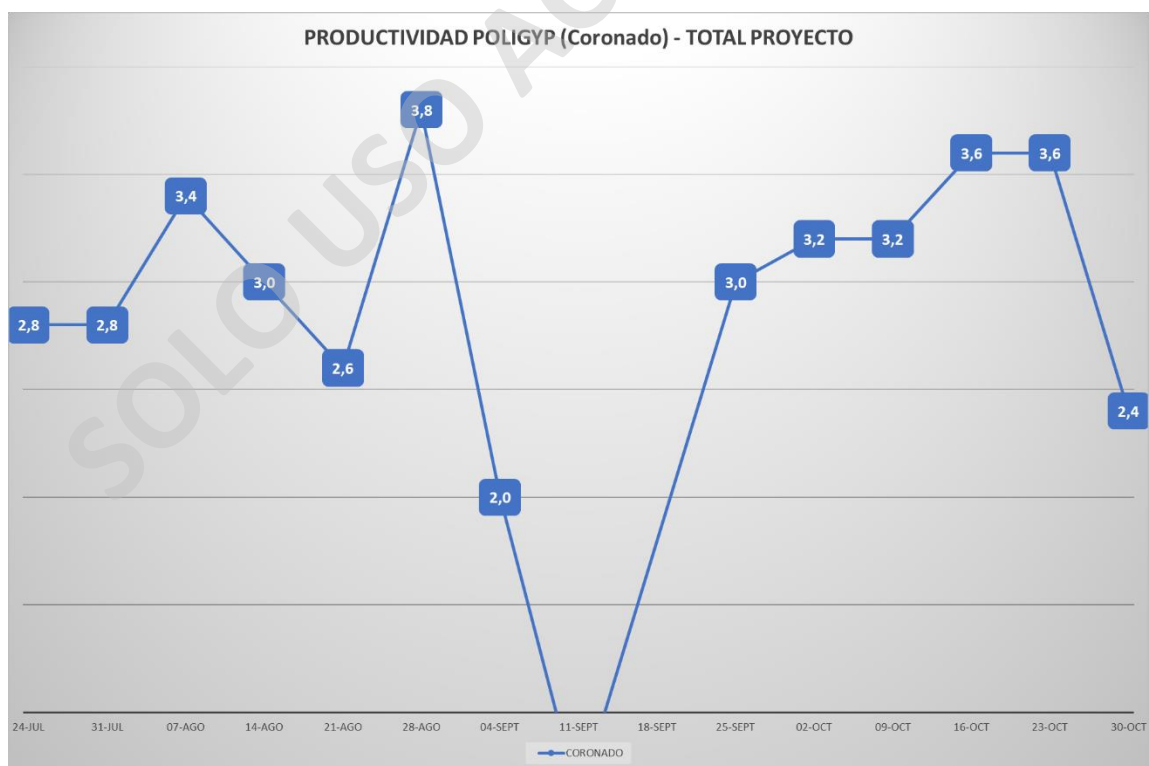


Gráfico 17. Productividad Poligyp (Coronado) – Total proyecto

5.4.3 Análisis y comentarios

Durante el proceso de implementación de las 20 semanas se obtuvieron los siguientes análisis y comentarios;

El factor humano esta presente en todos los ámbitos de la construcción y este es difícil de cuantificar y controlar, las reuniones semanales de carácter obligatorio no siempre contaban con el 100% de asistencia, dificultando la retro alimentación esperada por el sistema, esto generaba doble trabajo y atraso en la entrega de la información semanal en algunos casos, dado a que trabajadores de cuadrillas llegaban tarde o se ausentaban días de la semana.

La implementación total del sistema las planner requiere de un encargado específico y con el basto conocimiento para el correcto desarrollo del sistema, ya que la recopilación de información y entrega de estas misma junto con el análisis de restricciones es un trabajo extra al del sistema tradicional, sin embargo, el sistema Last Planner entrega muy buenas herramientas que resultan ser complementarias al sistema tradicional de planificación y control.

Los indicadores del sistema pueden llegar a ser muy enriquecedores si se utilizan correctamente y en el momento adecuado, como lo fue con la partida del tapado de faldón, también te ayuda a generar un orden en la obra ya que te hace considerar dentro de los programas semanales lo son las actividades de flujo y también los material y prerequisites para la realización de cada actividad.

Para este proyecto particular no fue posible generar un inventario de trabajo ejecutable dado al avance rápido de cada actividad, tampoco planificación de fases y pull session ya que requieren mayores recursos de tiempo y personal comprometido para el sistema.

Es importante considerar el avance vs el PPC ya que esto puede presentar variaciones como un PPC alto, pero con un avance físico malo, esto quiere decir que los compromisos que se generaron no eran los necesarios o lo que requería el proyecto en el momento.

El análisis de restricciones no basta con ser una tabla o un checklist para ver el estado de cada partida en cada departamento, si bien esto fue de gran ayuda durante el proceso, se recomienda profundizar y ampliar mas este proceso, ya que con esto se podría haber generado una mejor logística de materiales para no haber quedado sin stock en ciertos momentos de la implementación y haber obtenido mejores resultados como por ejemplo, la partida de poligyp estuvo las 2 primeras semanas de septiembre sin material, perdiendo avance y una baja productividad como se muestra en el gráfico 17.

6. CONCLUSIONES

El sistema Last Planner y el Lean Construction brindan una amplia gama de herramientas, procesos y fundamentos teóricos que pueden ser de gran ayuda e importancia a la de comenzar un proyecto hasta su finalización, pero así también requieren recursos y especialidad en el ámbito para generar esto como un proceso integrado de planificación, sin embargo el sistema del último planificador proporciona ayudas básicas y no tan complejas de entender, utilizar y analizar como los son las causas de no cumplimiento, el porcentaje de actividades completadas y el análisis de restricciones con la ayuda de planificaciones semanales e intermedias que dan forma y valor a un trabajo de planificación, programación y control de un proyecto de construcción las cuales fueron aplicadas en este trabajo. Esto ayuda a reducir la variabilidad e incertidumbre de los programas semanales, cabe destacar que según sea el caso logra generar más interés y compromiso de parte de los involucrados desde la línea de mando hasta los trabajadores en las actividades de transformación.

Para este proyecto en particular el Last Planner logro obtener un flujo de trabajo ordenado, estable y continuo que permitió la evaluación de los indicadores del sistema y de la productividad, evidenciando una mejora en ambos aspectos, permitió tener mayor conocimiento de las condiciones de terreno y estado de materiales para poder generar compromisos más confiables y así poder aumentar el PAC semana a semana, si bien, este indicador no nos asegura salir en tiempo según el programa ya que el avance físico puede llegar a ser diferente con respecto al PAC. La productividad también se vio beneficiada durante las 20 semanas de implementación si bien en menor medida que el PAC, pero si fue posible con las herramientas del sistema que una cuadrilla (Eliseo) pase de realizar 11 unidades por semana a 16 unidades por semana, logrando aumentar hasta en un 50% su producción. La cuadrilla de instalación de poligyp también vio sus frutos al llevar un mayor control de los prerrequisitos y el material dispuesto en los departamentos redujo varios tiempos muertos logrando realizar de 14 hasta 19 unidades por semana, aumentando su producción en un 35%.

Por otro lado, el sistema genera una permanente sobre carga de trabajo extra a lo que ya considera el sistema tradicional, lo que puede generar cansancio y desmotivación durante el proceso de parte del equipo de mando, esto se pudo resolver en un principio con la ayuda del capataz y bodeguero-administrativo pero al transcurrir las semanas y el avance del proyecto ellos fueron removidos a otras obras generando una mayor sobrecarga de trabajo.

Cabe destacar que fuera del conocimiento teórico es de fundamental el liderazgo y el manejo del equipo, tarea en la que fueron importantes el administrador del subcontrato y capataz del equipo al creer y brindar el apoyo para el comienzo de la implementación.

También se puede concluir que la mejora de la productividad es un resultado que va de la mano con la implementación del sistema last planner y el orden que logro generar en terreno fue muy destacable durante las 20 semanas. Se disminuyeron en gran medida las pérdidas de material, material del que asumía el costo el subcontrato, se logró obtener un mayor control de material y su inventario fue más cercano a la realidad, se obtuvo una mayor claridad de las condiciones de cada torre en terreno, situación que era muy compleja en un principio.

Para terminar, hay que destacar que fuera del grado de implementación que se logro conseguir o si los resultados son los mejores o no, en este o en cualquier otro proyecto ya sea el sistema tradicional o last planner con todas sus herramientas lean, si se logra obtener un compromiso real y efectivo para y en pro del proyecto resulta ser fundamental para obtener mejores resultados, ya que no se puede decir que si a algo sabiendo que no se puede realizar, esto nos genera mayor confiabilidad y eficacia en lo que prometemos y lo único que puede producir cambios es una acción comprometida con un objetivo claro, para lograr esto se requiere organización, disciplina y ganas de mejorar.

7. BIBLIOGRAFÍA

SOLO USO ACADÉMICO

- Camara Chilena de la Construcción. (2018). *Informe Mach 48*. Santiago.
- Campero, M., & Alarcón, L. F. (2008). *Administración de Proyecto Civiles* (Tercera edición ampliada, 2015 ed.). Santiago, Chile: Ediciones UC.
- PMI, P. M. (2013). *Guia del PMBOK* (Quinta edición, 2013 ed.). Pensilvania, Estados Unidos: PMI Publications.
- Serpell, A., & Alarcón, L. F. (2001). *Planificación y Control de Proyectos* (Cuarta edición, 2017 ed.). Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Pons Achell, Juan Felipe. "Introducción a Lean Construction". 2014
- Pavez, Alejandro y Saavedra, Alfredo. "Planificación en obra, una mirada nueva". Revista Bit, marzo 2014.
- Rodriguez Fernández, Antonio, Alarcón Cárdenas, Luis y Pellicer Armiñana, Eugenio. "La gestión de la obra desde la perspectiva del Último Planificador".

8. ANEXOS

SOLO USO ACADÉMICO

8.1 Definiciones

Carga

Es lo que se espera como resultado de una unidad de producción (cuadrilla) en un determinado intervalo de tiempo.

Capacidad

Es la cantidad de trabajo real que puede realizar una unidad de producción en un tiempo determinado.

Balanceo de Carga y Capacidad

Se busca un punto en común entre estas dos definiciones. En la planificación intermedia se puede retrasar o adelantar actividades, mientras se intenta lograr este balance (Flujo continuo = Trabajo avanza de una unidad de producción a otra).

Restricción

Es algo que limita la forma de ejecutar una actividad, siendo las más comunes, las ubicadas en las de diseño, materiales, mano de obra, equipos y prerequisites de actividades.

Análisis de Restricciones

El fin es encontrar el por qué una actividad no puede ser ejecutada e identificar cuáles son las restricciones que provocan esto, para si ver que estrategia tomar para liberar las actividades de las restricciones que posee. El análisis se representa en un esquema en el cual se ven las potenciales asignaciones y en otra columna las restricciones, indicando quien se puede meter en la modificación y remoción de las restricciones.

Revisión

Se revisan el estado de las actividades de la planificación intermedia con respecto a sus restricciones y posibilidad de removerla o retardarla antes de su inicio. Esto se repite después para cada ciclo de planificación posterior.

Planificación para remover las restricciones

Acciones para remover las restricciones, para que estén dispuestas para comenzar cuando se estime.

Al liberar las actividades de las restricciones, se procede a crear el inventario de trabajo ejecutable (ITE)

El ITE son todas las actividades que son altamente probables de ser ejecutadas (Sin restricciones). El fin del ITE es proveer otros trabajos cuando se completan las actividades o cuando no se cumplen, con el fin de dar continuidad al trabajo, y no generar tiempo no contributivo

PAC o PPC

Porcentaje de actividad cumplidas o Porcentaje de plan completado, las dos siglas hacen referencia al mismo resultado, es la cantidad ejecutada con respecto a la cantidad comprometida.

Causas de no cumplimiento

Son las razones, situaciones o condiciones por las cuales no se pudo realizar algo que se realizó el compromiso de que se iba a ejecutar.

SOLO USO ACADÉMICO