

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Manuel Alán Zuñiga, Ing. Milton Sandoval Quirós, Ing. Miguel Artavia Alvarado como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

GUSTAVO
ADOLFO
ROJAS MOYA
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
GUSTAVO ADOLFO
ROJAS MOYA
(FIRMA)
Fecha: 2021.02.07
21:26:04 -06'00'

Ing. Gustavo Rojas Moya.
Director

MANUEL
ANTONIO
ALLAN ZUÑIGA
(FIRMA)

Digitally signed by
MANUEL ANTONIO
ALLAN ZUÑIGA
(FIRMA)
Date: 2021.02.05
16:00:25 -06'00'

Ing. Manuel Alán Zuñiga.
Profesor Guía

MILTON ANTONIO
SANDOVAL
QUIROS (FIRMA)

Firmado digitalmente por
MILTON ANTONIO
SANDOVAL QUIROS (FIRMA)
Fecha: 2021.02.05 14:19:16
-06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós.
Profesor Lector

MIGUEL
FRANCISCO
ARTAVIA
ALVARADO (FIRMA)

Firmado digitalmente
por MIGUEL FRANCISCO
ARTAVIA ALVARADO
(FIRMA)
Fecha: 2021.02.05
12:08:46 -06'00'

Ing. Miguel Artavia Alvarado.
Profesor Observador

Metodología de planificación basada en la filosofía “Last Planner” en la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería

Abstract

The research carried out consisted in the implementation of the “Last Planner” planning and control methodology in the company CIVIL Desarrollo e Ingeniería. For this, the work was prepared in four phases: the first one is to carry out an analysis about the company in planning and control. Subsequently, a comparison of the good practices offered by “Last Planner” is carried out with those that the company currently implements, thus obtaining the gap matrix.

The third phase consists of developing the “Last Planner” methodology according to the requirements of the company and mitigation actions obtained previously. As a final phase, it is proposed to use a pilot project to implement the proposed methodology.

The main results are the diagnostic report of the planning and control situation, the flow diagrams of the different processes, results of the pilot project and the “Last Planner” implementation guide.

The “Last Planner” represents a feasible option for SME companies such as Civil Development and Engineering, considering the conditions of the company and its good practices, in turn using tools such as Microsoft Excel®, which do not mean an investment in software for companies. Business.

Keywords: Last Planner, Lean Construction, Planning, Control.

Resumen

La investigación desarrollada consistió en la implementación de la metodología de planificación y control “Last Planner” en la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería. Para ello, se elaboró un trabajo en cuatro fases: la primera es realizar un análisis sobre la situación de la empresa en la planificación y control. Posteriormente, se lleva a cabo una comparación de las buenas prácticas que ofrece “Last Planner”, respecto a las que la empresa implementa actualmente, obteniendo así la matriz de brecha.

La tercera fase consta en desarrollar la metodología “Last Planner” acorde con los requerimientos de la empresa y acciones de mitigación obtenidas anteriormente. Como fase final, se plantea utilizar un proyecto piloto para implementar la metodología propuesta.

Los principales resultados son el informe diagnóstico de la situación de planificación y control, los diagramas de flujo de los diferentes procesos, resultados del proyecto piloto y la guía para la implementación “Last Planner”.

El “Last Planner” representa una opción factible para pymes, como es el caso de CIVIL Desarrollo e Ingeniería, considerando las condiciones de la empresa y sus buenas prácticas, a su vez, utilizando herramientas como Microsoft Excel®, que no signifiquen una inversión en software para las empresas.

Palabras clave: Last Planner, Metodología, Planificación, Control.

Metodología de planificación basado en la filosofía “Last Planner” en la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería

Metodología de planificación basada en la filosofía “Last Planner” en la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería

JHON MARCO ROJAS QUESADA

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Enero del 2021

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

PREFACIO	1
RESUMEN EJECUTIVO	2
INTRODUCCIÓN	4
MARCO TEÓRICO	6
RESULTADOS.....	15
CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES	68
APÉNDICES	69
ANEXOS	109
REFERENCIAS.....	110

Prefacio

La industria de la construcción posee prácticas que le generan pérdidas en su proceso de producción, “Lean Construction” nace como una herramienta que busca identificar y eliminar pérdidas asociadas, tradicionalmente, con la construcción. “Last Planner” se caracteriza por ser una metodología para la planificación y control de proyectos.

Aunado a esto, dicha metodología, al contar con tres niveles de planificación, busca reducir las pérdidas, así como controlar las causas y restricciones que surjan, debido a la ejecución del proceso constructivo.

CIVIL Desarrollo e Ingeniería, al ser una empresa nueva dentro de la industria de la construcción busca tener un proceso constante de innovación, es a raíz de ello que se identifica la oportunidad de mejora a través de la implementación de “Last Planner” dentro de los proyectos de la empresa.

Además, a medida que pasa el tiempo, los proyectos que ejecuta la empresa aumentan en diversos aspectos, como lo son: la dificultad, el área, el costo y demás, lo que significa que cada vez hay mayor cantidad de involucrados, por lo que se debe planificar con mayor medida cada una de las actividades para evitar pérdidas, atrasos y demás. Con el fin de lograr la implementación se debe considerar que es una pyme, lo cual exige como punto fundamental considerar sus características a la hora de elaborar la herramienta y procedimiento de “Last Planner”, planteando que esta sea factible económicamente para el usuario.

El objetivo general de esta práctica profesional fue: implementar una metodología fundamentada en la filosofía “Last Planner” para la planificación de los proyectos de la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería.

Agradecimientos:

En primer lugar, quiero agradecer a mi papá, a mi mamá y a mi familia por toda su ayuda, cariño y acompañamiento durante estos 5 años. Además, a mis compañeros y amigos, por su ayuda en cada uno de los cursos que llevamos juntos en durante la carrera.

A mi novia, por su apoyo y ayuda incondicional, por su cariño y amor hacia mí, durante este tiempo a mi lado.

Al profesor Ing. Manuel Alán Zúñiga, por toda su ayuda y guía en este proceso y por siempre estar atento a mis consultas.

A la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería y a todos sus trabajadores, por toda su ayuda durante estas 16 semanas, en especial a:

Al Ing. Gustavo Ruiz Cano, por su confianza, acompañamiento, consejos profesionales y su valioso tiempo.

Al Ing. Pablo Villalobos por todo el conocimiento transmitido, ayuda y guía durante estas semanas de trabajo.

Resumen ejecutivo

El éxito de un proyecto está ligado a la fase de planificación y control de la ejecución, ya que “lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide, no se puede mejorar. Lo que no se mejora, se degrada siempre” (Lord citado en Aiteco Consultores, 2015). Por lo anterior, es importante para una empresa que está empezando en la industria contar con una metodología que garantice que lo planificado sea lo ejecutado y que lo que se ejecute tenga un proceso de control por parte de sus ingenieros.

Cabe resaltar que, para la Escuela de Ingeniería en Construcción, la realización de la práctica tiene importancia, ya que demuestra que la formación profesional involucra el contenido teórico que se adecua a la aplicación de este en el quehacer profesional, en tanto es actualizada y responde a las necesidades del mercado, en este caso específico, las técnicas o metodologías ligadas con “Lean Construction”.

Para efectuar el proyecto de graduación se planteó un trabajo en cuatro fases: como ya se mencionó la primera radicó en realizar un análisis respecto a la situación de la empresa dando como resultado un informe diagnóstico. Como fase posterior, se llevó a cabo una comparación de las buenas prácticas que ofrece “Last Planner” en relación con las que la empresa implementa actualmente, mediante la matriz de brecha.

La tercera fase consistió en elaborar y desarrollar la metodología “Last Planner” acorde con los procesos y activos de planificación con respecto a las acciones de mitigación obtenidas de la matriz de brecha, para disminuir las deficiencias de la empresa con respecto de la teoría de “Last Planner”. Como fase final, se planteó utilizar un proyecto piloto para implementar la metodología propuesta, dado que el resultado esperado de implementación y validación de proyectos debe atravesar un proceso en el cual se genere una

estructura acertada a partir de encuestas realizadas a gerentes o profesionales que laboren en CIVIL Desarrollo e Ingeniería con el fin de medir la aceptación del presente proyecto.

Adicionalmente, se agregó una etapa de capacitaciones para aclarar dudas, así como exponer toda la información recaudada a la empresa para retroalimentación y aprobación.

Por consiguiente, para lograr llevar a cabo las cuatro fases del proyecto se utilizó la investigación cualitativa, práctica y descriptiva, así como fuentes primarias que constan de datos de primera mano y fuentes secundarias que son fuentes que comentan o analizan fuentes primarias, de la mano de los sujetos de información que trabajan para CIVIL Desarrollo e Ingeniería. Por último, para recopilar información, se utilizaron diferentes técnicas, entre ellas la revisión documental, observaciones, entrevistas y encuestas.

Como parte de los resultados, se destaca que, a partir de la etapa del diagnóstico, se determinó que la empresa no planifica ni controla la calidad dentro de sus proyectos, con respecto a los recursos no se controla durante la ejecución.

Se generó, a partir de la adaptación de la metodología a la empresa, una reunión de trabajo el mismo día de la reunión de inspección, con una duración de 1 a 2 horas con las personas involucradas del equipo de trabajo.

De la metodología planteada, los resultados más importantes son el programa semanal de trabajo, que garantiza el flujo de actividades en el proyecto, las estadísticas del proyecto, de las cuales se obtiene una capacidad de trabajo y rendimiento aproximada, así como el análisis de restricciones y el involucramiento de mandos medios al tener un encargado para cada actividad.

El “Last Planner” representa una opción factible para una pyme, como es el caso de CIVIL

Desarrollo e Ingeniería, considerando las condiciones de la empresa y sus buenas prácticas, a su vez, utilizando herramientas como Microsoft Excel®, que no signifiquen una inversión en software para las empresas.

En el proceso de control, se identificó que no existía la reunión semanal de trabajo y únicamente se realizaba la reunión de inspección, al igual que en la planificación, el tema de los recursos muestra una deficiencia.

Para el desarrollo de la metodología “Last Planner”, se debió realizar todas las herramientas desde la base teórica e ir implementándolas y optimizando su utilización.

El porcentaje promedio de las actividades que se completaron en el proyecto es del 82 %, con lo que se tiene una cuadrilla con buen desempeño, pues según Botero y Álvarez (2005), al cumplir un 80 % de porcentaje de actividades completas se tiene un buen desempeño.

El cambio de personal en el proyecto durante la semana del 19 octubre del 2020 afectó los datos estadísticos del proyecto, debido a que bajó el rendimiento de la cuadrilla de trabajo y, con esto, el PAC se mantuvo por debajo del valor mínimo del 70 % establecido por la teoría como valor mínimo aceptable.

Las causas de no cumplimiento se deben estudiar cada semana y buscar una solución para cada una de ellas en la medida de lo posible. Así, la causa de no cumplimiento que más afectó el proyecto fue el clima, ya que, al ser ejecutado en temporada de invierno, esta no puede ser contrarrestada, al ser de fuerza mayor. La falta de equipo y herramienta no se presentó en el proyecto.

De la fase de capacitación e implementación, el resultado es que la guía metodológica tuvo una buena aceptación dentro de la empresa y se empezará a aplicar en el proyecto de Bodegas Almafisa.

La principal limitación de la metodología fue impuesta por la empresa, al no considerar dentro del procedimiento a los subcontratistas, y la otra limitación identificada es en relación con el tema de la experiencia, puesto que no se tiene experiencia de las ingenieras que lo van a aplicar en utilizar esta técnica.

Introducción

El “Last Planner” (LPS), según Alpizar (2017), “es una metodología de programación, seguimiento y control de proyectos de construcción que se concentra fundamentalmente en la ejecución de las obras, también posee un componente de planificación inicial, previo al inicio de las obras”. Es decir, esta herramienta va más allá de únicamente ser utilizada en la fase de ejecución e involucra todo un proceso previo de planificación, que, dependiendo de la empresa, puede variar. Asimismo, debe incluir toda una fase de control, que no se limita únicamente a los plazos o cronograma, sino que también puede ser utilizada como una herramienta que tome información de costos, alcance y medición de la productividad de las cuadrillas, entre otras herramientas que se utilizan para el control de un proyecto de construcción.

Ahora bien, como lo menciona Leandro (2020), esta herramienta cambia el paradigma del enfoque tradicional para la planificación de proyectos, donde el enfoque tradicional lo muestra el anexo uno y lo sustituye por un nuevo modelo con el que se planifican todos los aspectos que son relevantes para el desarrollo de los procesos, siendo un proceso colaborativo y que busca un proceso de mejora continua.

Siguiendo esta comparación, Artavia (2020) establece las siguientes diferencias entre LPS y el modelo tradicional:

- Planificación maestra más detallada y adaptada a la realidad de la obra.
- Seguimiento constante del proyecto permite gestionar restricciones con anticipación y cumplimiento de cronograma.
- Mayor compromiso e involucramiento de los actores directos.
- Desarrollo de cultura de planificación anticipada para solucionar situaciones en el proyecto.

- Cumplimiento de los plazos establecidos al gestionar las restricciones con anticipación.

Estas diferencias son fundamentales para entender el porqué es necesario implementarlo en una empresa como CIVIL Desarrollo e Ingeniería, la cual, como se muestra a continuación, está en un proceso de innovación constante para lograr posicionarse dentro del sector construcción del país.

CIVIL Desarrollo e Ingeniería es una empresa que ha estado en crecimiento desde su entrada en funcionamiento en 2019, dicho resultado se ha generado a partir de que la organización promueve el trabajo en equipo, la innovación en sus procesos constructivos adicionándole el brindar un adecuado trato a todos sus clientes. Al ser una empresa que busca una innovación constante como parte de su accionar, ha considerado y generado una serie de mejoras, como, por ejemplo, la implementación de IPD (Integrated Project Delivery), además, han llevado a cabo otros avances, como en el tema de BIM Management y, actualmente, realizan un proceso para mejorar aspectos relacionados a calidad. Lo anterior ha sido posible en tan poco tiempo, debido a que los dos socios fundadores provienen de empresas de construcción reconocidas por su ardua labor, donde el valor de calidad e innovación son ampliamente difundidos y creídos.

CIVIL Desarrollo e Ingeniería surgió a partir de la idea de dos profesionales de fundar su propia empresa constructora, por lo que decidieron ser socios y plasmarlo como realidad. El Ing. Luis Gustavo Ruiz Cano (MBA) consiguió implementar el ISO 9001:2015, siendo Gerente de Calidad en la empresa donde laboró anteriormente y el Ing. Pablo César Villalobos Elizondo se ha desarrollado como director y Gerente de Proyectos constructivos, por lo que es el encargado de la parte de ejecución de estos.

A raíz de la información recolectada, se determinó que el problema que presenta la empresa es que los procesos y herramientas

actuales de planificación y control no están estandarizados e integrados, esto se da debido a que el modelo actual de planificación se basa en la dependencia del conocimiento adquirido por los profesionales (juicio de experto), lo que genera problemas para proyectos donde la complejidad es mayor y se tienen más requerimientos por parte de los clientes o consultores. A causa de este problema, la empresa ha presentado una serie de debilidades entre ellas: deficiencias en la planificación y control del cronograma y el presupuesto, pérdidas debido a reprocesos y tiempos muertos, problemas de comunicación e información entre los profesionales y personal operativo.

Con el objetivo de satisfacer esta necesidad, se desarrolló la metodología de planificación y control basado en la filosofía "Last Planner", dentro de la innovación planteada, se buscó adaptar la herramienta a todo tipo de proyecto ejecutado por la empresa, sin importar su dificultad o tamaño, ya que no significa un costo alguno el utilizar Microsoft Excel® como base para la elaboración de los diferentes formatos. Por último, se elaboró un proceso de capacitación y acompañamiento para utilizar la herramienta no solo en el proyecto Roxrova, sino también en otros proyectos.

- Desarrollar la metodología "Last Planner" acorde con los requerimientos de la empresa y la matriz de brecha realizada.
- Diseñar una estrategia para la implementación de la metodología "Last Planner" en un proyecto piloto conforme a los requerimientos de la empresa.

Objetivos

Para lograr esta investigación, se tuvieron los siguientes objetivos:

Objetivo general:

- Implementar una metodología fundamentada en la filosofía "Last Planner" para la planificación de los proyectos de la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería

Objetivos específicos:

- Realizar un análisis de la situación actual de la planificación de los proyectos de la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería para la obtención de un diagnóstico.
- Identificar las buenas prácticas de la metodología "Last Planner", con respecto a la planificación actual de la empresa para el establecimiento de una brecha cualitativa.

Marco teórico

A continuación, se definen algunos conceptos básicos, fundamentos generales y técnicas que son necesarias para entender la metodología en la cual se basa el desarrollo de la práctica profesional y el presente documento.

Lean Construction

Filosofía “Lean Construcción”

La filosofía “Lean Construction” (LC), o “construcción sin pérdidas”, es un nuevo enfoque en la gestión de proyectos de construcción introducido por el profesor Lauri Koskela en el año 1992, basándose en el modelo empleado por la industria automovilística en los 80, la “producción Lean”. Koskela propone que la construcción es un sistema de producción que se funda en proyectos con gran incertidumbre en la planificación y una mala concepción de la producción, que es vista como un modelo de transformación solamente (Porrás et al., 2014).

Esta filosofía surge a partir de la idea de eliminar las incertidumbres de la planificación y control tradicionales utilizados en la construcción, esto debido a que son las razones por las que se generan las pérdidas durante el proceso, además, cambia el paradigma en el modelo de la construcción pasando de ser un proceso de transformación a un proceso de “de flujo y generador de valor, en consecuencia, el objetivo de Lean Construction es crear buenos sistemas de producción que permitan optimizar, reducir o eliminar los flujos para mejorar los tiempos de entrega” (Porrás et al., 2014).

Dentro de estas pérdidas, se destacan las siguientes:

a- Sobreproducción:

Se generan pérdidas por sobreproducción en los procesos donde se genera un adelanto sin que este sea requerido para seguir con el flujo de trabajo y este pueda sufrir deterioros, debido a la espera para el siguiente proceso.

b- Esperas

Estas pérdidas están asociadas con el tiempo que deben esperar los trabajadores para realizar el siguiente proceso o el mismo proceso, está asociada a falta de información, materiales o a un mal cálculo de las cuadrillas.

c- Inventarios

En este caso, hay dos escenarios, el primero donde existen las pérdidas debido a la falta o mal cálculo de materiales, pero también existen las pérdidas por tener el material en demasía y que este se pueda deteriorar o quitar espacio útil en el proyecto.

d- Movimientos

Principalmente, está enfocado en las pérdidas asociadas con el transporte de materiales, sin embargo, también se deben considerar los viajes desde el taller de armado o producción hasta el lugar de trabajo

e- Esfuerzos

Se deben considerar las pérdidas que se generan si los trabajadores deben desplazarse largas distancias para realizar un trabajo, recoger herramientas o inclusive ir al servicio sanitario.

f- Reprocesos

Son todos los procesos que deben realizarse otra vez, esto debido a falta de inspección o falta de información y causan pérdidas en el proyecto.

g- Sobre procesamiento

Estos son todos aquellos procesos o actividades que son innecesarias para lograr la finalización del proyecto, por ejemplo, aspectos fuera del alcance de un proyecto.

Al eliminar o reducir todos las actividades, procesos o transacciones que generen incertidumbre y, por ende, las pérdidas descritas anteriormente, se busca un proceso de mejora continua, logrando la excelencia en cada uno de los procesos realizados y, así, la mayor satisfacción del cliente, teniendo proyectos con “mejores diseños y producirlos a un menor coste, con mayor calidad, más seguridad y con plazos de entrega más cortos, dentro de un marco ecológico con el entorno” (Pons, 2014).

Para lograr ese proceso de mejora continua, se busca optimizar los siguientes flujos para los proyectos de construcción:

- Flujo de materiales.
- Flujo de información.
- Flujo de recursos.

Para lograr esto, se tienen diferentes herramientas o técnicas que forman parte de la filosofía lean, algunas son:

- Just intime.
- Kaizen.
- Kanban.
- Last Planner System.
- 5s.

Diferencias entre el modelo tradicional y Lean Construction

Dentro de las principales diferencias, está que la planificación tradicional o del PMBOK® se fundamenta:

en dos teorías, la de los proyectos que plantea la construcción como una teoría de transformación, y la teoría de gestión igual a planeación, donde el enfoque del

PMI centra toda la atención en la planificación, poco en el control y casi nada en la ejecución (Porras et al., 2014).

Es decir, el enfoque del PMBOK® se centra en la planificación de los proyectos y en entender a los proyectos de construcción como un proceso de transformación de materiales, mientras que “Lean Construction” (LC) se basa en entender los proyectos como flujos de materiales, información y recursos, para optimizarlos a través de la eliminación de las siete pérdidas antes mencionadas.

Además de que en LC se entiende, según Hernán Porrás (2014), como:

la planificación y el control son procesos complementarios y dinámicos, en donde la planificación define los criterios y crea las estrategias necesarias para alcanzar los objetivos del proyecto y el control se asegura de que cada evento se producirá después de la secuencia prevista.

Es decir, los procesos de planificación y control se generan a la vez, dándoles igual importancia dentro de la fase previa de cualquier proyecto, al entender estos dos procesos con la misma importancia, se busca aumentar la eficiencia dentro de los procesos de construcción.

Junto con la eficiencia, se intenta disminuir la variabilidad e incertidumbre que poseen los proyectos, ya que el método tradicional o de ruta crítica CPM no lo logra, una vez que ya se han presentado en el proyecto, para contrarrestar la variabilidad e incertidumbre se propone la herramienta o técnica de “Last Planner System” (LPS), la cual se explicará más adelante con más detalle.

Artavia (2020) establece las siguientes diferencias entre LPS y el modelo tradicional:

- Planificación maestra más detallada y adaptada a la realidad de la obra.
- Seguimiento constante del proyecto permite gestionar restricciones con anticipación, cumplimiento de cronograma y seguimiento de los costos del proyecto.
- Estructura más ordenada para la ejecución de los trabajos.
- Mayor compromiso e involucramiento de los actores directos.

- Desarrollo de cultura de planificación anticipada para solucionar situaciones en el proyecto.
- Cumplimiento de los plazos establecidos al gestionar las restricciones con anticipación.

Al aplicar esta herramienta, los resultados o beneficios que se esperan es un trabajo colaborativo, mejorar todos los procesos de control y, con esto, mejores resultados en la ejecución, una mejora en la comunicación de las cuadrillas de trabajo, mayor control sobre el avance del proyecto y de las situaciones que pueden afectar los flujos. Unido a lo anterior, se tienen los siguientes beneficios:

Beneficios de aplicar “Lean Construction”

Informe sobre el estado Lean en la Construcción en EE.UU (2012)	Informe de McGraw Hill Construction sobre la aplicación de Lean Construction (2013)
Mejor Cumplimiento del presupuesto	Mayor calidad en la construcción
Menor número de cambio órdenes y pedidos	Mayor satisfacción del cliente
Rendimiento más alto de entregas a tiempo	Mayor productividad
Menor número de accidentes	Mejora de la seguridad
Menor número de demandas y reclamaciones	Reducción de plazos de entrega
Mayor entrega de valor al cliente	Mayor beneficio y reducción de costes
Mayor grado de colaboración	Mejor gestión del tiempo

Figura 1: Beneficios de Lean Construction.
Fuente: Pons (2014).

Last Planner

A continuación, se da una explicación de la metodología “Last Planner”. Como se ha mencionado anteriormente, es una herramienta fundamentada en Lean Construction, la cual fue desarrollada por Glenn Ballard y Greg Howell, como un sistema para: “la planificación de la producción, diseñado para generar un flujo de

trabajo predecible y rápido en la programación, diseño, construcción y puesta en marcha de los proyectos” (Porrás et al., 2014).

En la siguiente figura, se ejemplifica de mejor manera cada una de las fases de “Last Planner”, sin embargo, se ampliará la información más adelante para cada una de las secciones:

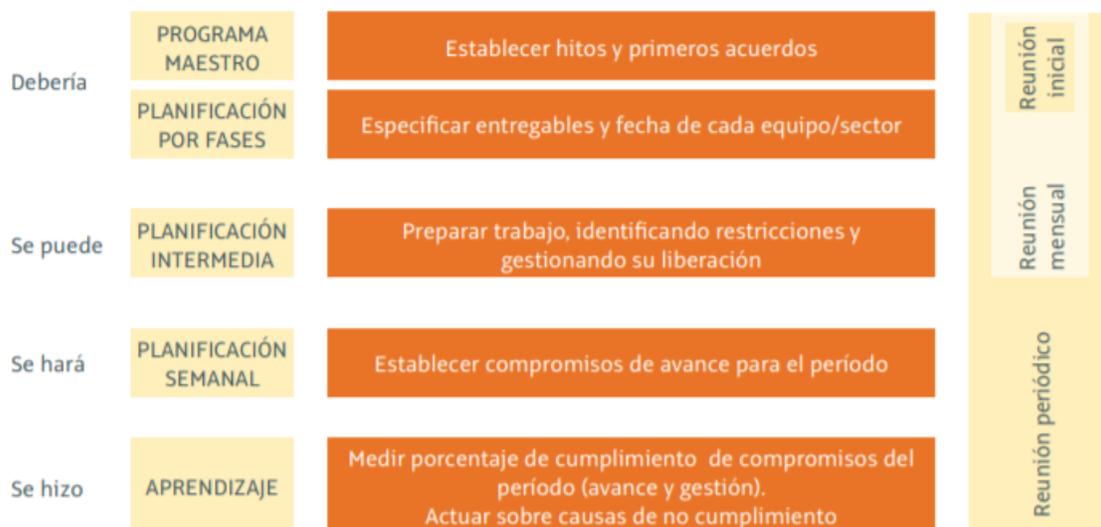


Figura 2: Resumen del LPS

Fuente: Pons (2014).

Plan Maestro

Es la fase de planificación inicial, se determinan las actividades que conforman de manera general el proyecto, además, se incluyen las duraciones de las actividades, una vez generado para el proyecto no debe tener cambios, los cambios deben ser gestionados en la planificación look ahead.

Según Rubio y Pons (2019), para generar este programa maestro, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Definición del alcance.
- Análisis de las partes interesadas: cliente, proveedores, subcontratistas, inspectores y demás.
- Definición de la estructura de desglose de trabajo
- Análisis de riesgos del proyecto.
- Identificación de hitos y de recursos críticos.
- Presupuesto del proyecto.

las actividades del programa maestro y se analizan por un periodo de 4 a 6 semanas, en este caso, por condiciones de la empresa, se realizará ese estudio cada 5 semanas.

En este programa, se le asigna un encargado a cada una de las actividades y una duración aproximada en semanas, además, se le asignan una serie de posibles restricciones, que deben ser analizadas para determinar si entran en la programación semanal.

Dentro de la planificación intermedia, se busca determinar de manera aproximada la carga y la capacidad de trabajo. La carga de trabajo es la cantidad de actividades que se espera ejecutar en el periodo analizado, mientras que la capacidad de trabajo corresponde a la cantidad de tareas que las cuadrillas pueden llegar a ejecutar en el periodo. Lo esperado es que la carga de tareas asignadas se equilibre con la cantidad de tareas o actividades que pueden ejecutar, si la carga es mayor, pueden existir atrasos, mientras que, si la capacidad es menor, pueden existir trabajadores ociosos (Alpizar, 2017).

De este programa de trabajo, los dos insumos más importantes son el análisis de restricciones y el inventario ejecutable de trabajo:

Plan intermedio-look ahead

La planificación intermedia corresponde a la fase de “se puede”, para esto, se detallan cada una de

Restricciones.

Para cada una de las actividades, dentro de *look ahead*, se le asignan una serie de restricciones que son particulares de cada proyecto y deben ser estudiadas, además de asignar un encargado de levantar o eliminar esta restricción, dentro de las restricciones que se presentan en la empresa analizada son:

- **Diseño:**

Están dentro de estas restricciones todos los problemas asociados a diferencias entre los planos, especificaciones técnicas y cambios en el diseño por parte de los inspectores durante la fase de ejecución.

- **Cliente**

Son restricciones por parte del cliente, cuando una actividad depende de que el cliente defina, por ejemplo, un subcontratista a contratar, el acabado o materiales a utilizar y, en general, todas aquellas actividades que para ser ejecutadas dependen del cliente.

- **Materiales o equipo:**

Se refiere a las restricciones asociadas con la falta de materiales o equipo, debido a esto, se generan atrasos o tiempos de espera donde las cuadrillas no son productivas y se generan pérdidas.

- **Subcontratos:**

Todas las actividades que dependen de los subcontratos o actividades ligadas a estos.

- **Predecesoras**

Son las restricciones asociadas con las actividades que tienen una predecesora y dependen de esta para poder iniciar.

- **Otras.**

Se refiere a las restricciones particulares de las características del proyecto, donde pueden darse desde la ubicación del proyecto, restricciones del condominio, clima, entre otras.

Inventario ejecutable de trabajo

Una vez realizada el análisis de restricciones para las actividades, se pasan junto a las actividades que no posean restricciones a una lista de tareas que se pueden ejecutar, esta lista es el inventario ejecutable de trabajo. Esta es la etapa donde:

se pasa desde las actividades que se “deben” hacer, hacia las actividades que se “pueden” hacer, o sea, ya no hay causa palpable o visible para que dichas actividades no puedan ser ejecutadas en el momento que se desee” (Alpizar, 2017).

En los proyectos, se pueden presentar atrasos, debido a problemas con las restricciones antes mencionadas, sin embargo, también pueden presentar adelantos en el plazo, si esto no se considera al generar el Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE), puede generar que las cuadrillas o subcontratistas estén inactivas o con una baja productividad, para evitar esto se debe considerar un inventario de tareas potencialmente ejecutables (Díaz, 2007).

Plan semanal

Una vez que se realizó el análisis de restricciones y el inventario de trabajo ejecutable, se tienen las actividades que no tienen restricción para iniciar, con estas actividades, se entra en la planificación semanal previa, la cual consiste en la fase de lo que “se hará”, para esto, se debe respetar la secuencia de trabajo del programa *look ahead* y se debe verificar que se tengan todos los recursos para realizarlo (materiales, equipo y mano de obra).

Dentro de esta planificación, se debe establecer una reunión en un día específico que puede ser al inicio o final de la semana, según se acuerde por los involucrados, en esta, se debe realizar un análisis del cumplimiento de la planificación de la semana anterior, es decir, determinar las actividades que se ejecutaron según lo planificado, así como detectar las causas de no cumplimiento para las actividades que no se lograron ejecutar, con esto, se determinan las acciones necesarias para corregir los problemas que impidieron su cumplimiento y tomarlo en

cuenta en la programación de la semana siguiente y de la planificación *look ahead*.

En esta reunión, deben participar todos los involucrados del proyecto, esto con el fin de designar responsables a cada una de las actividades y se comprometan a realizar el trabajo que realmente pueden (Alpizar, 2017).

De esta planificación o programa, se desglosan dos insumos muy importantes, los cuales son el Porcentaje de Actividades Completas (PAC) y las Causas de No Cumplimiento (CNC):

Porcentaje de Actividades Completas (PAC).

Una de las intenciones de aplicar el LPS es mejorar el proceso de control durante la fase de ejecución, para esto, “se mide el PAC para saber porcentualmente cual fue el número de actividades programadas que realmente se ejecutaron en obra y así medir que tan efectiva fue la planificación semanal” (Porras et al., 2014).

El PAC se puede medir tanto para la semana de trabajo, como para las cuadrillas de trabajo y, con esto, determinar de manera aproximada el desempeño de estas, lo cual se logra con la siguiente ecuación:

$$PAC = \frac{N^{\circ} \text{ act ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ act planificadas}} \times 100 \%$$

(ecuación 1)

Como actividad ejecutada se consideran las actividades que se completaron al 100 %, según lo comprometido por cada uno de los responsables durante la reunión semanal previa.

Dentro de los resultados de medir el PAC, se tiene que, según Botero y Álvarez (2005), “Un buen desempeño se sitúa por encima del 80 %; un desempeño pobre está por debajo del 60 %. Equipos con experiencia en el sistema mantienen un desempeño por encima del 85 %”.

Causas de No Cumplimiento (CNC).

Una vez calculado el PAC, se deben determinar para cada una de las actividades en las que no se

obtuvo un 100 % de cumplimiento, es decir, las causas de no cumplimiento. Cada una debe ser analizada y determinar la manera en las que se pueda revertir y aprender de esto para evitarlas a futuro en el proyecto desarrollado u otro.

Dentro de estas causas de no cumplimiento, para la empresa analizada, se han determinado las siguientes:

- Actividades predecesoras.
- Falta materiales.
- Falta diseño.
- Falta mano obra.
- Falta equipo-herramienta.
- Mal rendimiento.
- Falla proveeduría.
- Falta definición del alcance.
- Clima u otras.

Metodología

En este capítulo, se muestran los tipos de investigación utilizados para el desarrollo de este proyecto, se indican las fuentes y sujetos de información, así como las técnicas para recopilar y analizar información, con el fin de lograr cumplir los objetivos planteados y el desarrollo del proyecto.

Tipos de investigación

La investigación debe guardar una autonomía, tal que los resultados lleven a la obtención del conocimiento verdadero, sin deformar la realidad y que ofrezcan bases para transformarla. La investigación orienta al investigador en su razonamiento y aproximación a la realidad, ordena sus acciones y aporta criterios de rigor científico de supervisión de todo el proceso (Behar, 2008).

Dependiendo del enfoque que se les dé a estas investigaciones, se generan los diferentes tipos, entre ellas investigación práctica, cuantitativa, cualitativa, descriptiva, experimental y correlacional, dentro de las cuales, se mencionarán y explicarán a continuación las técnicas que se utilizarán dentro del desarrollo del proyecto.

Investigación práctica

En este caso, la investigación práctica se realizó para la formulación de un diagnóstico de la situación de la empresa, se consideró este tipo de investigación, ya que, según Vargas (2009), esta busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad.

Además, la misma autora menciona que este tipo de investigación está enfocada en realizar diagnósticos, pues implica un procedimiento llevado a cabo mediante encuestas, entrevistas o cuestionarios, para establecer las necesidades o problemas que afectan un sector y que es el motivo de estudio o investigación (Vargas, 2009).

Investigación cualitativa

Otra de las técnicas utilizadas fue la investigación cualitativa, la cual se fundamenta en recolectar y analizar la información en todas las formas posibles, se centra en la profundidad del tema y no la amplitud, esto se logra con una visión del problema desde varios ángulos y posiciones, en la medida en la que se confronta la información sobre un determinado tema y problema con la información extraída de diversas fuentes, con la producida por la aplicación de varias técnicas y con la obtenida por parte de varios investigadores (Niño Rojas, 2011).

Este tipo de investigación se utilizó para contrastar la información que se obtuvo del diagnóstico de la situación actual en temas de planificación y control de la fase de ejecución, con lo establecido en la metodología "Last Planner System", con esto, se lograra la matriz de brecha.

Investigación descriptiva

De igual modo, también se utilizaron investigaciones descriptivas para analizar los procesos actuales de la empresa, sus buenas prácticas y los aspectos de mejora, con respecto a los procesos de planificación y control.

Este tipo de investigación utiliza el método de análisis, se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades. Combinada con ciertos criterios de clasificación sirve para ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en

el trabajo indagatorio. Su objetivo es describir la estructura de los fenómenos y su dinámica, identificar aspectos relevantes de la realidad.

Fuentes y sujetos de información

En esta sección de la metodología, se detallan las fuentes primarias de información, así como las fuentes secundarias y los sujetos de información.

Fuentes primarias

Las fuentes primarias son todas aquellas que proporcionan datos de primera mano, pues se trata de documentos que incluyen los resultados de los estudios correspondientes (Hernández Sampieri et al., 2014).

Es decir, se tratan de documentos tales como: libros, artículos, revistas, monografías, tesis disertaciones, documentos oficiales, reportes de asociaciones, trabajos presentados en conferencias o seminarios, testimonios de expertos, páginas web, artículos de Internet y otros (Cortés y Iglesias, 2004).

Como fuentes primarias en este documento se utilizaron:

- Libros elaborados por expertos en el tema de “Lean Construction” y “Last Planner System”.
- Tesis e investigaciones académicas del tema de planificación de “Last Planner”.
- Sitios web, artículos de internet y video con testimonios de expertos.

Fuentes secundarias

Se refiere a las fuentes donde se mencionan y comentan brevemente artículos, libros, tesis, disertaciones y otros documentos, relevantes en el campo de dicha investigación (Cortés y Iglesias, 2004).

Dentro de las fuentes secundarias se emplearon las siguientes:

- Manuales o guías para la implementación de la metodología “Last Planner”.
- Artículos o publicaciones académicas del tema.

- Proyectos finales de graduación de pregrado de diferentes universidades nacionales e internacionales.
- Formatos o activos con los que cuenta la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería.

Sujetos de información

Son todas aquellas personas físicas o corporativas que aportarán información a la investigación (Barrantes, citado por Muñoz 2020), es decir, son sujetos de información las personas que ayudan a generar conocimiento para entender el problema analizado y la investigación en general. Por tanto, son sujetos de información para esta investigación:

- ❖ Ing. Gustavo Ruiz Cano (MBA), Socio y Gerente Administrativo de CIVIL Desarrollo e Ingeniería.
- ❖ Ing. Pablo Villalobos Elizondo, Socio y Gerente Técnico de CIVIL Desarrollo e Ingeniería.
- ❖ Ing. Jhoselyn Araya López, Ingeniera Residente de Proyectos de CIVIL Desarrollo e Ingeniería.

Técnicas para recopilar y analizar información

Teniendo las diferentes fuentes y sujetos de información, se seleccionaron diferentes técnicas para la recopilación y análisis de información, a continuación, se da un desarrollo de cada una:

Técnicas y herramientas para la recolección de información

Revisión documental

Corresponde a una técnica básica que sirve para recopilar los datos e información en una investigación (Paz Baena, citado en Muño, 2020).

La revisión documental, para la investigación realizada consistió en la búsqueda de libros o tesis del tema de “Lean Construction”, “Last Planner System”, su aplicación a diferentes

proyectos de construcción, con el fin de lograr satisfacer los objetivos de la investigación y plantear una metodología acorde con las características de la empresa.

Observaciones

La observación consiste en el registro sistemático, válido y confiable del comportamiento o conducta manifiesta (Behar, 2008).

En este caso, las observaciones fueron utilizadas durante las visitas a campo a los diferentes proyectos que están siendo ejecutados por la empresa, para lograr desarrollar el informe diagnóstico de la situación actual en temas de planificación y control durante la ejecución.

Entrevistas

Para las entrevistas realizadas a los diferentes ingenieros e ingenieras de la empresa, se realizó una entrevista por pautas o guiada, este tipo de entrevistas se define como: entrevistas que se guían por una lista de puntos de interés que se van explorando en el curso de la entrevista, los temas deben guardar una cierta relación entre sí. El entrevistador hace muy pocas preguntas directas y deja hablar al entrevistado siempre que vaya tocando alguno de los temas señalados en la pauta o guía (Behar, 2008).

Encuestas

Las encuestas se tratan de la técnica que permite la recolección de datos que proporcionan los individuos de una población, o más comúnmente de una muestra de ella, para identificar sus opiniones, apreciaciones, puntos de vista, actitudes, intereses o experiencias, entre otros aspectos, mediante la aplicación de cuestionarios, técnicamente diseñados para tal fin (Niño Rojas, 2011).

Estas fueron realizadas, al igual que las observaciones, para lograr desarrollar el informe diagnóstico de la situación actual en temas de planificación y control durante la ejecución, en este caso, fue para determinar el nivel de conocimiento que tiene la empresa, en los dos procesos y los aspectos que se cree mejorar al implementar "Last Planner".

Técnicas y herramientas para el análisis de información

Con los datos recolectados mediante las técnicas y herramientas mencionadas, se realizará posteriormente el análisis de estos, para lo cual se utilizará una matriz de brecha cualitativa entre la situación actual de los procesos de la empresa y lo establecido en la metodología "Last Planner". Además de generar gráficos con las respuestas obtenidas en la encuesta y, por último, cuadros o tablas comparativas entre los diferentes datos, lo anterior usando herramientas como Microsoft Excel®.

Resultados

Análisis de la situación actual de la empresa

A continuación, se muestran los resultados del diagnóstico de la empresa en los temas de planificación y control, lo anterior según el primer objetivo del proyecto de investigación.

Procesos actuales de planificación y control

Situación actual del proceso de planificación

Para describir este proceso, se subdividió en 5 temas o enfoques asociados con el tema, los cuales son plazo, alcance, recursos, costos y calidad.

Con respecto al tiempo para ejecutar la obra o el plazo, se planifica elaborando un cronograma estratégico de obra, a partir de este cronograma, se ajusta la ruta crítica con la fecha de finalización pactada con el cliente en el contrato.

El alcance del proyecto se pacta durante la elaboración del anteproyecto y posterior firma del contrato, actualmente, se manejan dos tipos, el contrato por monto fijo y los contratos por administración. La manera en que detalla el alcance es la tabla de desglose de presupuesto.

A partir del presupuesto acordado en el contrato y el cronograma estratégico de obra, se elaboran para la planificación de los recursos, dos flujos, uno para la mano de obra y uno para los equipos, además, se da una elaboración de una curva S para la mano de obra para la fase de obra gris.

Para determinar los costos del proyecto, se elabora un presupuesto de manera aproximada

para la firma del contrato, a partir de una estimación dependiendo de las características del proyecto, los subcontratos requeridos, la mano de obra y el tipo de contrato del proyecto. Además, se utiliza un informe de control de costos mensuales para determinar el estado de los proyectos.

Con respecto a la calidad, actualmente, se está trabajando en la creación de un sistema de gestión de calidad, por lo que aún no se está utilizando y, por ende, no se está planificando al 100 %.

Diagrama del proceso de planificación

A continuación, se muestra el diagrama para el proceso descrito anteriormente:

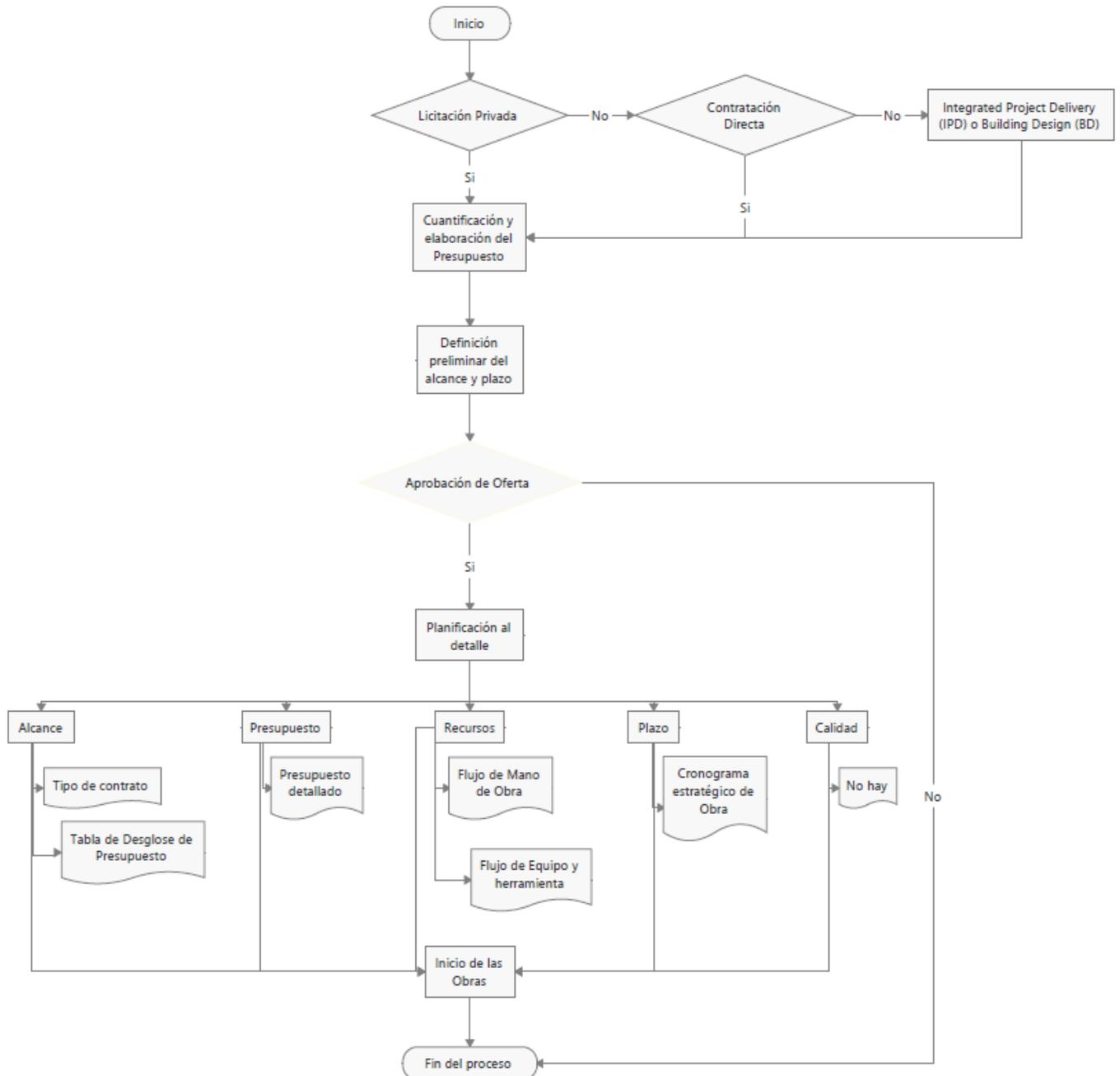


Figura 3: Diagrama del Proceso de Planificación.
Fuente: Autoría propia (2020).

Situación actual del proceso de control

Con respecto a la fase de ejecución y control, se subdividió al igual que la planificación, en plazo, alcance, recursos, costos y calidad:

El plazo se controla con una revisión semanal en la inspección, en la cual se compara el cronograma general del proyecto con respecto a lo observado en campo.

El alcance se controla en obra a través de la tabla de desglose del presupuesto, para determinar que está dentro y que está por fuera del proyecto, además de órdenes de cambio para gestionar las variaciones durante el proyecto.

Con respecto a los recursos, el control que se tiene es poco, esto debido a que el flujo actual de trabajo supera las capacidades de las personas

que deberían realizarlo, por lo que se vuelve tarea imposible de desarrollar en este momento.

Actualmente, los costos se controlan con un informe de control de costos mensual, sin embargo, este informe se asocia más con los gastos del proyecto y no con un tema de costos, ya que son recursos que ya fueron ejecutados y no existe un control entre lo planificado vs lo gastado.

Al no existir el sistema de gestión de calidad, se vuelve un tema que, en este momento, no está siendo controlado durante la fase de ejecución

Diagrama del proceso de control

A continuación, se muestra el diagrama para el proceso descrito anteriormente:

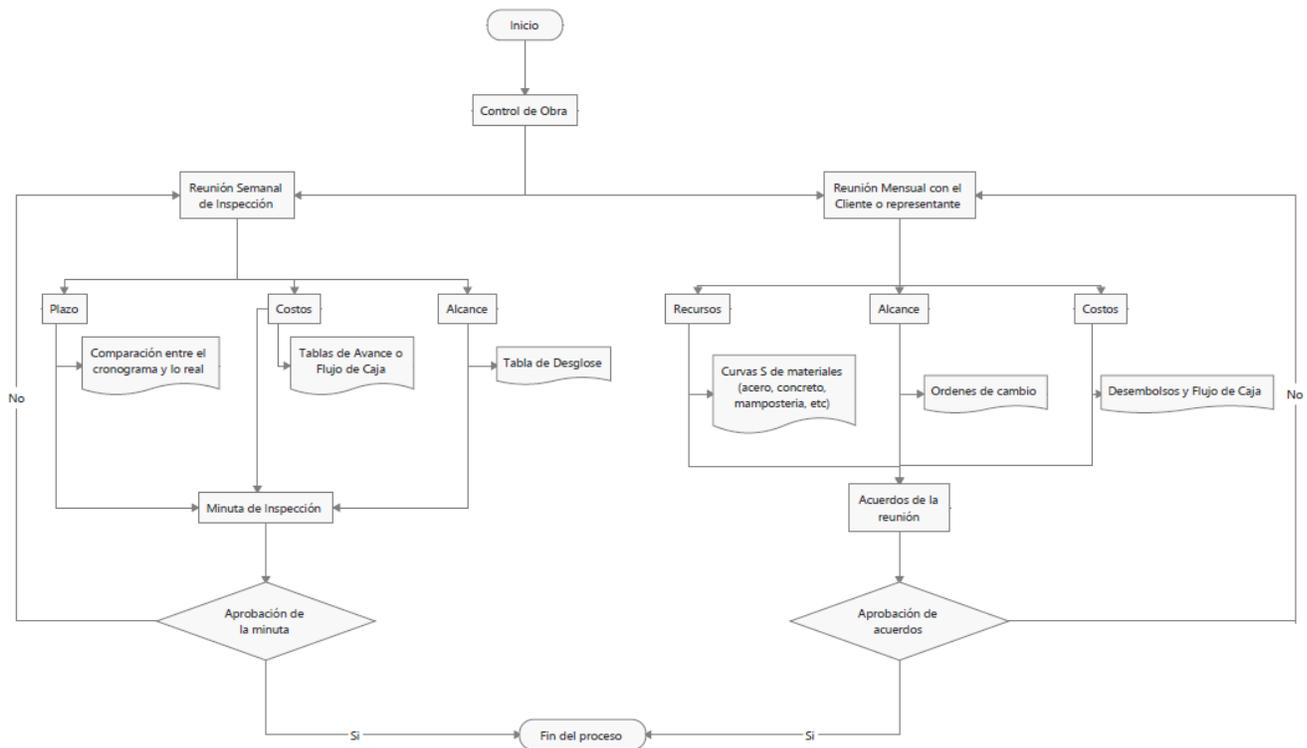


Figura 4: Diagrama del proceso de control.
Fuente: Autoría propia (2020).

Herramientas, formatos y activos de la empresa

Herramientas de planificación y control

A continuación, se muestran las herramientas utilizadas para la planificación y control según su uso, así como una explicación de su uso, por otro lado, es importante mencionar que algunas herramientas no se pueden ejemplificar, debido a temas de confidencialidad o que no ha sido posible acceder a ellas.

Para planificar el plazo, se elabora el cronograma estratégico de obra, se utilizan las herramientas de Ms Project® y Ms Excel®, dependiendo del tipo de programación que se

realice y el proyecto a ejecutar, en este caso, se muestra el diagrama de Gantt del proyecto Edificio Roxrova:

Descripción	1-Jun	8-Jun	15-Jun	22-Jun	29-Jun	6-Jul
OBRAS PROVISIONALES						
LIMPIEZA DE TERRENO	■					
CERRAMIENTO Y BODEGAS		■				
SUPER ESTRUCTURA						
PRIMER NIVEL 0+0.000 - 0+3.500						
MOVIMIENTO DE TIERRAS	■					
EXCAVACIÓN DE FUNDACIONES	■	■				
SELLOS			■			
COLADO DE FUNDACIONES			■	■		
ARMADO Y FORMALETEO 1ER ALTURA					■	■

Figura 5: Diagrama de Gantt Roxrova
Fuente: CIVIL Desarrollo e Ingeniería (2020).

Para la fase de ejecución, lo que se da es un control de avance, esto se da por medio de una visita de inspección del Gerente de Proyectos y de la Ingeniera Residente, para determinar el porcentaje de avance de la obra y las tareas que deben ser realizadas las siguientes semanas por el equipo de trabajo.

Con respecto al alcance, se utilizan diferentes herramientas para planificar, las cuales son: las órdenes de cambio, solicitud de información (LRFI) y, por último, la tabla de desglose de presupuesto. Junto con estas herramientas, se debe considerar los tipos de contrato, ya que condicionan el proyecto, el nivel de involucramiento de los diferentes actores y, a su vez pueden modificar el alcance.

Los tipos de contrato que actualmente maneja la empresa son el contrato por monto fijo, en el cual se establece desde el inicio un precio para la realización del proyecto, se define el alcance y el riesgo es asumido por la empresa constructora, mientras el otro tipo de contrato utilizado es el contrato por administración, en el

cual el cliente realiza un reembolso a la empresa de los costos tanto de materiales como de mano de obra, además de un monto por la administración del proyecto, en este caso, el alcance no está totalmente definido y puede variar a lo largo del proyecto. En este caso, por pedido de la empresa no se pueden ejemplificar los tipos de contrato por temas de privacidad.

Durante la fase de control, se generan órdenes de cambio, estas se utilizan para establecer cualquier cambio en el alcance del proyecto, para esto, se define el proceso que debe seguirse en el contrato firmado, utilizando los siguientes formatos para presentar en la reunión de inspección cualquier cambio:

Proyecto:	
Fecha:	

Control de Solicitud de Información (SDI)



SDI No.	Descripción	Observaciones	Fecha de solicitud	Responsable	Afecta ruta crítica (Si/No)	Fecha de respuesta

Figura 8: Control de solicitud de información.
Fuente: CIVIL Desarrollo e Ingeniería (2020).

Por último, a partir de la negociación con el cliente, se genera una tabla de desglose de presupuesto, en la cual se definen de manera aproximada los entregables del proyecto y, con esto, se define el alcance del proyecto, esto queda más claro en la siguiente tabla:

A	PRELIMINARES
1	Demoliciones
2	Cerramiento Provisional
B	ACABADOS INTERNOS
1	Piso nuevo (Costo material 11\$/m ²)
2	Enchape paredes baños alt. 1,6 m. (Costo material 11\$/m ²)
3	Paredes Livianas en gypsum regular (Nuevas)
4	Cielos planos de gypsum regular Reparaciones
5	Puertas economicas
6	Pintura en paredes
7	Pintura de cielos
8	Baños SS (losa sanitaria y grifería Economica)
9	Especios unicamente (cotinas y ganchos propietario)
10	Estanteria en Bodega (no se incluye, la asume propietario)
11	Cortina Existente (mantenimiento preventivo)

Figura 9: Sección de la tabla de desglose de presupuesto.
Fuente: CIVIL Desarrollo e Ingeniería (2020).

La empresa utiliza formatos en Microsoft Excel® para la planificación de los recursos,

determinando de manera aproximada un flujo de mano de obra y, con esto, se estima la cantidad de personal por semana y también se determinan el flujo de equipos, en este caso, por problemas de acceso a la herramienta, no se puede ejemplificar.

Es importante mencionar que, actualmente, durante la fase de ejecución, se da poco control a los recursos, ya que, por el flujo de trabajo del área técnica, no es posible realizarlo, aunque se quiere a futuro implementar curvas S de materiales para controlar los recursos de cada proyecto.

Con respecto a la calidad, se está en el proceso de creación e implementación de un Sistema de Gestión de Calidad para todos los procesos de la empresa, por lo que, actualmente, no se tiene herramientas, formatos o activos para la planificación y control de la calidad.

La empresa utiliza para el tema de los costos tres herramientas para su planificación, se genera una tabla de desglose del presupuesto, para ello, se elabora un presupuesto inicial por parte del juicio de experto de los ingenieros de la empresa y este se desglosa para determinar de manera aproximada cuánto se gastará por cada actividad del proyecto, de la siguiente manera:

A PRELIMINARES					\$1 411,57
1	Demoliciones	1,00	glb	\$934,41	\$934,41
2	Cerramiento Provisional	1,00	glb	\$477,16	\$477,16
B ACABADOS INTERNOS					\$8 847,04
1	Piso nuevo (Costo material 11\$/m2)	15,84	m2	\$45,47	\$720,20
2	Enchape paredes baños alt. 1,6 m. (Costo material 11\$/m2)	15,00	m2	\$47,02	\$705,34
3	Paredes Livianas en gypsum regular (Nuevas)	34,00	m2	\$68,43	\$2 326,70
4	Cielos planos de gypsum regular Reparaciones	19,00	m2	\$43,55	\$827,41
5	Puertas economicas	2,00	unid.	\$222,41	\$444,81
6	Pintura en paredes	161,00	m2	\$11,20	\$1 802,88
7	Pintura de cielos	76,00	m2	\$11,51	\$874,69
8	Baños SS (losa sanitaria y grifería Economica)	1,00	glb	\$375,13	\$375,13
9	Espejos unicamente (cotinas y ganchos propietario)	1,00	glb	\$622,11	\$622,11
10	Estanteria en Bodega (no se incluye, la asume propietario)	0,00	unid.	\$0,00	\$0,00
11	Cortina Existente (mantenimiento preventivo)	1,00	glb	\$147,75	\$147,75

Figura 10: Tabla de Desglose de Presupuesto
Fuente: CIVIL Desarrollo e Ingeniería (2020).

El flujo de caja y tablas de control de costos del proyecto son generados a partir de la herramienta Open 4 Business (O4Bi), el cual se utiliza para planificar y controlar los costos del proyecto y los

pagos respectivos del cliente, dependiendo del tipo de contrato que se tenga, entre los formatos que se obtienen de esta herramienta están:

CIVIL DESARROLLO E INGENIERIA S.A. OPEN 4 BUSINESS



INFORME DE COSTOS DE LAS OBRAS

PROY.: 24 MONTOS CON IMPUESTO

FECHA INICIAL: 01-01-1900 FECHA FINAL: 20-06-2020

MONEDA DEL REPORTE: COLON C.R.

Proyecto: 24	063 - EDIFICIO DE OFICINAS ROXROVA		Monto:	18,021,428.49	
Modelo: 1	063 - EDIFICIO DE OFICINAS ROXROVA	Cant.: 1	Monto:	18,021,428.49	
Obra: 30	063 - EDIFICIO DE OFICINAS ROVA		Monto:	18,021,428.49	
Actividad: 1	1-00-00 MATERIALES		Monto:	9,493,246.93	
Tarea	Cantidad	Unidad	Monto Unitario	Monto Total	
1	1-10-00	MATERIALES PARA INST. TEMPORALES	1.00 UND	1,202,647.41	1,202,647.41
3	1-12-00	LASTRE	1.00 UND	732,000.39	732,000.39
6	1-15-00	CEMENTOS	1.00 UND	174,076.50	174,076.50
11	1-20-00	CONCRETO PREMEZCLADOS	1.00 UND	1,118,700.00	1,118,700.00
16	1-25-00	VARILLA DE REFUERZO	1.00 UND	4,966,765.38	4,966,765.38
17	1-26-00	ELEMENTOS METALICOS	1.00 UND	44,168.88	44,168.88
23	1-32-00	MADERAS PARA FORMALETA	1.00 UND	356,628.00	356,628.00
41	1-50-00	PINTURAS / ESTUCOS Y ACCESORIOS	1.00 UND	13,905.00	13,905.00
53	1-62-00	DESGASTABLES	1.00 UND	514,537.56	514,537.56
54	1-63-00	COMPRA HERRAMIENTA Y EQUIPO MENOR	1.00 UND	223,680.00	223,680.00
57	1-66-00	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD OCUPACIONAL	1.00 UND	146,137.82	146,137.82

Figura 11: Control de costos Roxrova
Fuente: CIVIL Desarrollo e Ingeniería (2020).

Proyecto:	EDIFICIO DE OFICINAS ROXROVA - OBRA GRIS
Código:	63
Avance No.:	3
Fecha:	21/7/2020



Ítem / WBS/LBS	Descripción	Total	Acumulado anterior		Este avance		Acumulado actual		Saldo por cobrar	
			%	Monto	%	Monto	%	Monto	%	Monto
OBRA GRIS										
	TRAZO	\$ 1 588	100%	\$ 1 587,89		\$ -	100%	\$ 1 587,89	0%	\$ -
	MOVIMIENTO DE SUELO	\$ 6 188	100%	\$ 6 188,00		\$ -	100%	\$ 6 188,00	0%	\$ -
	FUNDACIONES	\$ 22 682	100%	\$ 22 681,95		\$ -	100%	\$ 22 681,95	0%	\$ -
	CONTRAPISO	\$ 5 245	0%	\$ -		\$ -	0%	\$ -	100%	\$ 5 244,63
	ENTREPISO PREFABRICADO	\$ 41 899	30%	\$ 12 569,61	20,0%	\$ 8 379,74	50%	\$ 20 949,35	50%	\$ 20 949,35
	COLUMNAS	\$ 29 009	35%	\$ 10 153,07	15,0%	\$ 4 351,32	50%	\$ 14 504,38	50%	\$ 14 504,38
	MOCHETAS	\$ 45 794	35%	\$ 16 027,99	15,0%	\$ 6 869,14	50%	\$ 22 897,13	50%	\$ 22 897,13
	PAREDES	\$ 40 343	35%	\$ 14 120,21	15,0%	\$ 6 051,52	50%	\$ 20 171,73	50%	\$ 20 171,73
	VIGAS	\$ 42 504	20%	\$ 8 500,84	20,0%	\$ 8 500,84	40%	\$ 17 001,68	60%	\$ 25 502,52
	GRADAS DE CONCRETO	\$ 5 500	0%	\$ -	50,0%	\$ 2 750,25	50%	\$ 2 750,25	50%	\$ 2 750,25
	ESTRUCTURA MAYORES DE ACERO	\$ 14 500	0%	\$ -		\$ -	0%	\$ -	100%	\$ 14 500,00
	CUBIERTA Y HOJALATERIA DE TECHO	\$ 8 400	0%	\$ -		\$ -	0%	\$ -	100%	\$ 8 400,00
ACABADOS										
	PISO CONCRETO PLANCHADO ESCOBILLADO	\$ 2 396	0%	\$ -		\$ -	0%	\$ -	100%	\$ 2 395,65
	ADOQUINADO	\$ 17 600	0%	\$ -		\$ -	0%	\$ -	100%	\$ 17 600,00
	ALUMINIO Y VIDRIO	\$ 38 565	0%	\$ -	25,0%	\$ 9 641,25	25%	\$ 9 641,25	75%	\$ 28 923,75
	PUERTAS METÁLICAS	\$ 2 957	0%	\$ -		\$ -	0%	\$ -	100%	\$ 2 956,52
	PORTON DE ACCESO	\$ 6 087	0%	\$ -		\$ -	0%	\$ -	100%	\$ 6 086,96
	PINTURA Y REVESTIMIENTO	\$ 9 593	0%	\$ -		\$ -	0%	\$ -	100%	\$ 9 593,48
	DUCTO PARA CHUT DE BASURA	\$ 4 500	0%	\$ -		\$ -	0%	\$ -	100%	\$ 4 500,00
	SEÑALIZACIÓN	\$ 652	0%	\$ -		\$ -	0%	\$ -	100%	\$ 652,17
ELECTROMECHANICO										
	SISTEMA ELECTROMECHANICO PREVISTAS	\$ 71 000	0%	\$ -	15,0%	\$ 10 650,00	15%	\$ 10 650,00	85%	\$ 60 350,00
	SISTEMA EXTRACCIÓN DE BAÑOS (DUCTOS)	\$ 6 000	0%	\$ -		\$ -	0%	\$ -	100%	\$ 6 000,00
INDIRECTOS										
	COSTOS INDIRECTOS	\$ 59 505	25%	\$ 14 876,33	10,0%	\$ 5 950,53	35%	\$ 20 826,86	65%	\$ 38 678,45
	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTO	\$ 30 290	15%	\$ 4 543,47	15,0%	\$ 4 543,47	30%	\$ 9 086,95	70%	\$ 21 202,88
ELEVADOR (CONTRATACIÓN ADICIONAL)										
	ELEVADORES DE PERSONAS - RIGHA	\$ 23 000	40%	\$ 9 200,00		\$ -	40%	\$ 9 200,00	60%	\$ 13 800,00
	MODIFICACIONES EN VENTANERÍA Y LOUVER	\$ 4 809		\$ -	25,0%	\$ 1 202,35	25%	\$ 1 202,35	75%	\$ 3 607,04
			0%	\$ -		\$ -	0%	\$ -	100%	\$ -
		\$ 540 606,66	22,3%	\$ 120 449,37	12,7%	\$ 68 890,40	35,02%	\$ 189 339,77	64,98%	\$ 351 266,90

10,18%	Total este avance	\$ 68 890,40
	Menos adelanto	\$ (7 010,02)
	TOTAL POR PAGAR:	\$ 61 880,39

Figura 12: Tabla de control de costos Roxrova.
Fuente: CIVIL Desarrollo e Ingeniería (2020).

Resultados de la aplicación de las encuestas

Para determinar el nivel de conocimiento que se tiene en la empresa en el tema de planificación y cómo se implementa, se desarrolló la siguiente encuesta, la cual fue desarrollada por medio de un formulario de Google, en esta participaron, los tres ingenieros de la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería, las preguntas realizadas fueron las que se muestran a continuación, a la vez se adjuntan los resultados de esta:

1. ¿Conoce usted el concepto de planificación de los proyectos de construcción?

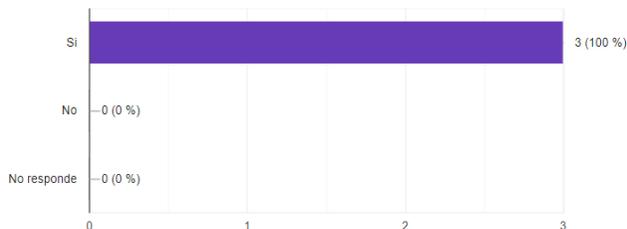


Figura 13: Respuesta No1 Encuesta CIVIL Desarrollo e Ingeniería.
Fuente: Autoría propia (2020).

- Si la respuesta anterior es "Sí", ¿cuál sería una definición de lo que se entiende por planificación de proyectos de construcción?
 - Organización previa a la ejecución de un proyecto, de materiales, procesos, subcontratos y demás actividades e insumos necesarios para el desarrollo eficiente en cuanto a plazo, calidad y costos.
 - Es el proceso que se encarga de organizar los recursos y el tiempo requeridos por un proyecto para garantizar su adecuada ejecución y control. Ruta que usted va a seguir para tener un proyecto exitoso, en lo económico, de calidad, de proceso y producto cumpliendo con el tiempo asignado.

- Prever, anticiparse y programar todas las actividades, de forma ordenada
3. Con respecto a la planificación, ¿cómo considera usted que es el nivel importancia en el desarrollo de un proyecto desarrollado por la empresa?

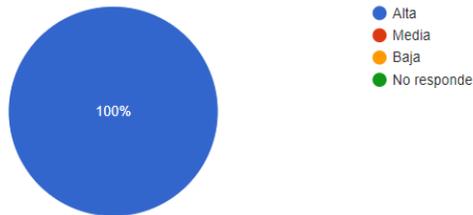


Figura 14: Respuesta No3 Encuesta CIVIL Desarrollo e Ingeniería.
Fuente: Autoría propia

4. Con respecto al tema de un contrato de obra, ¿cuál considera usted que es el nivel de importancia en la planificación de un proyecto desarrollado por la empresa?

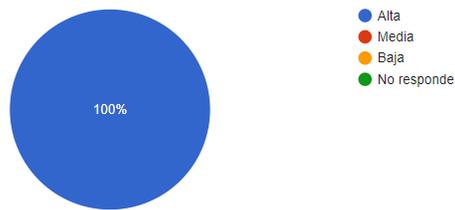


Figura 15: Respuesta No4 Encuesta CIVIL Desarrollo e Ingeniería.
Fuente: Autoría propia (2020).

5. Mencione tres técnicas de planificación de proyectos de construcción que se utilicen en la empresa.

- Diagrama de Gantt con Microsoft Project®.
- Ruta crítica, programación lineal, programación de recursos y principios de "Last Planner".

6. Con respecto a las técnicas antes mencionadas, ¿cuáles ha implementado o utilizado en un proyecto desarrollado por la empresa?

- Diagrama de Gantt con Microsoft Project®.
- Las tres mencionadas.
- Todas.

7. Con respecto a las técnicas antes mencionadas, ¿cuáles herramientas, activos o formatos ha utilizado para la planificación en un proyecto desarrollado por la empresa?

- Microsoft Project®, Microsoft Excel®, O4Bi, Tablas de control de coladas, Minutas de inspecciones
- Elaboración de un cronograma estratégico de obra, tabla de desglose de presupuesto, flujo de mano de obra y equipos, informe de control de costos mensual, sistema de gestión de calidad (en desarrollo)
- "Last Planner System", Cronograma Gantt, programación lineal (LSM), Valor ganado, Ingeniería de valor.

8. ¿Cómo considera usted que los conceptos de calidad, plazo, recursos, alcance y costos debe ser contemplados en la planificación de un proyecto?

- En cuanto a la calidad, esta se verifica constantemente en sitio. El plazo se controla con el cronograma, por lo general en Project®. Los recursos y costos se van cuantificando en el O4Bi. El alcance se refleja en los planos y contratos.
- Es un proceso integral donde se deben tomar en cuenta todos estos aspectos tanto en la planificación y la ejecución.
- Integrado totalmente.

9. ¿Conoce usted la metodología de "Last Planner System"?



Figura 16: Respuesta No9 Encuesta CIVIL Desarrollo e Ingeniería.
Fuente: Autoría propia (2020).

10. Si la respuesta anterior es "Si", ¿cuáles serían sus resultados esperados al implementar esta técnica en la empresa?:

- Se esperaría una mejor organización y planificación de cada uno de los proyectos, pues se podrían programar compras de materiales, alquileres de equipos y demás actividades con suficiente tiempo para mejorar precios y asegurar calidad, evitando atrasos en el plazo.
- Compromiso de las personas que ejecutan las labores específicas, mandos medios, asegure el plan semanal de trabajo.
- Lo que no se mide, no se controla. Mejora sustancial en la ejecución.

Buenas prácticas de la metodología “Last Planner”.

En esta sección del documento, se muestran las buenas prácticas con las que cuenta la metodología “Last Planner” para la planificación y control de los proyectos de construcción.

Además, por medio de una matriz de brecha cualitativa, se indican también los procesos actuales con los que cuenta la empresa y se propone una acción a implementar para eliminar la brecha entre lo que dice la teoría y lo implementado, esto responde al segundo objetivo específico del proyecto.

Análisis de brecha cualitativa

A continuación, se muestran los resultados para la matriz de brecha cualitativa, es importante destacar que para la obtención de esta matriz se utilizaron los tipos de investigación, técnicas y herramientas de recopilación de información antes descritos en la sección de metodología.

Matriz de brecha cualitativa

Para la elaboración de esta matriz de brecha cualitativa, se utilizó la información mencionada en el marco teórico, con respecto a “Last Planner”, como las buenas prácticas para la planificación y control de esta metodología, mientras la información obtenida del diagnóstico de la empresa para describir la situación actual de esta y, por último, se propone una acción para implementar para cerrar la brecha entre la teoría y la práctica, se debe tener en cuenta para elaborar esta acción las condiciones y requerimientos propios de la empresa.

CUADRO 1: MATRIZ DE BRECHA CUALITATIVA.		
BUENA PRÁCTICA “LAST PLANNER”	SITUACIÓN ACTUAL	ACCIÓN POR IMPLEMENTAR
Plan maestro	Se elabora un diagrama de Gantt por parte del Gerente de proyecto.	Se determina que el programa de trabajo cumple con las buenas prácticas de la metodología “Last Planner”.
Plan intermedio	No se realiza.	Crear una herramienta para generar el <i>look ahead</i> con una proyección de 5 semanas, que garantice poder analizar las tareas que están en la fase de “se puede hacer”. La proyección de 4 semanas se determinó a partir de entrevistas a los sujetos de información.
Establecer y analizar restricciones	No se realiza.	Desarrollar una sección de la herramienta donde se estudien, analicen y se definan las restricciones de

		cada una de las tareas
Inventario ejecutable de trabajo	No se realiza.	Crear una hoja de control dentro de la herramienta para determinar el inventario ejecutable de trabajo, que provenga del análisis de restricciones y se determine cuáles ya fuesen ejecutadas y a cuáles les falta.
Reunión semanal y asignación de responsabilidades	Actualmente, se realiza una reunión semanal de inspección, sin embargo, no se da la asignación de tareas a cada responsable.	Generar un espacio de reunión semanal para determinar el plan de trabajo de la próxima semana, la asignación de tareas a cada encargado y el control estadístico de las tareas asignadas en la reunión anterior. Del diagnóstico de la situación actual de la empresa, se determinó que, por el momento, los subcontratistas quedan fuera de la planificación, por lo que a estos se les informará de los resultados de la reunión por ejemplo de las restricciones, pero no serán parte de la reunión.
Medición de control de avance	Se realiza mediante las visitas de inspección a los proyectos una vez por semana como mínimo.	No es necesario una acción de implementar, ya que se cumple con el objetivo de medir y controlar el avance del proyecto.

Plan semanal	No se realiza.	Crear el plan semanal de trabajo a partir de la reunión semanal del equipo de trabajo, en el cual se desarrollará en la herramienta que se creará, pero también tomará en cuenta con la opinión de los diferentes involucrados como son maestro de obras, ingenieros y gerentes de proyecto.
Porcentaje de Actividades Completas (PAC).	No se realiza.	Medir y graficar el porcentaje de actividades completas a partir del porcentaje comprometido por cada encargado y graficarlo para determinar el % de PAC del proyecto, con el fin de determinar de manera aproximada el rendimiento de la mano de obra.
Causas de No Cumplimiento (CNC)	No se realiza.	Medir y graficar las causas de no cumplimiento para las actividades que no se logró el PAC comprometido por cada encargado y graficarlo para determinar las principales causas de no lograr un PAC del 100 % y, con esto, determinar, de manera aproximada, los principales problemas que tiene el proyecto.

Fuente: Autoría propia (2020).

Conforme a lo desarrollado en el anterior cuadro, se resalta que, de momento, los subcontratistas están por fuera del proceso de planificación y control dentro de la metodología propuesta de “Last Planner”, a diferencia de lo que establece la teoría investigada, lo anterior se debe a que, por el momento, la empresa maneja los subcontratos con fechas de inicio y fechas de finalización de trabajos, es decir, es deber de cada uno de los subcontratistas organizar y planificar sus tareas para lograr cumplir con el plazo establecido en su contrato y su participación dentro del “Last Planner” se limitara únicamente al levantar los requerimientos o restricciones que tienen las tareas que dependan de subcontratos.

Debido a lo anterior, las reuniones semanales de trabajo deberán separarse de las reuniones de inspección y contar únicamente con los encargados de las tareas, ingenieros y gerentes de proyectos de la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería, por lo que se sugiere que se realice posterior a esta otra reunión de inspección o en otro día laboral.

Por último, la herramienta que se crea debe considerar contar con las buenas prácticas antes descritas y que estas sean de fácil acceso, y que los encargados tengan con la capacitación necesaria para utilizarla, además, se deben considerar los encargados del trabajo, es decir, maestros de obras, segundos y demás. Por ejemplo, en la elaboración del plan semanal, se debe generar a partir de conversaciones con los encargados, para que estos sean realistas y no tengan demasiadas tareas que sobrepasen la capacidad de trabajo de las planillas, pero tampoco que tengan pocas tareas y crean trabajadores ociosos.

Metodología “Last Planner”

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para la metodología “Last Planner” desarrollada conforme el OE3 del proyecto. Es importante mencionar que, en la sección de apéndices, se muestra la guía metodológica para su uso dentro de la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería, también se muestra a mayor profundidad la implementación de la metodología en el proyecto Roxrova.

Plan maestro

El programa maestro o cronograma general (figura 17) puede ser suministrado por el gerente técnico Ing. Pablo Villalobos, a partir de su juicio de experto o elaborado por el o la ingeniera a cargo a partir de la tabla de desglose de presupuesto, contrato firmado o demás herramientas de planificación antes descritas.

Este cronograma debe mantenerse sin cambios significativos, ya que, según la teoría de la metodología, los cambios en el cronograma se deben manejar en la programación intermedia.

Como antes se mencionó, dentro del plan maestro, se deben incluir los posibles riesgos para el proyecto, además, debe tener una división del cronograma en hitos y actividades, se dividen las actividades en los principales entregables (alcance) y subcontratos.

Análisis de restricciones										
Diseño	Cliente	Materiales o Equipo	Mano de obra	Subcontratos	Restricciones Administrativas	Predecesoras		Otras	Estado final	Encargado de levantar restricción
						Actividad	Estado			
OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
OK	OK	OK	OK	OK	OK		X	OK	RESTRINGIDO	CIVIL

Figura 19: Plan intermedio-restricciones.

Fuente: Autoría propia (2020).

Además del informe diagnóstico, se concluyó que las principales restricciones que poseen los proyectos son:

- Diseño.
- Cliente.
- Materiales o equipo.
- Mano de obra.
- Subcontratista
- Restricción administrativa.
- Predecesoras.

Una vez terminado el programa intermedio, se llega a un estado final, si se tiene un estado en “Restringido”, para al análisis de restricciones, que se mostrará a continuación, si el estado es “Sin Restricción” pasa al inventario ejecutable de trabajo.

Antes de cada reunión semanal se deben analizar las restricciones de las actividades, para determinar cuáles son ejecutables, es decir, “se pueden” hacer la próxima semana y cuál está restringida; para las que restringida en el programa intermedio, se define cuál es su restricción y dentro de este análisis se debe establecer un responsable, que puede ser la empresa o su encargado, alguno de los subcontratistas o inspectores, además, se debe definir una fecha en la que debe estar resuelto, alguna observación y el estado en el que se encuentra.

En la figura 20, se muestra el formato de este análisis, para el cual se siguió lo dicho el párrafo anterior:

Análisis de restricciones

	CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.				
	Levantamiento de restricciones				
Análisis de restricciones					
Proyecto		Revisión No.			
Encargado		Semana			
		Fecha de revisión			
Tarea por realizar	Restricción	Responsable de levantar la restricción	Fecha que debe estar resuelto	Observaciones	Estado

Figura 20: Análisis de restricciones.

Fuente: Autoría propia (2020).

Para este análisis, se debe darle un seguimiento continuo por parte del ingeniero a carga de “Last Planner”, para que cada uno de los encargados de levantar la restricción, sea efectivamente levantada, en la fecha establecida y sin provocar ningún atraso.

Inventario ejecutable de trabajo

Una vez realizado el análisis de restricciones para cada una de las semanas de trabajo, se procede a elaborar el inventario ejecutable de trabajo y se entra en la fase de se “debe hacer”, como se

observa en la figura 21, se debe definir una fecha en la que las tareas deben estar lista y semana a semana deben revisarse si las actividades de esta lista han sido o no ejecutadas, se debe considerar la capacidad de trabajo para la cuadrilla de trabajo del proyecto, ya que se debe ir variando en la cantidad de las tareas comprometidas para cada semana y, con esto, medir el porcentaje de actividades completas y determinar de manera aproximada un rendimiento por semana de tareas que se pueden cumplir.

		CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.		
		Inventario Ejecutable de Trabajo (ITE)		
Inventario Ejecutable de Trabajo (ITE)				
Proyecto			Revisión No.	
Encargado			Semana	
			Fecha de revisión	
			Estado	
Fecha que debe estar terminada	Actividad por realizar	Encargado	Ejecutada	No Ejecutada

Figura 21: Inventario ejecutable de trabajo.

Fuente: Autoría propia (2020).

Existen tareas que, por su plazo de ejecución, deben permanecer en varios inventarios ejecutables de trabajo, por lo que se debe considerar esta condición al elaborar cada uno de los inventarios semanales.

Plan semanal

Se da posterior al análisis de restricciones y la realización del inventario ejecutable para cada una de las semanas de trabajo. En este proyecto, participan el gerente técnico o del proyecto, la ingeniería residente, el maestro de obras y el investigador, como encargado del LPS.

En estas reuniones, se estudian las restricciones de las tareas, para determinar el encargado de levantarla, así como su fecha

máxima para quitar la restricción, a su vez se estudian el programa intermedio y se evalúan los dos insumos más importantes del LPS, los cuales son el PAC y las CNC, lo anterior para determinar situaciones que están afectando al proyecto y como pueden cambiar o disminuir su afectación.

A continuación, se muestra el formato utilizado para la elaboración del plan semanal, para cada semana se definen las actividades que se harán en esa semana, un encargado de realizarla, un porcentaje de avance meta, un cronograma semanal y las causas de no cumplimiento, así como el porcentaje de avance real, medido en las reuniones de inspección y, por último, la medición de cumplimiento, donde, si la actividad se completó tal y como se comprometió, se obtiene una calificación de “1” (verde) y, por el contrario, si no se cumplió, obtiene un “0”

	CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.
	PORCENTAJE DE ACTIVIDADES COMPLETADAS

Proyecto	
Fecha de revisión	

SEMANA	Tareas Comprometidas	Tareas Realizadas	%PAC
Semana 1			#jDIV/0!
Semana 2			#jDIV/0!
Semana 3			#jDIV/0!
Semana 4			#jDIV/0!
Semana 5			#jDIV/0!
Semana 6			#jDIV/0!
Semana 7			#jDIV/0!

Evaluación del PAC*		
PAC	PAC >85%	
PAC	85%	
PAC	70%	

Figura 24: Porcentaje de actividades completas.
Fuente: Autoría propia (2020).

Otra cálculo que se hizo fue el determinar el PAC, y poder realizar el gráfico correspondiente similar esto con el fin de determinar el estado del proyecto al de la figura 26.

	CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.
	PORCENTAJE DE ACTIVIDADES COMPLETADAS ACUMULADAS

Proyecto 063

Proyecto	EDIFICIO ROXROVA
Fecha de revisión	15-nov

SEMANA	% PAC	% PAC ACUMULADO	%PAC MÍNIMO	ESTADO DEL PROYECTO
28-sep	85.71	85.71	70	85.71
5-oct	85.71	85.71	70	85.71
12-oct	80.00	83.81	70	83.81
19-oct	80.00	77.86	70	77.86
26-oct	69.57	76.20	70	76.20
2-nov	100.00	80.17	70	80.17
9-nov	90.00	81.57	70	81.57
16-nov	91.67	82.83	71	82.83
23-nov	85.71	83.15	71	83.15
30-nov	90.00	83.84	71	83.84
Promedio				82.09

Evaluación del PAC*	
PAC	PAC >85%
PAC	85% > PAC > 70%
PAC	70% > PAC

Figura 25: Porcentaje de actividades completas acumuladas.
Fuente: Autoría propia (2020).

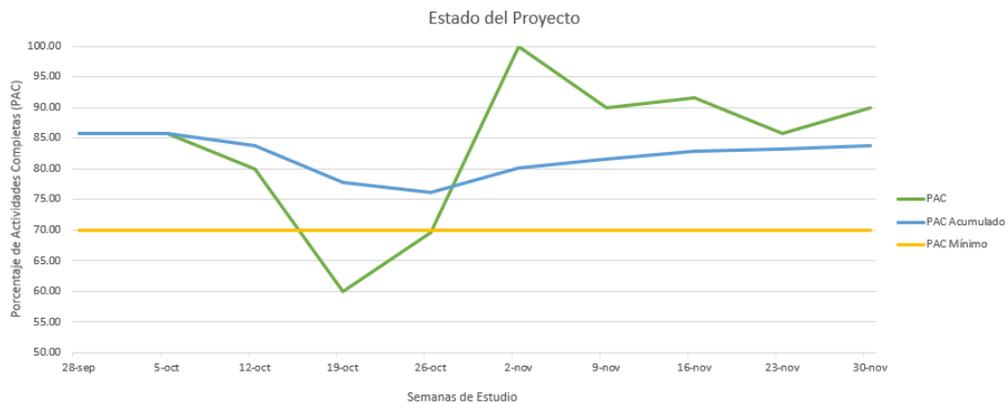


Figura 26: Gráfico del estado del proyecto a partir del PAC.
Fuente: Autoría propia (2020).

Causas de No Cumplimiento (CNC)

Dentro de estas CNC, para la empresa analizada se han determinado las siguientes:

- Actividades predecesoras.
- Falta materiales.
- Falta diseño.
- Falta mano obra.
- Falta equipo-herramienta.
- Mal rendimiento.
- Falla proveeduría.

- Falta definición del alcance.
- Clima u otras.

A partir de lo anterior, se determinó para cada una de las semanas del estudio, esto se hizo durante las reuniones semanales, para determinar los problemas que estaban afectando al proyecto, el formato es similar a la figura 27, en la cual se grafica automáticamente al ingresar las CNC para cada programa semanal:

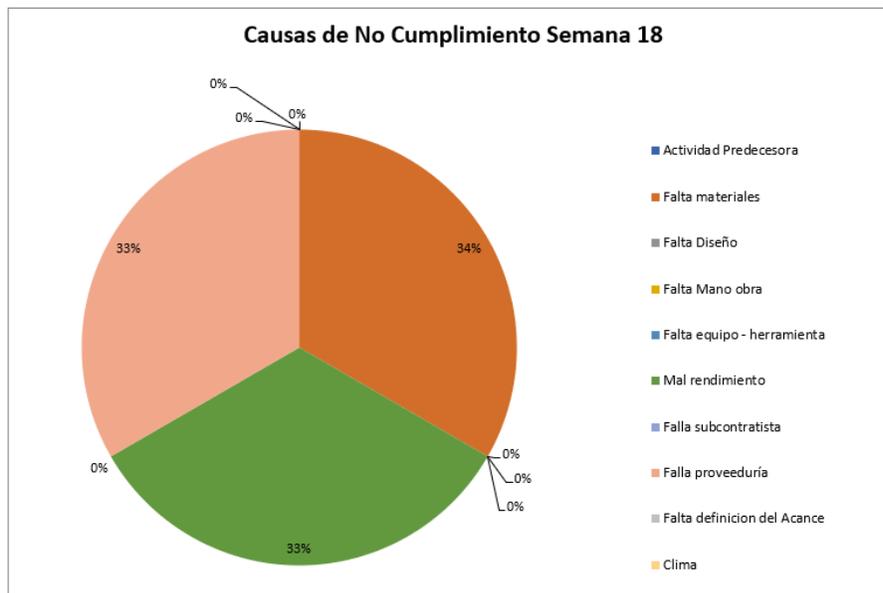


Figura 27: Gráfico de las CNC para la semana 18.

Fuente: Autoría propia (2020).

El resumen de CNC se hace para presentar la totalidad de CNC, determinando así los principales problemas que causaron pérdidas, atrasos e inconvenientes en el proyecto.

Semana	Causas de No Cumplimiento									
Descripción	Actividad Predecesora	Falta materiales	Falta Diseño	Falta Mano obra	Falta equipo - herramienta	Mal rendimiento	Falla subcontractista	Falla proveeduría	Falta definición del Alcance	Clima u Otras
SEMANA 18										
SEMANA 19										
SEMANA 20										
SEMANA 21										
SEMANA 22										
SEMANA 23										
SEMANA 24										
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 28: Resumen de las CNC para todo el proyecto.
Fuente: Autoría propia (2020).

Luego de este resumen, se generan los dos gráficos que se generan a partir de las CNC, para establecer estadísticamente las principales causa.

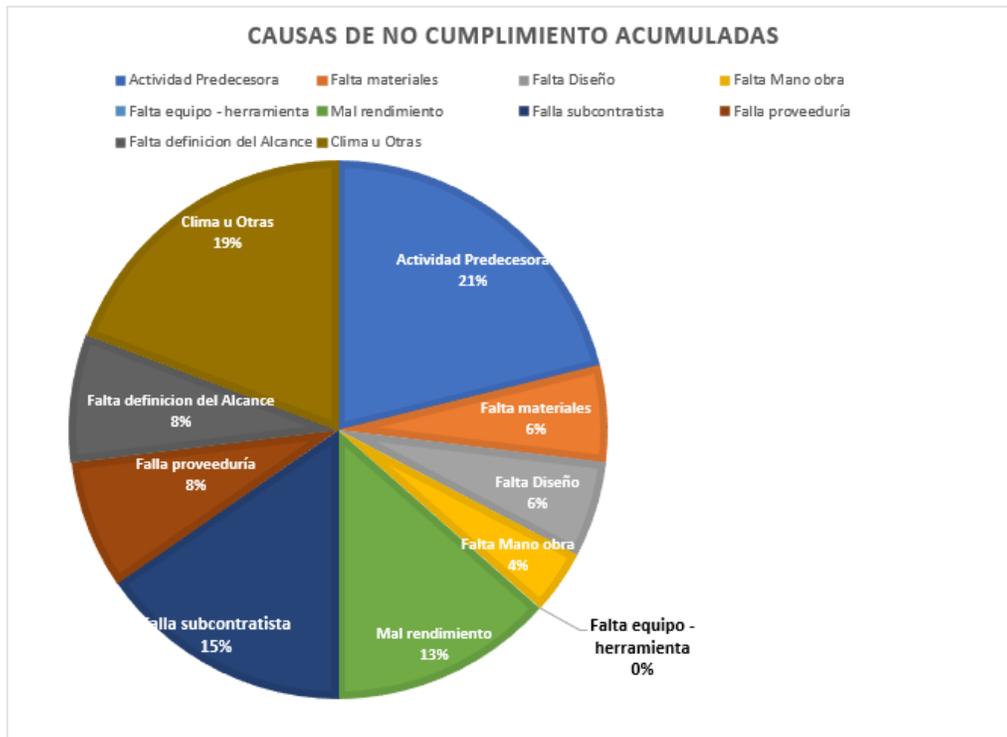


Figura 29: Gráfico Resumen de las CNC para todo el proyecto.
Fuente: Autoría propia (2020).

Diagrama de flujo de la metodología “Last Planner”

Para mayor entendimiento de la metodología “Last Planner”, se realizó el

siguiente diagrama de flujo, en el cual se identifican sus principales partes y los productos obtenidos.

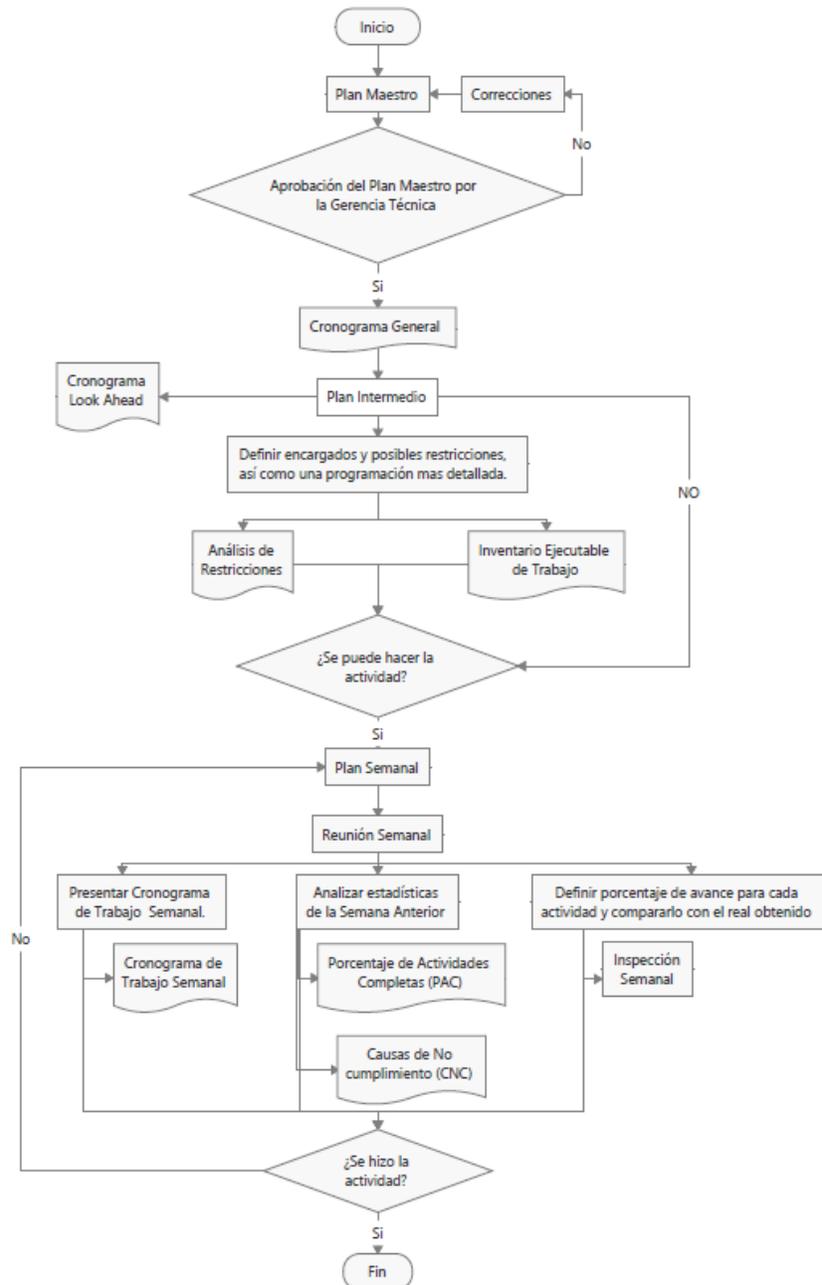


Figura 30: Diagrama de flujo de Last Planner.

Fuente: Autoría propia (2020).

Estrategia de implementación

En esta sección del documento, se mostrarán los resultados para la fase de implementación del proyecto, basado en el objetivo específico cuatro, en el cual se establece que se creará una estrategia de implementación basada en las siguientes etapas:

Selección del proyecto

El proyecto seleccionado, como ya se ha mencionado, fue la construcción del Edificio Roxrova (figura 31), el cual consiste en un edificio con las siguientes características:

- Área: 990 m².
- Uso: Comercial – Oficinas.
- Niveles: Tres.
- Costo ≈ 600 mil dólares.
- Plazo: 7 meses (junio–diciembre).
- Tipo de Contrato: Administración.
- Acabados: Concreto expuesto y fachadas en vidrio/aluminio.
- Ubicación: Sabana Sur, Mata Redonda, San José.



① Vista Oeste

Figura 31: Vista Oeste edificio Roxrova.

Fuente: CIVIL Desarrollo e Ingeniería (2020).

La selección de este proyecto se dio debido a varias razones, la primera razón fue la existencia de diferentes subcontratistas: electromecánicos, sistema de aire acondicionado y extracción de aire, infraestructura vial (adoquín y aceras), colocación de aluminio y vidrio,

colocación de cubierta de techo y el sistema de elevador. Además de que varios de los subcontratistas no fueron contratados directamente por la empresa constructora, sino por el cliente, lo que provoca que se debe “administrar” el subcontrato representando al cliente lo que provoca indicarles su ruta a seguir, plazos de ejecución y demás aspectos constructivos.

La segunda de las razones por la que se seleccionó el proyecto fue debido al tipo de contrato, ya que, en este tipo, el cliente y su representante (arquitecto) pueden variar el alcance del proyecto conforme el proyecto avanza, por lo que implementar el “Last Planner” con sus herramientas como lo son: el estudio de restricciones, los programas semanales de trabajo y estadísticas del proyecto, se vuelve clave para evitar reprocesos, atrasos en el plazo, ya que, por ejemplo, se sabe de antemano cuándo una actividad presenta una restricción, cuándo debe estar resuelta y quién es el encargado de eliminarla.

Por último, para la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería, significó un aumento en dificultad de los proyectos que había ejecutado, ya que, hasta el momento, se había dedicado a remodelaciones o proyectos de uso habitacional, por lo que se necesita de un mayor involucramiento de los ingenieros en la planificación de los proyectos.

Validación de la metodología

Como parte del proceso de validación, se realizaron 14 visitas al proyecto, las cuales se realizaron generalmente los lunes, debido a que es el día de la inspección, estas visitas se realizaron desde el 31 de agosto del 2020 al 30 de noviembre del 2020.

De la semana 14 a la semana 18 del proyecto, consistió en visitas para generar el informe diagnóstico antes mencionado, además de que se utilizaron para generar el conocimiento de la manera en que se trabaja en el proyecto. Durante la semana 17 (del proyecto) se dio una inducción a la metodología “Last Planner”, muestra de los formatos y herramientas generadas.



Figura 32: Visita semana 16.
Fuente: Autoría propia (2020).

Desde la semana 18 y hasta la semana 27 del proyecto, consistió en la fase de estudio e implementación de la metodología “Last Planner” con cada una de las secciones antes descritos.

Durante estas 14 visitas, se tomaron diferentes tipos de datos, con los diferentes tipos de técnicas para la recolección de información mencionadas en la sección de metodología, por ejemplo, se utilizó la observación durante las primeras 4 visitas para determinar la manera en la que la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería desarrolla sus proyectos, a su vez, se hizo durante este tiempo una revisión documental para la generación de la metodología “LAST PLANNER”, consultando tanto fuentes primarias como secundarias.

Durante las diez semanas de implementación, se utilizó otra fuente de información, como lo fue tanto el maestro de obras y su segundo a cargo, a estos constantemente se les realizaban pequeñas entrevistas para determinar la aceptación y uso de la herramienta generada, generando así un proceso de retroalimentación del personal de campo con el proceso implementado. Las preguntas constantemente se realizaron en torno a medir la capacidad de trabajo de la cuadrilla y determinar si lo planeado es realmente lo que se puede ejecutar, con el fin de que el procedimiento implementado sirva para el proyecto y no se quede con lo estipulado en la teoría del tema.

Una vez realizada las visitas mencionadas y teniendo en claro cómo se tomaron los datos de

cada visita, se procedió con el proceso de validación para el que se utilizaron las reuniones semanales de trabajo, las cuales se realizan una vez terminada la reunión de inspección, en estas, participan el Gerente de Proyecto, el Ingeniero Residente, el Maestro de Obras y el encargado de LPS.

En estas reuniones, se validó cada uno de los formatos que se planteó en la metodología planteada, desde el plan intermedio hasta llegar a las estadísticas del proyecto, donde semana a semana se estudiaron el programa semanal y las estadísticas del proyecto tanto el PAC como las CNC.

Además de esta validación constante durante las semanas de desarrollo, se desarrollará una serie de capacitaciones y encuestas para determinar el grado de aceptación que tuvo el procedimiento implementado.

Proyecto piloto: Roxrova

Ahora, se resumen los principales resultados de la metodología “Last Planner” en el proyecto de oficinas Roxrova, en el cual se ejecutó la metodología durante 10 semanas de estudio.

Plan maestro

El programa maestro o cronograma general de la obra fue elaborado y suministrado por Pablo Villalobos, el Gerente Técnico de la empresa, por lo que este se utilizó sin cambios significativos, ya que, según la teoría de la metodología, los cambios en el cronograma se deben manejar en la programación intermedia.

Este cronograma detalla de manera general el proceso constructivo del edificio Roxrova, el cual se trata de un edificio de 3 niveles, con un área de construcción de aproximadamente 1000 m² de uso comercial para oficinas.

Como antes se mencionó, dentro del plan maestro, se deben incluir los posibles riesgos para el proyecto en este caso, debido a la situación actual causada por el COVID-2019, el proyecto se detuvo una semana, del 13 de julio al 18 de julio, se decidió incluir este cierre en el cronograma para que esta semana sea agregada al plazo original, el cual es 6 meses calendario.

Dentro de los principales componentes, es la división del cronograma en hitos y actividades,

como se muestra en la figura 34, se dividen las actividades en los principales entregables (alcance) y también las órdenes de cambio solicitadas por el cliente o su representante (arquitecto).

Semana	4 wks ahead				4 wks ahead			
	1	2	3	4	5	6	7	8
Descripción	1-jun	8-jun	15-jun	22-jun	29-jun	6-jul	13-jul	20-jul
OBRAS PROVISIONALES								
LIMPIEZA DE TERRENO	█							
CERRAMIENTO Y BODEGAS		█						
SUPER ESTRUCTURA								
PRIMER NIVEL 0+0.000 - 0+3.500								
MOVIMIENTO DE TIERRAS	█							
EXCAVACIÓN DE FUNDACIONES	█							
SELLOS		█	█					
COLADO DE FUNDACIONES			█	█				
ARMADO Y FORMALETEO 1ER ALTURA					█	█		
COLADO DE MUROS PRIMER ALTURA								█
CIERRE DE PROYECTO POR ORDEN MINISTERIO DE SALUD							█	
ARMADO Y FORMALETEO 2DA ALTURA								█
COLADO DE MUROS SEGUNDA ALTURA								█
OBRA FALSA PARA VIGAS DE ENTREPISO								
ARMADO VIGAS DE ENTREPISO								
MONTAJE DE ENTREPISO 0+3.500 Y MALLA DE REFUERZO								
FORMALETEO VIGAS DE ENTREPISO								
COLADO DE ENTREPISO 0 + 3.500 M								
COLADO DE CONTRAPISO ENTRE EJES A-D/1-12								

Figura 33: Plan maestro parte 1.
Fuente: Autoría propia (2020).

3	ESCALERA PRINCIPAL DE CONCRETO
	GRADAS N 0+0.000 - N 0+3.500
	GRADAS N 0+3.500 - N 0+7.000
	ESCALERA MONO DEL N 0+7.000 AL N 0+10.500
	RESANE DE GRADAS
	BARANDAS Y PASAMANOS EN HN
4	ESCALERA METÁLICA DE EMERGENCIAS (ADICIONAL ORDEN DE CAMBIO)
5	TAPIA DE MAMPOSTERÍA (PENDIENTE DISEÑO - ORDEN DE CAMBIO)
6	ACABADOS SHELL
	RESANES DE MUROS N 0+0.000 - N 0+3.500
	RESANES DE MUROS N 0+3.500 - N 0+7.000
	RESANES DE MUROS N 0+0.700 - N 0+12.000
	PULIDO DE PISOS DE CONCRETO
	VENTENERÍA Y ALUMINIO FACHADAS
	PUERTA DE ACCESO PRINCIPAL EN VIDRIO LOBBY
	PORTON DE ACCESO VEHICULAR
	PUERTA DE METAL (2UN)
	SELLADO DE PAREDES DE CONCRETO
	DUCTO DE BASURA
	DETALLADO GENERAL
	AJUSTE DUCTO ELEVADOR
7	SISTEMA ELECTROMECANICO GENERAL
8	ELEVADOR DE PERSONAS (ADICIONAL ORDEN DE CAMBIO)
9	PARQUEOS Y ZONA EXTERIOR
	RELLENOS GENERALES
	SUBBASE
	OBRA CIVIL ELECTROMECANICA
	INFRAESTRUCTURA (TANQUE, CAJAS, CORDONES)
	BASE
	ADOQUINADO
	ACERA EXTERIOR
10	FINALIZACION META DE PROYECTO

Figura 34: Plan maestro parte 2.

Fuente: Autoría propia (2020).

Plan intermedio-look ahead

Utilizando el plan maestro del proyecto suministrado por la empresa, se crearon dos planes de intermedios o *look ahead*, el primero fue para las semanas 18 a 22 y el segundo plan de las semanas a 23 a 27, es decir, un periodo de estudio de 10 semanas de trabajo del 28 de setiembre al 30 de noviembre.

Los dos programas intermedios se pueden ver con mayor profundidad en la sección de apéndices, de los cuales, se generaron los análisis de restricciones para las actividades que lo requerían y el inventario ejecutable de trabajo.

Para el primer programa, se trató de una prueba y error, pues no se conocía la capacidad de trabajo de la cuadrillas, por lo que en algunas ocasiones se obtuvieron buenos resultados en los programas semanales, mientras que, en otras, el rendimiento no fue el adecuado, esto se ampliará más adelante en la sección correspondiente, a su

vez, para el segundo programa de intermedio, ya se tenía mucho más conocimiento de la cuadrilla, del rendimiento que tienen y el porcentaje de actividades que pueden completar por semana.

Se debe destacar que entre la semana 21 y semana 22, la empresa sufrió un reacomodo en su personal cambiando así el maestro de obras del proyecto, por lo que se debe considerar esta situación al analizar el rendimiento de las cuadrillas y, en general, del proyecto durante esas semanas que duró el proceso de cambio. Además de que esto significó un alto en el camino y se dieron cambios en las cuadrillas de trabajo para intentar aumentar el rendimiento del proyecto.

Análisis de restricciones

En la figura 35 y figura 36, se muestran dos de los análisis de restricciones que se generaron durante la fase de implementación, sin embargo, esta hoja

se debe actualizar y generar cada semana después de la reunión semanal.

De lo anterior, se puede destacar que las principales restricciones de las actividades son la dependencia de actividades predecesoras y la falta de definición del alcance o cambios en el alcance, debido a órdenes de cambio solicitadas por el cliente o su representante, a su vez, en algunas tareas, se dio una restricción, debido a un replanteo del cronograma, por ejemplo, en el contrapiso del primer nivel, se restringió hasta la semana 24, para evitar problemas de fisuras, debido al uso de equipos, andamios y tránsito de personas por la zona.

	CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.					
	Levantamiento de restricciones					
	Proyecto 063					
Análisis de restricciones						
Proyecto	EDIFICIO ROXROVA				Revisión No.	3
Encargado	Jhon Rojas Quesada				Semana	21
					Fecha de revisión	18/10/2020
Tarea por realizar	Restricción	Responsable de levantar la	Fecha que debe estar resuelto	Observaciones	Estado	
RESOLDADO Y ACABADO DE PINTURA ESTRUCTURA	Actividad Predecesora	CIVIL	26-oct		EN PROCESO	
COLOCACIÓN DE CUBIERTA Y HOJALATERÍA	Actividad Predecesora	CIVIL	26-oct		EN PROCESO	
GRADAS N 0+3.500 - N 0+7.000	Actividad Predecesora	CIVIL	26-oct		EN PROCESO	
ESCALERA MONO DEL N 0+7.000 AL N 0+10.500	Mal Rendimiento M.O	CIVIL	26-oct		EN PROCESO	
RESANE DE GRADAS	Actividad Predecesora	CIVIL	2-nov		EN PROCESO	
ARMADO DE VIGA	Actividad Predecesora	CIVIL	26-oct		EN PROCESO	
COLADO DE VIGA	Actividad Predecesora	CIVIL	26-oct		EN PROCESO	
PULIDO DE PISOS DE CONCRETO	Falta de Definición de Alcance	CIVIL	2-nov	Orden de Cambio	EN PROCESO	

Figura 35: Análisis de Restricciones semana 21.

Fuente: Autoría propia (2020).

	CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.					
	Levantamiento de restricciones					
	Proyecto 063					
Análisis de restricciones						
Proyecto	EDIFICIO ROXROVA				Revisión No.	6
Encargado	Jhon Rojas Quesada				Semana	23
					Fecha de revisión	7/11/2020
Tarea por realizar	Restricción	Responsable de levantar la	Fecha que debe estar resuelto	Observaciones	Estado	
COLADO DE CONTRAPISO ENTRE EJES A-D/1-12	Postergación de Trabajos	CIVIL	30-nov		EN PROCESO	
PULIDO DE PISOS DE CONCRETO	Falta de Definición del Alcance	CIVIL	16-nov		EN PROCESO	
VENTENERÍA Y ALUMINIO FACHADAS	Actividad Predecesora	CIVIL	16-nov		EN PROCESO	
PUERTA DE ACCESO PRINCIPAL EN VIDRIO LOBBY	Actividad Predecesora	CIVIL	30-nov		EN PROCESO	
PUERTA DE METAL (2UN)	Actividad Predecesora	CIVIL	30-nov		EN PROCESO	

Figura 36: Análisis de restricciones semana 23.

Fuente: Autoría propia (2020).

Inventario ejecutable de trabajo

Una vez realizado el análisis de restricciones para cada una de las semanas de trabajo, se procede a elaborar el inventario ejecutable de trabajo y se entra en la fase de ser “debe hacer”, como se observa en la figura 37 y 38, se debe definir una fecha en la que las tareas deben estar lista y semana a semana deben revisarse si las actividades de esta lista han sido o no ejecutadas, se debe considerar la capacidad de trabajo para la cuadrilla de trabajo del proyecto, ya que se debe ir

variando en la cantidad de las tareas comprometidas para cada semana y, con esto, medir el porcentaje de actividades completas y determinar de manera aproximada un rendimiento por semana de tareas que se pueden cumplir.

Existen tareas que, por su plazo de ejecución, deben permanecer en varios inventarios ejecutables de trabajo, por lo que se debe considerar esta condición al elaborar cada uno de los inventarios semanales.

CIVIL		CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.									
		Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)									
		Proyecto 063									
Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)											
Proyecto	EDIFICIO ROXROVA	Revisión No.	1								
Encargado	Jhon Rojas Quesada	Semana	18								
		Fecha de revisión	27/9/2020								
Fecha que debe estar terminada		Actividad por realizar		Encargado		Restriccion		Estado			
								Ejecutada		No Ejecutada	
3/10/2020		DESMOLDAR MUROS PRIMER ALTURA		GAR		OK					
3/10/2020		OBRA FALSA PARA VIGAS DE AZOTEA		GAR		OK					
3/10/2020		ARMADO VIGAS DE AZOTEA		GAR		OK					
3/10/2020		FORMALETEO VIGAS DE AZOTEA		GAR		OK					
3/10/2020		ENTREPISO AZOTEA NIVEL 0+10.500		GAR		OK					
3/10/2020		GRADAS N 0+0.000 - N 0+3.500		GAR		OK					
3/10/2020		RESANES DE MUROS N 0+0.000 - N 0+3.500		GAR		OK					

Figura 37: Inventario ejecutable de trabajo semana 18.

Fuente: Autoría propia (2020).

CIVIL		CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.									
		Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)									
		Proyecto 063									
Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)											
Proyecto	EDIFICIO ROXROVA	Revisión No.	6								
Encargado	Jhon Rojas Quesada	Semana	23								
		Fecha de revisión	1/11/2020								
Fecha que debe estar terminada		Actividad por realizar		Encargado		Restriccion		Estado			
								Ejecutada		No Ejecutada	
7/11/2020		RESOLDADO Y ACABADO DE PINTURA ESTRUCTURA		DAC		OK					
7/11/2020		ARMADO Y PEGADO DE BLOCK (ORDEN DE CAMBIO)		DAC		OK					
7/11/2020		COLADO Y FORMALETADO DE VIGA TERMINAL		DAC		OK					
7/11/2020		ESCALERA MONO DEL N 0+7.000 AL N 0+10.500		DAC		OK					
7/11/2020		RESANES DE MUROS EXTERNOS		DAC		OK					
7/11/2020		RESANES DE BUQUES DE VENTANAS Y PUERTAS		DAC		OK					
7/11/2020		COLOCACION DE TUBERIA Y CAJAS DE REGISTRO		DAC		OK					
7/11/2020		SUBBASE		DAC		OK					
28/11/2020		COLOCACION DE CUBIERTA Y HOJALATERIA		DAC		OK					
11/11/2020		ESCALERA MONO DEL N 0+7.000 AL N 0+10.500		DAC		OK					
18/11/2020		RESANES DE MUROS EXTERNOS		DAC		OK					
19/11/2020		RESANES DE BUQUES DE VENTANAS Y PUERTAS		DAC		OK					

Figura 38: Inventario ejecutable de trabajo semana 23.

Fuente: Autoría propia (2020).

Plan semanal

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para cada una de las semanas analizadas, para cada una, se definen las actividades que se harán en esa semana, un encargado de realizarla, un porcentaje de avance meta, un cronograma semanal y las causas de no cumplimiento, así como el porcentaje de avance real, medido en las reuniones de inspección y, por último, la medición de cumplimiento.

		CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.																				
		Programación Semanal																				
		Proyecto 063																				
Proyecto		EDIFICIO ROXROVA																				
Fecha de revisión		27-sep																				
Actividad	Encargado	% Porcentaje	Semana 18								Causas de No Cumplimiento								Evaluación Metas			
			28-sep	29-sep	30-sep	1-oct	2-oct	3-oct	4-oct	Actividad Predecesora	Falta materiales	Falta Diseño	Falta Mano obra	Falta equipo - herramienta	Mal rendimiento	Falla subcontratista	Falla proveeduría	Falta definición del Acance			Clima	
			Meta																		% Ejecutado	Condicion
DESMOLDAR MUROS PRIMER ALTURA	Greivin Arroyo	100																		100	1	
OBRA FALSA PARA VIGAS DE AZOTEA	Greivin Arroyo	100																		100	1	
ARMADO VIGAS DE AZOTEA	Greivin Arroyo	100																		100	1	
FORMALETEO VIGAS DE AZOTEA	Greivin Arroyo	100																		100	1	
ENTREPISO AZOTEA NIVEL 0+10.500	Greivin Arroyo	90									1			1	1					80	0	
GRADAS N 0+0.000 - N 0+3.500	Greivin Arroyo	100																		100	1	
RESANES DE MUROS N 0+0.000 - N 0+3.500	Greivin Arroyo	100																		100	1	
											Σ											
												1	-	-	-	1	-	1	-	-	PAC	85.7142857

Figura 39: Plan semanal semana 18.

Fuente: Autoría propia (2020).

Actividad	Encargado	% Porcentaje	Semana 19								Causas de No Cumplimiento								Evaluación Metas			
			5-oct	6-oct	7-oct	8-oct	9-oct	10-oct	11-oct	Actividad Predecesora	Falta materiales	Falta Diseño	Falta Mano obra	Falta equipo - herramienta	Mal rendimiento	Falla subcontratista	Falla proveeduría	Falta definición del Acance			Clima	
			Meta																			%
ENTREPISO AZOTEA NIVEL 0+10.500	Greivin Arroyo	100																			100	1
ARMADO Y FORMALETEO 2DA ALTURA	Greivin Arroyo	100																			100	1
GRADAS N 0+3.500 - N 0+7.000	Greivin Arroyo	33									2										0	0
EXCAVACIÓN DE FUNDACIONES	Greivin Arroyo	100																			100	1
ARMADO DE PLACA	Greivin Arroyo	60																			60	1
RESANES DE MUROS N 0+3.500 - N 0+7.000	Greivin Arroyo	50																			50	1
RELLENOS GENERALES	Greivin Arroyo	100																			100	1
											Σ											
												2	-	-	-	-	-	-	-	-	PAC	85.71429

Figura 40: Plan semanal semana 19.

Fuente: Autoría propia (2020).

Actividad	Encargado	% Porcentaje	Semana 20						Causas de No Cumplimiento								Evaluación Metas					
			12-oct	13-oct	14-oct	15-oct	16-oct	17-oct	18-oct	Actividad Predecesora	Falta materiales	Falta Diseño	Falta Mano obra	Falta equipo - herramienta	Mal rendimiento	Falla subcontratista			Falla proveeduría	Falta definición del Acance	Clima	
			Meta									%	Condicion									
COLADO DE MUROS SEGUNDA ALTURA	Greivin Arroyo	100								0									100	1		
ARMADO Y FORMALITEO MUROS AZOTEA	Greivin Arroyo	100																	100	1		
COLADO ENTREPISO AZOTEA NIVEL 0+10.500	Greivin Arroyo	100																	100	1		
OBRA FALSA PARA LOSA DE DUCTO	Greivin Arroyo	100								1									100	1		
TRABAJOS PREVIOS VIGAS W12X14	Greivin Arroyo	100																	100	1		
ESCALERA METALICA DE EMERGENCIAS	Greivin Arroyo	20																	20	1		
TAPIA DE MAMPOSTERIA	Greivin Arroyo	25																	25	1		
RESANES DE MUROS N 0+3.500 - N 0+7.000	Greivin Arroyo	75																	75	1		
COLADO DE CONTRAPISO ENTRE EJES A-D/1-12	Greivin Arroyo	100												1					0	0		
PARQUEOS Y ZONA EXTERIOR	Greivin Arroyo	15								1									0	0		
										Σ	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	PAC	80

Figura 41: Plan semanal semana 20.

Fuente: Autoría propia (2020).

Actividad	Encargado	% Porcentaje	Semana 21							Causas de No Cumplimiento								Evaluación Metas					
			19-oct	20-oct	21-oct	22-oct	23-oct	24-oct	25-oct	Actividad Predecesora	Falta materiales	Falta Diseño	Falta Mano obra	Falta equipo - herramienta	Mal rendimiento	Falla subcontratista	Falla proveeduría			Falta definición del Acance	Clima u Otras		
			Meta								% Ejecutado	Condicion											
ARMADO Y FORMALITEO MUROS AZOTEA	Greivin Arroyo	100																	100	1			
COLADO DE MUROS AZOTEA	Greivin Arroyo	100										1							0	0			
OBRA FALSA PARA LOSA DE DUCTO	Greivin Arroyo	100											1						0	0			
LOSA DE DUCTO ELEVADOR	Greivin Arroyo	100									1			1					0	0			
COLADO DE CONTRAPISO ENTRE EJES A-D/1-12	Greivin Arroyo	100															1		0	0			
ESTRUCTURA ENTRE EJES 7 - 12 Y A - E	Greivin Arroyo	20																	50	1			
ESTRUCTURA ENTRE EJES 2 - 7 Y C - E	Greivin Arroyo	20																	50	1			
GRADAS N 0+3.500 - N 0+7.000	Greivin Arroyo	0																	0	1			
ARMADO DE PLACA Y PEDESTALES	Greivin Arroyo	100									1					1			50	0			
COLADO DE FUNDACIONES	Greivin Arroyo	100									1					1		1	0	0			
ARMADO Y PEGADO DE BLOCKS	Greivin Arroyo	80															1		80	1			
ARMADO DE VIGA	Greivin Arroyo	100																	100	1			
RESANES DE MUROS N 0+3.500 - N 0+7.000	Greivin Arroyo	100																	100	1			
RESANES DE MUROS N 0+0.700 - N 0+12.000	Greivin Arroyo	0																	0	1			
BASE	Greivin Arroyo	0																	0	1			
											Σ	-	2	1	1	-	2	-	2	1	3	PAC	60

Figura 42: Plan semanal semana 21.

Fuente: Autoría propia (2020).

Actividad	Encargado	% Porcentaje	Semana 22							Causas de No Cumplimiento								Evaluación Metas					
			26-oct	27-oct	28-oct	29-oct	30-oct	31-oct	1-nov	Actividad Predecesora	Falta materiales	Falta Diseño	Falta Mano obra	Falta equipo - herramienta	Mal rendimiento	Falla subcontratista	Falla proveeduría			Falta definición del Acance	Clima u Otras		
			Meta																		% Ejecutado	Condicion	
COLADO DE MUROS AZOTEA	Didier Acuña	100																		100	1		
OBRA FALSA PARA LOSA DE DUCTO	Didier Acuña	100																		100	1		
LOSA DE DUCTO ELEVADOR	Didier Acuña	100																		100	1		
TERMINACION MURO D Y VIGA VT5	Didier Acuña	100																		100	1		
ESTRUCTURA ENTRE EJES 7 - 12 Y A - E	Didier Acuña	85																		90	1		
ESTRUCTURA ENTRE EJES 2 - 7 Y C - E	Didier Acuña	85																		90	1		
RESOLDADO Y ACABADO DE PINTURA ESTRUCTURA	Didier Acuña	25																		50	1		
COLOCACIÓN DE CUBIERTA Y HOJALATERÍA	Didier Acuña									1										-1	0		
ARMADO DE PLACA Y PEDESTALES	Didier Acuña	25									1							1		25	1		
COLADO DE FUNDACIONES	Didier Acuña	25									1							1		25	1		
ARMADO Y PEGADO DE BLOCKS	Didier Acuña	75																		75	1		
ARMADO DE VIGA	Didier Acuña	100																		100	1		
COLADO DE VIGA	Didier Acuña	100																		100	1		
GRADAS N 0+3.500 - N 0+7.000	Didier Acuña	100																		100	1		
ESCALERA MONO DEL N 0+7.000 AL N 0+10.500	Didier Acuña	0																		-1	0		
RESANE DE GRADAS	Didier Acuña	0								1										-1	0		
RESANES DE MUROS N 0+0.700 - N 0+12.000	Didier Acuña	0								1										-1	0		
RESANES DE MUROS EXTERIORES	Didier Acuña	40																		50	1		
PULIDO DE PISOS DE CONCRETO	Didier Acuña	0																	1	-1	0		
BASE DEL PARQUEO	Didier Acuña	0										1							1	-1	0		
COLADO DE CONTRAPISO ENTRE EJES A-D/1-12	Didier Acuña	0																	1	-1	0		
LIMPIEZA Y COLOCACION DE LASTRE	Didier Acuña	100																		100	1		
SELLO DE TUBERIAS EJES A-D/1-12	Didier Acuña	100																		100	1		
											Σ	3	-	2	1	-	1	1	-	2	4	PAC	69,56521739

Figura 43: Plan semanal semana 22.

Fuente: Autoría propia (2020).

En esta semana, se presentaron varias situaciones, la primera es que se dio un cambio en el maestro de obras del proyecto, esto por un reacomodo del personal de la empresa.

Para la semana 22, se comprometieron a realizar 23 tareas, sin embargo, se lograron

ejecutar, tal y como se comprometió, tan solo 16, es decir, el programa de trabajo no cumplió con su objetivo, el cual es acoplarse a la capacidad de trabajo de la cuadrilla y mantener un buen rendimiento de este.

Actividad	Encargado	% Porcentaje	Semana 23								Causas de No Cumplimiento								Evaluación Metas					
			2-nov	3-nov	4-nov	5-nov	6-nov	7-nov	8-nov	Actividad Predecesora	Falta materiales	Falta Diseño	Falta Mano obra	Falta equipo - herramienta	Mal rendimiento	Falla subcontratista	Falla proveeduría	Falta definición del Acance			Clima u Otras			
			Meta																			% Ejecutado	Condicion	
RESOLDADO Y ACABADO DE PINTURA ESTRUCTURA	Didier Acuña	100																			1	100	1	
ARMADO Y PEGADO DE BLOCK (ORDEN DE CAMBIO)	Didier Acuña	100																				100	1	
COLADO Y FORMALLETADO DE VIGA TERMINAL	Didier Acuña	100																				100	1	
ESCALERA MONO DEL N 0+7.000 AL N 0+10.500	Didier Acuña	90																				90	1	
RESANES DE MUROS EXTERNOS	Didier Acuña	30																		1		30	1	
COLOCACION DE TUBERIA Y CAJAS DE REGISTRO	Didier Acuña	100																				100	1	
SUBBASE	Didier Acuña	100																				100	1	
												Σ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	PAC	100

Figura 44: Plan semanal semana 23.

Fuente: Autoría propia (2020).

La semana siguiente se comprometieron 8 tareas y se ejecutaron las 8, es decir, se tuvo un PAC del 100 %, pero esto puede no ser representativo, ya que la capacidad de trabajo de

la cuadrilla en otras semanas ha sido mayor al ejecutar mayor número de tareas.

Actividad	Encargado	% Porcentaje	Semana 24							Causas de No Cumplimiento							Evaluación Metas				
			9-nov	10-nov	11-nov	12-nov	13-nov	14-nov	15-nov	Actividad Predecesora	Falta materiales	Falta Diseño	Falta Mano obra	Falta equipo - herramienta	Mal rendimiento	Falla subcontractista			Falla proveeduría	Falta definición del Acance	Otras
			Meta																		% Ejecutado
COLOCACIÓN DE CUBIERTA Y HOJALATERÍA	Didier Acuña	50																		50	1
ESCALERA MONO DEL N 0+7.000 AL N 0+10.500	Didier Acuña	100																		100	1
RESANE DE GRADAS	Didier Acuña	33																		40	1
REPELLO DE MURO DE TAPIA	Didier Acuña	100																		100	1
EXCAVACIÓN DE FUNDACIONES	Didier Acuña	50																		50	1
ARMADO DE PLACA Y PEDESTALES	Didier Acuña	50																		50	1
ESTRUCTURA METÁLICA	Didier Acuña	50													2					25	0
RESANES DE MUROS EXTERNOS	Didier Acuña	25																		25	1
RESANES DE BUQUES DE VENTANAS Y PUERTAS	Didier Acuña	50																		75	1
AJUSTE DUCTO ELEVADOR	Didier Acuña	50																		50	1
															2					PAC	90

Figura 45: Plan semanal semana 24.

Fuente: Autoría propia (2020).

Actividad	Encargado	% Porcentaje	Semana 25							Causas de No Cumplimiento							Evaluación Metas					
			16-nov	17-nov	18-nov	19-nov	20-nov	21-nov	22-nov	Actividad Predecesora	Falta materiales	Falta Diseño	Falta Mano obra	Falta equipo - herramienta	Mal rendimiento	Falla subcontractista			Falla proveeduría	Falta definición del Acance	Otras	
			Meta																			% Ejecutado
COLOCACIÓN DE CUBIERTA Y HOJALATERÍA	Didier Acuña	50																			35	0
RESANE DE GRADAS	Didier Acuña	80																			80	1
EXCAVACIÓN DE FUNDACIONES	Didier Acuña	100																			100	1
ARMADO DE PLACA Y PEDESTALES	Didier Acuña	100																			100	1
COLADO DE FUNDACIONES	Didier Acuña	0														1					0	1
ESTRUCTURA METÁLICA	Didier Acuña	80													4						80	1
RESANES DE MUROS EXTERNOS	Didier Acuña	50																			50	1
RESANES DE BUQUES DE VENTANAS Y PUERTAS	Didier Acuña	100																			100	1
AJUSTE DUCTO ELEVADOR	Didier Acuña	50																			70	1
VENTENERÍA Y ALUMINIO FACHADAS	Didier Acuña	20																			20	1
COLADO DE CONTRAPISO ENTRE EJES A-D/1-12	Didier Acuña	0																			0	1
SELLADO DE PAREDES DE CONCRETO	Didier Acuña	0																			0	1
																					PAC	91.66666667

Figura 46: Plan semanal semana 25.

Fuente: Autoría propia (2020).

Actividad	Encargado	% Porcentaje	Semana 25						Causas de No Cumplimiento							Evaluación Metas							
			22-nov	23-nov	24-nov	25-nov	26-nov	27-nov	28-nov	Actividad Predecesora	Falta materiales	Falta Diseño	Falta Mano obra	Falta equipo - herramienta	Mal rendimiento			Falla subcontractista	Falla proveeduría	Falta definición del Acance	Otras		
			Meta																			% Ejecutado	Condicion
COLOCACIÓN DE CUBIERTA Y HOJALATERÍA	Didier Acuña	95																				95	1
RESANE DE GRADAS	Didier Acuña	50																				50	1
RESOLDADO Y ACABADO DE PINTURA ESTRUCTURA	Didier Acuña	90																				90	1
RESANES DE MUROS EXTERNOS	Didier Acuña	50													1							50	1
RESANES DE MUROS N 0+0.700 - N 0+12.000	Didier Acuña	95													1							95	1
VENTENERÍA Y ALUMINIO FACHADAS	Didier Acuña	20														1						20	1
BASE	Didier Acuña	50																				0	0
																						PAC	85.71428571

Figura 47: Plan semanal semana 26.

Fuente: Autoría propia (2020).

Actividad	Encargado	% Porcentaje	Semana 25							Causas de No Cumplimiento							Evaluación Metas					
			30-nov	1-dic	2-dic	3-dic	4-dic	5-dic	6-dic	Actividad Predecesora	Falta materiales	Falta Diseño	Falta Mano obra	Falta equipo - herramienta	Mal rendimiento	Falta subcontratista			Falta proveeduría	Falta definición del Acance	Otras	
			Meta																		% Ejecutado	Condicion
COLOCACIÓN DE CUBIERTA Y HOJALATERÍA	Didier Acuña	100																		100	1	
RESANE DE GRADAS	Didier Acuña	100																		100	1	
BARANDAS Y PASAMANOS EN HN	Didier Acuña	25																		0	0	
COLOCACIÓN DE GRADAS DE EMERGENCIA	Didier Acuña	50																		50	1	
RESANES DE MUROS N 0+0.700 - N 0+12.000	Didier Acuña	100																		100	1	
PULIDO DE PISOS DE CONCRETO	Didier Acuña	0																	1	0	1	
VENTENERÍA Y ALUMINIO FACHADAS	Didier Acuña	75																		75	1	
SELLADO DE PAREDES DE CONCRETO	Didier Acuña	0																	1	0	1	
DETALLADO GENERAL	Didier Acuña	50																		60	1	
BASE	Didier Acuña	50																		100	1	
									Σ	-	-	1	-	-	1	-	-		2	-	PAC	90

Figura 48: Plan semanal semana 27.
Fuente: Autoría propia (2020).

Durante estas últimas cuatro semanas, se mejoró el procedimiento para elaborar el programa semanal, se trabajó en la semana con el maestro de obras del proyecto para su elaboración y se presentó durante la reunión semanal de trabajo. De esto, se dio una mejora en la implementación y, por ende, los resultados estadísticos del PAC y CNC.

Porcentaje de Actividades Completas (PAC).

A partir de las entrevistas del diagnóstico, se determinó que un PAC de más del 85 % es excelente (verde), valores entre 85 % a 70 % es buen desempeño, mientras que un PAC por debajo de 70 % es un mal desempeño, como se muestra a continuación:

Evaluación del PAC*		
PAC	PAC >85%	Verde
PAC	85% >	Amarillo
PAC	70% >	Rojo

Figura 49: Evaluación del PAC.
Fuente: Autoría propia (2020).

Para cada una de las semanas, se calculó el PAC, como se muestra a continuación:



CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.
PORCENTAJE DE ACTIVIDADES COMPLETADAS
Proyecto 063

Proyecto	EDIFICIO ROXROVA
Fecha de revisión	15-nov

SEMANA	Tareas Comprometidas	Tareas Realizadas	%PAC
Semana 18	7.0	6.0	86%
Semana 19	7.0	6.0	86%
Semana 20	10.0	8.0	80%
Semana 21	15.0	9.0	60%
Semana 22	23.0	16.0	70%
Semana 23	8.0	8.0	100%
Semana 24	10.0	9.0	90%
Semana 25	12.0	11.0	92%
Semana 26	7.0	6.0	86%
Semana 27	10.0	9.0	90%

Evaluacion del PAC*		
PAC	PAC >85%	█
PAC	85% > PAC > 70%	█
PAC	70% > PAC	█

Figura 50: Porcentaje de actividades completas.
Fuente: Autoría propia (2020).

Como ya se mencionó anteriormente, entre las semanas 21 y semana 22, se dio un cambio entre el encargado del proyecto, esto es una de las posibles causas de que el PAC estuviese por debajo del 70 %, lo cual es un mal rendimiento. Otra de las posibles causas es que el número de tareas asignadas fue mucho mayor a la capacidad de trabajo de la cuadrilla y crea que tareas queden sin ejecutarse por falta de mano de

obra. También, puede deberse a las otras CNC, que más adelante se detallaran.

Otra cálculo que se hizo fue el determinar el PAC, esto con el fin de determinar el estado del proyecto y poder realizar el gráfico de la figura 52.



CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.
PORCENTAJE DE ACTIVIDADES COMPLETADAS ACUMULADAS
Proyecto 063

Proyecto	EDIFICIO ROXROVA
Fecha de revisión	15-nov

SEMANA	% PAC	% PAC ACUMULADO	%PAC MÍNIMO	ESTADO DEL PROYECTO
28-sep	85.71	85.71	70	85.71
5-oct	85.71	85.71	70	85.71
12-oct	80.00	83.81	70	83.81
19-oct	60.00	77.86	70	77.86
26-oct	69.57	76.20	70	76.20
2-nov	100.00	80.17	70	80.17
9-nov	90.00	81.57	70	81.57
16-nov	91.67	82.83	71	82.83
23-nov	85.71	83.15	71	83.15
30-nov	90.00	83.84	71	83.84
Promedio				82.09

Evaluacion del PAC*		
PAC	PAC >85%	█
PAC	85% > PAC > 70%	█
PAC	70% > PAC	█

Figura 51: Porcentaje de Actividades Completas Acumuladas.
Fuente: Autoría propia (2020).

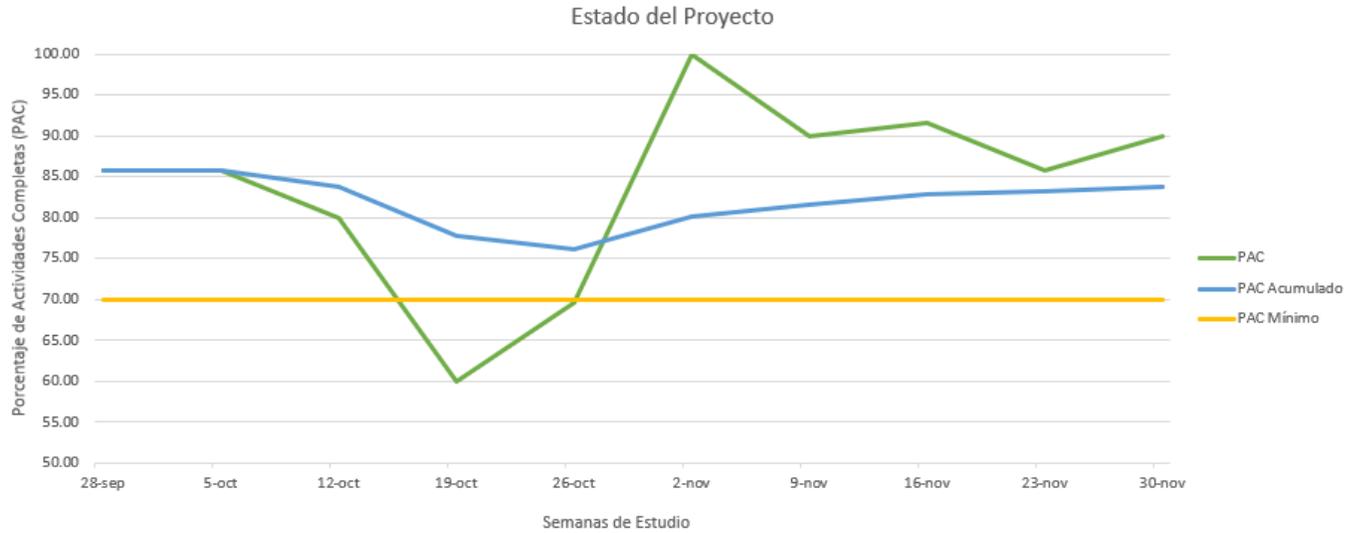


Figura 52: Gráfico del estado del proyecto a partir del PAC.
Fuente: Autoría propia (2020).

Del gráfico anterior, se puede destacar que el proyecto ha tenido un buen rendimiento durante las semanas de estudio, a pesar de los problemas antes descritos en las semanas 21 y 22. Además, el promedio de actividades completadas es superior al 80 %, por lo que es alto para ser una técnica que requiere de tiempo para su implementación total.

Causas de No Cumplimiento

A partir de lo anterior, se determinó para cada una de las semanas del estudio, esto se hizo durante las reuniones semanales, para determinar

los problemas que estaban afectando al proyecto, se muestran los siguientes gráficos para todas las semanas:

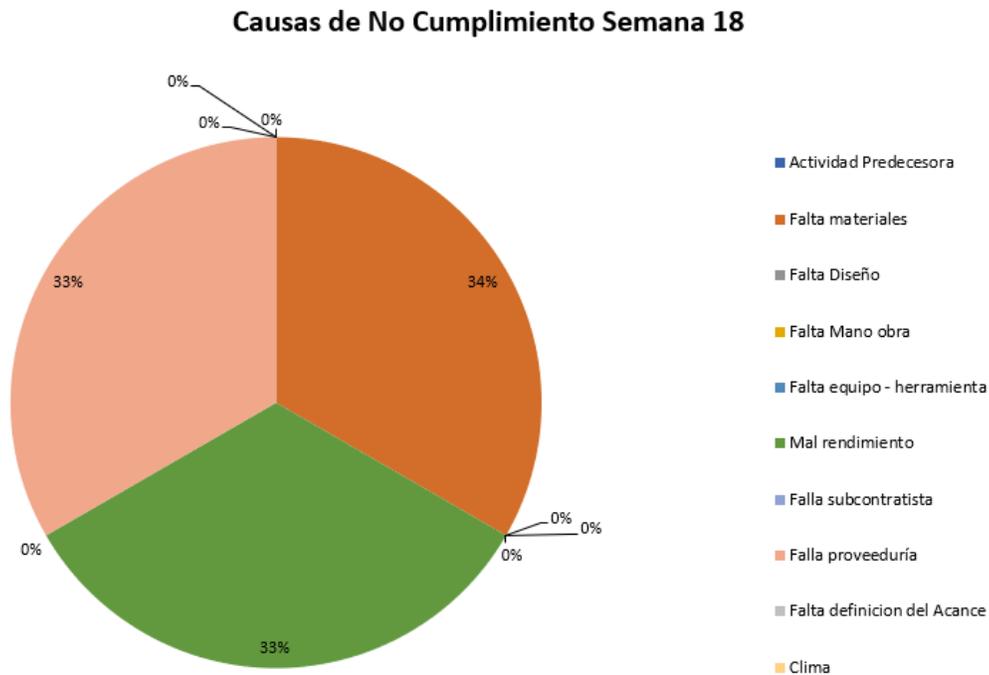


Figura 53: Gráfico de las CNC para la semana 18.
Fuente: Autoría propia (2020).

En la semana 18, se tuvo que las CNC fueron de falta de materiales, mal rendimiento y falla en la proveeduría, ya que, aunque se planificaron los recursos, el proveedor de la empresa no logró cumplir con el plazo de entrega para los materiales.

Causas de No Cumplimiento Semana 19

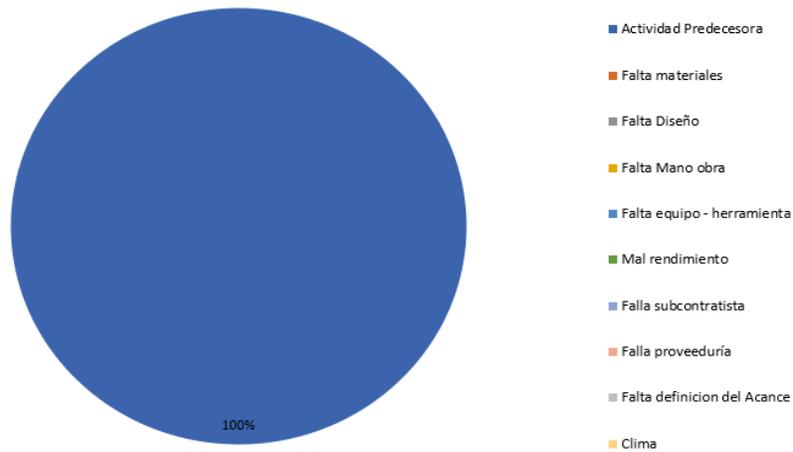


Figura 54: Gráfico de las CNC para la semana 19.
Fuente: Autoría propia (2020).

Causas de No Cumplimiento Semana 20

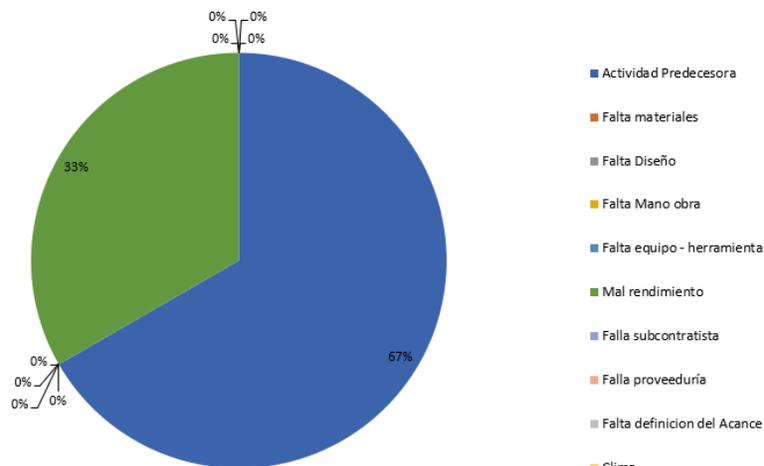


Figura 55: Gráfico de las CNC para la semana 20.
Fuente: Autoría propia (2020).

Para las dos semanas siguientes, la principal causa fue la actividad predecesora, debido a atrasos en el levantamiento de restricciones.

Causas de No Cumplimiento Semana 21

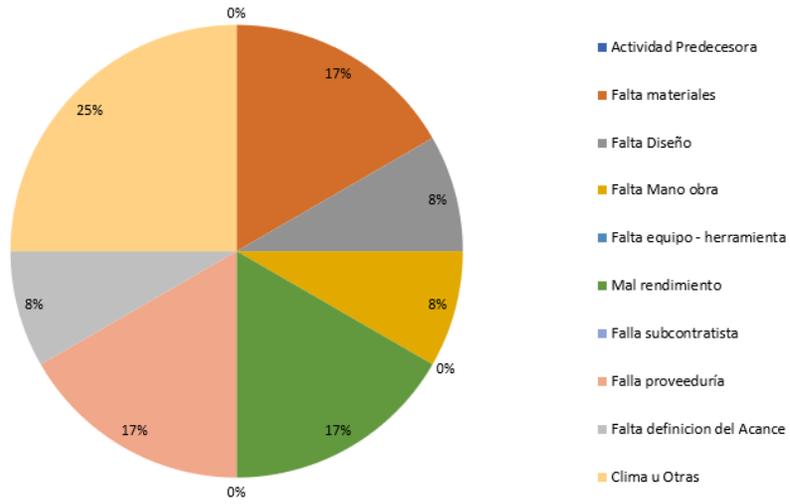


Figura 56: Gráfico de las CNC para la semana 21.
Fuente: Autoría propia (2020).

Causas de No Cumplimiento Semana 22

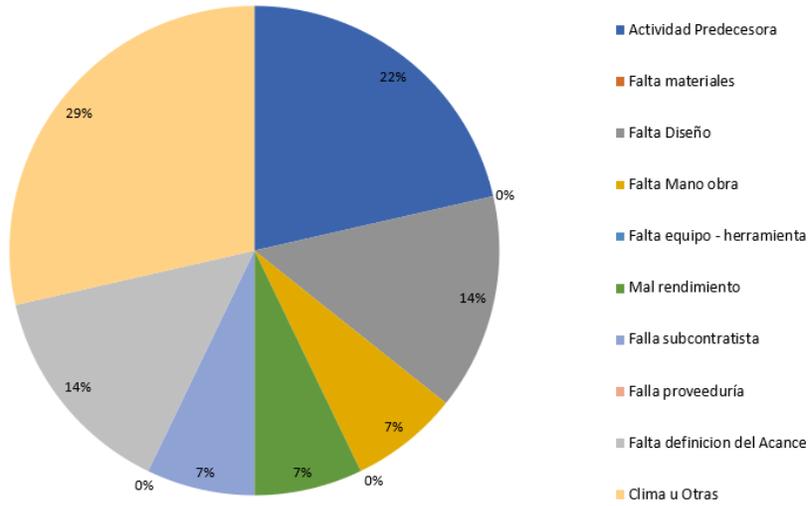


Figura 57: Gráfico de las CNC para la semana 22.
Fuente: Autoría propia (2020).

Causas de No Cumplimiento Semana 23

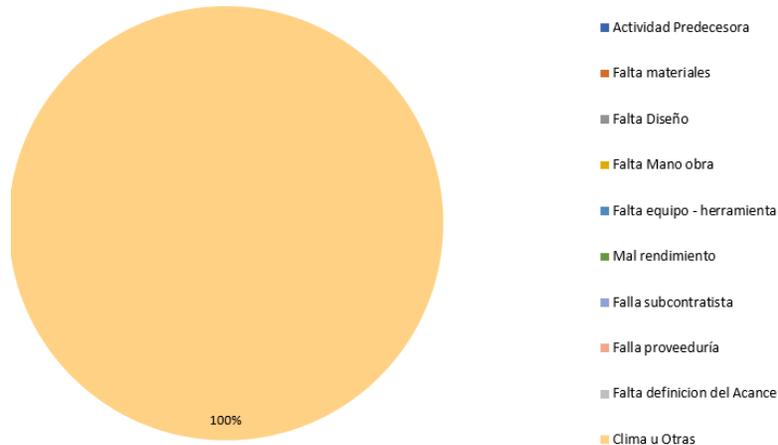


Figura 58: Gráfico de las CNC para la semana 23.

Fuente: Autoría propia (2020).

Esta semana fue particular, en el estudio de CNC, ya que se trató de la semana donde el país se vio afectado indirectamente por el huracán Eta, siendo una situación de fuerza mayor y afectó

en mayor medida, ya que se estaba en la colocación de la estructura de techo.

Causas de No Cumplimiento Semana 24

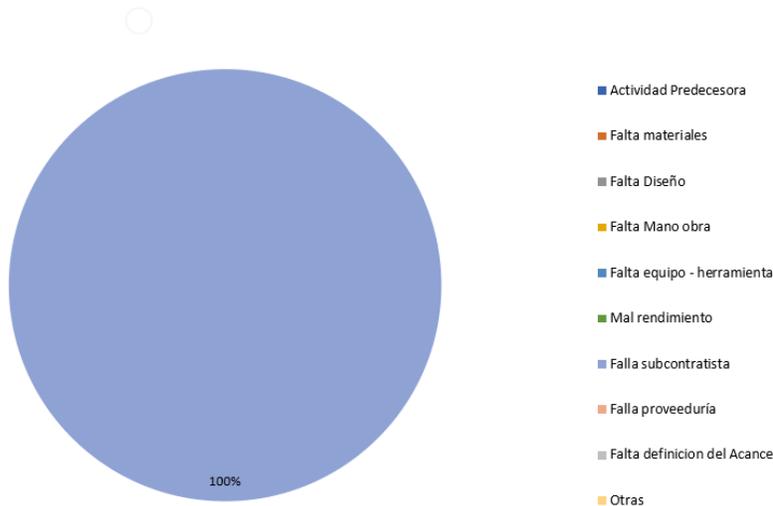


Figura 59: Gráfico de las CNC para la semana 24.

Fuente: Autoría propia (2020).

Causas de No Cumplimiento Semana 25

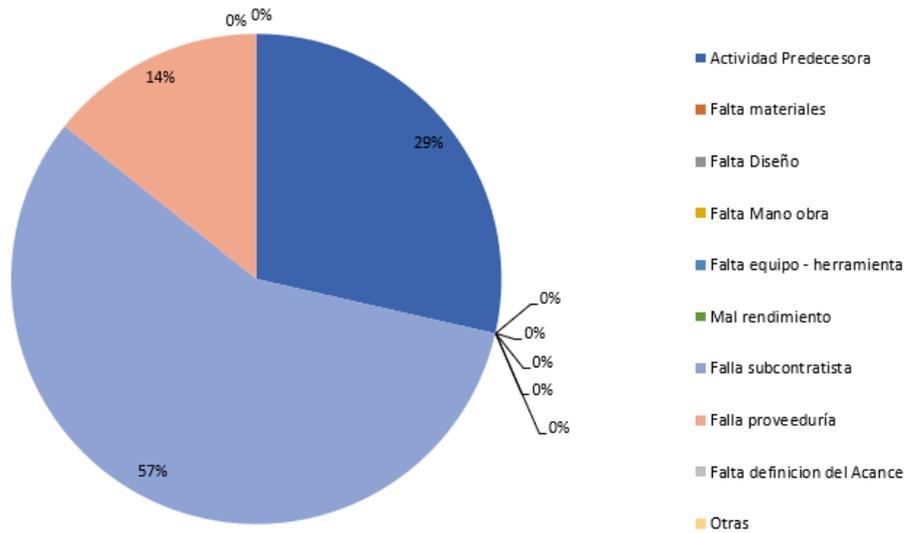


Figura 60: Gráfico de las CNC para la semana 25.
Fuente: Autoría propia (2020).

En la semana 24 y 25 de ejecución, se presentaron problemas en el flujo de trabajo, debido a fallas en los subcontratistas, que van desde la falta de

mano de obra, falta de equipo o falla de estos u otras razones que están por fuera de este estudio.

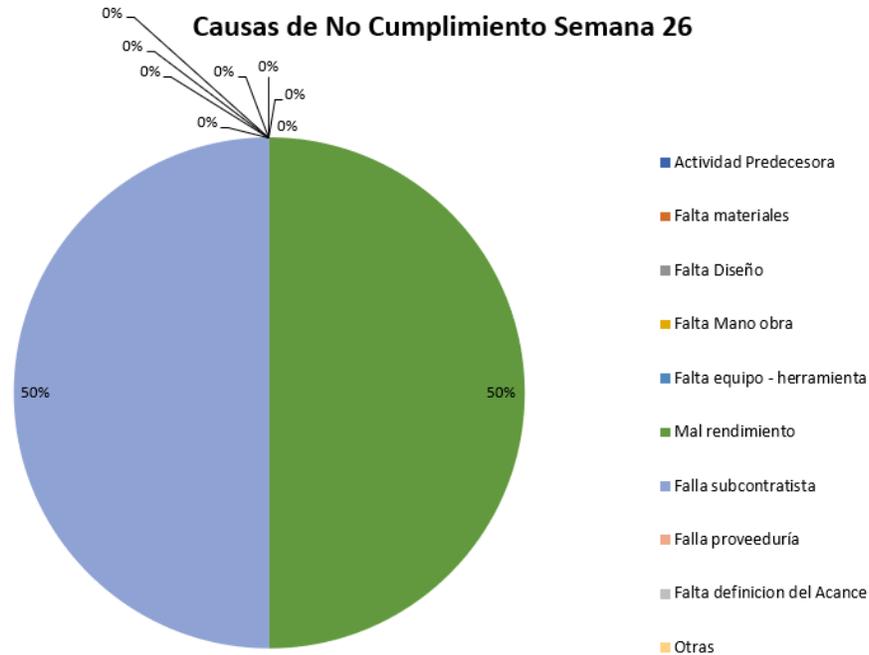


Figura 61: Gráfico de las CNC para la semana 26.
Fuente: Autoría propia (2020).

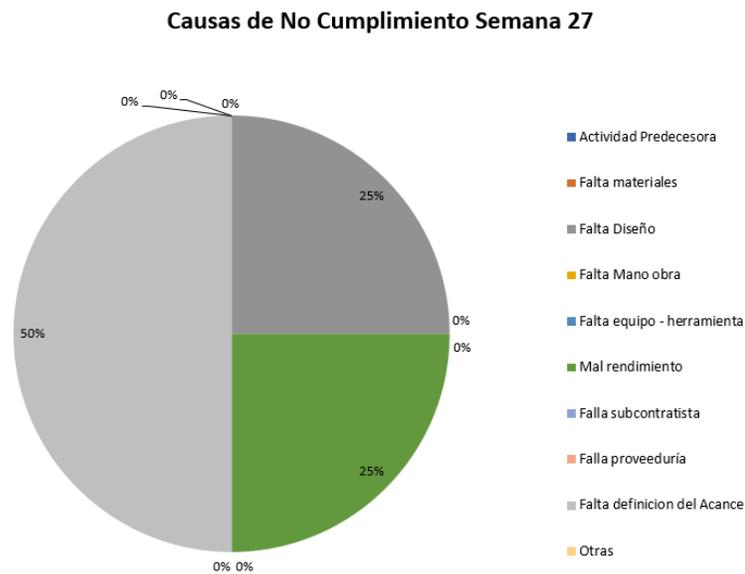


Figura 62: Gráfico de las CNC para la semana 27.
Fuente: Autoría propia (2020).

En la semana 27 y cierre de estudio, se presentó que la actividad “Baranda y pasamanos escalera de Emergencias”, presentó un atraso, debido a la falta de diseño por parte del arquitecto, por lo que CIVIL Desarrollo e Ingeniería tuvo que presentar un diseño y someterlo a aprobación,

unido a esto, se dio la causa de falta de definición del alcance, ya que no se sabía si la empresa tenía que realizarlo o iba ser realizada en subcontrato.

	CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.
	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO ACUMULADAS
	Proyecto 063

Proyecto	EDIFICIO ROXROVA
Fecha de revisión	15-nov

Semana	Causas de No Cumplimiento									
Descripción	Actividad Predecesora	Falta materiales	Falta Diseño	Falta Mano obra	Falta equipo - herramienta	Mal rendimiento	Falla subcontratista	Falla proveeduría	Falta definición del Alcance	Clima u Otras
SEMANA 18	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
SEMANA 19	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SEMANA 20	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0
SEMANA 21	0	2	1	1	0	2	0	2	1	3
SEMANA 22	3	0	2	1	0	1	1	0	2	4
SEMANA 23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
SEMANA 24	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
SEMANA 25	2	0	0	0	0	0	4	1	0	0
SEMANA 26	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0
SEMANA 27	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0
Total	9	3	4	2	0	8	9	4	5	10

Figura 63: Resumen de las CNC para todo el proyecto.
Fuente: Autoría propia (2020).

Con la figura 64, se determina que la principal causa es el clima, ya que se trata de la temporada de lluvias y huracanes del país, por lo

que es normal que, durante los días, se presenten altas precipitaciones con fuertes vientos, lo que genera atrasos en actividades al aire libre.

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO ACUMULADAS

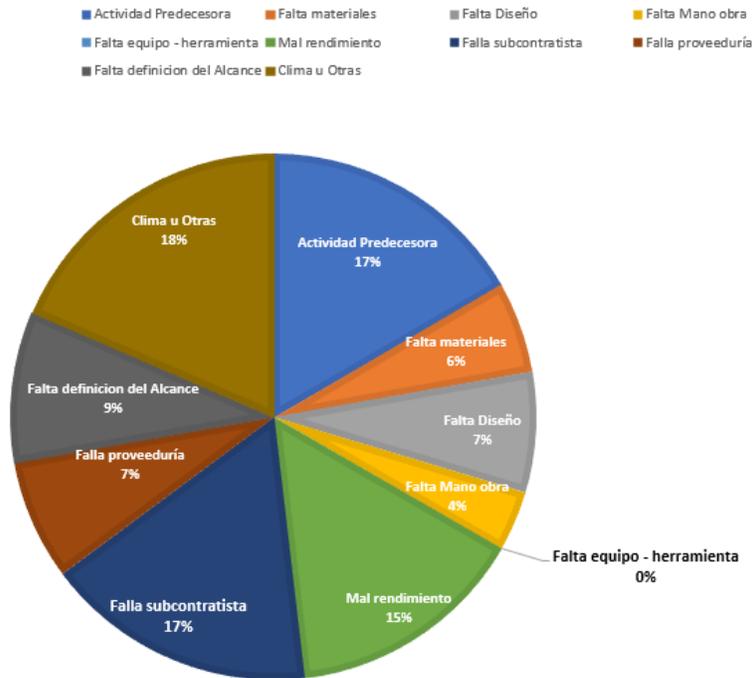


Figura 64: Gráfico Resumen de las CNC para todo el proyecto.

Fuente: Autoría propia (2020).

Otra de las causas más importantes es la dependencia o atrasos en las actividades predecesoras, lo que causa que, si la actividad depende de otra, no pueda iniciar hasta que su actividad predecesora concluya. Por último, se destaca que no se han sufrido problemas, debido a la falta de equipo o de herramienta, pero, si se han presentado atrasos por mal rendimiento de la cuadrilla, estos atrasos se dieron principalmente en las semanas 21 y 22, causados por la modificación del encargado y cambios en las cuadrillas de trabajo.

Capacitaciones y grado de aceptación

Como parte de la fase de implementación y validación del procedimiento, se generó la guía metodológica que se encuentra en la sección de apéndices como apéndice 3, la cual es una guía de usuario en la cual explica paso a paso cómo se generan los formularios del “Last Planner”, así

como aspectos que se deben tener en cuenta para realizarlos.

Con esta guía, se realizó la capacitación para la Ingeniera de Campo, la Ing. Jhoselyn Araya, a cargo del proyecto de remodelación de las bodegas Almafisa. En estas capacitaciones, se mostró y suministró la guía metodológica “Last Planner”, se explicó en detalle cada uno de los formularios y hojas que se deben realizar, también se les mostraron los resultados obtenidos de la implementación en el proyecto Roxrova.

Por otro lado, en paralelo a las capacitaciones realizadas, se realizó la siguiente encuesta, la cual fue realizada tanto a las ingenieras Jhoselyn Araya, como al Ing. Gustavo Ruiz.

Encuesta:

1. ¿Cuál es su opinión acerca de la metodología implementada en el proyecto Roxrova?
 - De gran utilidad para llevar el control del avance del proyecto. Puede ser una herramienta muy eficiente en el manejo del personal y mejorar de esta manera el rendimiento.

- Excelente. Me parece fundamental la aplicación de esta herramienta de Lean Construction en nuestra empresa.

2. ¿Cómo calificaría el proyecto implementado?

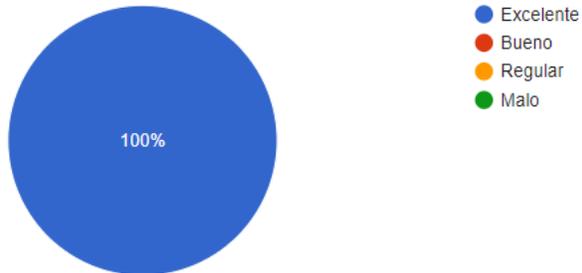


Figura 65: Pregunta 2 Encuesta de implementación
Fuente: CIVIL Desarrollo e Ingeniería (2020).

3. ¿Los resultados de la implementación son los esperados? ¿Lo utilizaría?

- Sí, debe usarse en la empresa, en el próximo proyecto idealmente.
- Sí. Desde luego, debería aplicarse a todos los proyectos de la empresa.

4. A partir de los resultados del proyecto y la guía metodológica, ¿qué aspectos mejoraría y cuáles destacaría?

- Todo muy bien. Me parece de muy fácil manejo, y accesible para los usuarios de la metodología.
- La implementación general en todos los proyectos de la empresa. Destaco el orden de la guía y la facilidad de implementación si se conoce la teoría. Falta inducción.

5. A partir de los resultados del proyecto y la guía metodológica, ¿qué aspectos considera como limitaciones del proyecto?

- Se requiere de un plan maestro para iniciar, y no siempre se cuenta con este desde el inicio de los proyectos.
- La falta de profundidad en la aplicación de "Last Planner" hacia todos los subcontratos presentes.

Análisis de limitaciones

Por último, dentro de la fase de validación, se decidió agregar un análisis para las posibles limitaciones o riesgos asociadas con el proyecto:

- Subcontratistas

De las principales limitaciones es el tema de que actualmente los subcontratistas están fuera de la programación, lo que causa que algún problema o atraso que presente la actividad afectara la metodología, a su vez, no se tienen planificadas las actividades que realicen, por lo que las actividades que tenga una precesora que dependan del subcontratista pueden presentar problemas, si no se toman en cuenta los subcontratistas a la hora de planificar.

- Falta personal y tiempo

Otra limitación para implementar esta metodología en una pyme es que, según la teoría de "Last Planner", debería existir la figura de Ingeniero Residente y Coordinador "Last Planner" a la vez, sin embargo, en la empresa, esto, de momento, no es posible, ya que se tiene poco personal de campo y su tiempo se dedica a las funciones de Ingeniero Residente, por lo que el implementarlo sería un recargo de trabajo para todo el personal.

- Falta experiencia

Uno de los principales problemas al implementar una teoría es la falta de experiencia de los usuarios.

- Procesos de aprobación

Los procesos de aprobación dentro de la metodología hacen que dependan de terceros para ser ejecutados, en este caso, existen procesos de aprobación como se ve en el diagrama de flujo de la figura 30, en la empresa analizada estos dependen de la gerencia técnica encabezada por el Ingeniero Pablo Villalobos.

- Falta de procedimiento

Si bien es cierto, la guía metodológica y los formatos diseñados son herramientas que guían al usuario durante su ejecución, hace falta que, desde la gerencia administrativa, se genere el procedimiento que guíe los pasos para la implementación y doten de obligatoriedad al proceso ligado con el "Last Planner".

Análisis de resultados

El proyecto tuvo como objetivo implementar la metodología “Last Planner” para la planificación y control de los proyectos de la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería, para lograr lo anterior, se desarrollaron 4 fases de estudio, donde se analizan y destacan los siguientes hallazgos.

Como primera fase, se desarrolló el análisis de la situación actual de la empresa, siguiendo el objetivo específico 1 del proyecto. En este análisis, se estudiaron los procesos de planificación y control en 5 diferentes aspectos, los cuales son plazo, alcance, costo, recursos y calidad. Para ambos procesos, se determinó que la calidad no está siendo parte de estos, debido a que la empresa está en proceso de crear su propio sistema de gestión de calidad, por lo que los temas relacionados con este aspecto no están siendo ni planificados ni controlados durante la ejecución.

Para el proceso de planificación, se determinó que, para el plazo, no se tiene en todos los proyectos un cronograma de ejecución, esto se estableció por medio de visitas a proyectos y entrevistas a los encargados.

Para la implementación de “Last Planner”, es fundamental contar con un cronograma, ya que esta metodología parte de un plan maestro para su conformación, esto es una de las consideraciones que se deben tener en cuenta.

La empresa maneja actualmente dos tipos de contrato los cuales son el contrato por monto fijo, en el cual se establece desde el inicio un precio para la realización del proyecto, se define el alcance y el riesgo es asumido por la empresa constructora, mientras el otro tipo de contrato utilizado es el contrato por administración, en el cual el cliente realiza un reembolso a la empresa de los costos tanto de materiales y de mano de obra, además de un monto por la administración del proyecto, en este caso, el alcance no está tan definido y puede variar a lo largo del proyecto. Lo anterior hace que los proyectos con el segundo

tipo de contrato sean más susceptibles a cambios en el alcance y variaciones en el precio, por lo que se debe tener en cuenta cuando se planifique un proyecto el tipo contrato y si se tiene el alcance definido al 100 % o puede variar en el camino.

Con respecto a los recursos, su planificación es poca o nula en los diferentes proyectos visitados durante las semanas del informe diagnóstico, esto se debe a que el personal está recargado de otras funciones y planificar recursos y/o mano de obra se vuelve tarea imposible.

Para los costos, se realiza para la presentación de la oferta una tabla de desglose de presupuesto, detallando qué incluye y qué no la oferta presentada, si el proyecto es aprobado, este presupuesto se realiza de manera detallada por el departamento a cargo, tal y como se ve en el diagrama de flujo de la figura 3.

Como ya se mencionó, el principal problema descrito fue la falta de cronograma en ciertos proyectos, lo que provoca que el implementar el “Last Planner” dependa aun de más tiempo y de mayor involucramiento del gerente del proyecto al tener que revisar y aprobar este cronograma o plan maestro.

Del diagrama de flujo de la figura 3, se determinó que el proceso de planificación es el mismo para los diferentes proyectos sin importar si es licitación privada, contratación directa, Integrated Project Delivery (IPD) y Building Design (BD), en este proceso, se cuantifica y elabora el presupuesto aproximado, junto con una definición preliminar del alcance y plazo, con esto, se genera la oferta que se va a presentar al cliente. Una vez aprobado, se da la planificación al detalle antes descrita.

Ahora, para el proceso de ejecución y control, se analizó que existe una reunión semanal en los proyectos, sin embargo, esta reunión es de inspección por lo que existen más involucrados que no deben ser parte de la reunión de LPS, por

ello, se debe generar una reunión el mismo día de la de inspección u otro día, pero debe ser separada a la de inspección.

Como ya fue mencionado, los temas de calidad y de recursos, de momento no son controlados por la falta de personal, no obstante, a futuro, deben ser consideradas para poder garantizar un estándar de calidad mucho mayor.

El tema del alcance se controla en obra a través de la tabla de desglose del presupuesto, para determinar qué está dentro y qué está por fuera del proyecto, además de órdenes de cambio para gestionar las variaciones durante el proyecto. A pesar de lo anterior, se determinó que existe una debilidad al no generar una Estructura de Desglose de Trabajo (EDT), lo que puede causar problemas si el ingeniero a cargo no tiene presente el alcance del proyecto.

Por último, uno de los problemas que se identificaron es que actualmente los costos se controlan con un informe de control de costos mensual, sin embargo, este informe se asocia más a los gastos del proyecto y no a un tema de costos, pues son recursos que ya fueron ejecutados y no existe un control entre lo planificado vs lo gastado.

Con el diagrama de flujo de control, se sabe que existen, además de los procesos antes descritos, una reunión mensual con el cliente para discutir aspectos como el alcance, costos y recursos, con respecto al alcance se presentan todas las órdenes de cambio para su aprobación o rechazo, mientras para el tema de costos y plazo se presentan las tablas de avance, por último, dependiendo de si es el contrato por administración se le presentan informes de los recursos que generalmente son curvas S.

Todo lo anterior con respecto a procedimientos realizados en la empresa, unido a estos procesos, la empresa cuenta con varias herramientas para la planificación y el control, entre estas herramientas están:

- Cronograma

En la figura 17, se puede ver el formato que se utiliza en la empresa para la elaboración del cronograma, en este, se da una identificación de las principales actividades divididas por entregables, así como una duración en semanas, sin embargo, en este cronograma, no se logra identificar la ruta crítica del proyecto, dependencia entre las tareas, posibles restricciones o riesgos que tengan las tareas, por lo que este debió ser

adaptado y mejorado para poder utilizarlo dentro de la metodología "Last Planner".

- Órdenes de cambio

El formato de órdenes de cambio es el que se muestra en la figura 6, en este, se describe y cuantifican los cambios solicitados por el cliente, su representante o la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería, en este caso, no es necesario realizar algún cambio, debido a que cumple con su objetivo y dentro de la metodología "Last Planner" se utilizó como un procedimiento auxiliar de control de la ejecución y posibles cambios dentro de la misma.

- Solicitud de información

Otro de las herramientas que se utilizaron como procedimiento auxiliar a la metodología planteada fue la solicitud de información descrita en la figura 7 y figura 8, no fue necesario realizarle algún cambio, debido a que cumple con el objetivo.

- Tabla de desglose de presupuesto.

Con respecto al presupuesto, lo que se realiza, como ya se mencionó, es un presupuesto aproximado para presentar la oferta inicial, una vez aprobada la oferta, este se realiza de forma detallada y, posteriormente, se da la formalización de la tabla de desglose de presupuesto, para "Last Planner", este desglose es claro, ya que de acá sale el plan maestro que se genera para cada uno de los proyectos.

- Tabla de avance y control de costos.

Estas tablas surgen de las reuniones de inspección, dentro de las mejoras planteadas es que el porcentaje de avance que se presenta se obtiene ahora a partir del cronograma o plan semanal y este proviene de un análisis de todo el equipo de trabajo, por lo que cobrado es realmente lo ejecutado.

Una vez obtenido el diagnóstico de la situación actual de la empresa, se realizó la primera encuesta, en la cual se realizó para determinar el nivel de conocimiento que se tiene en la empresa en el tema de planificación y cómo se implementa, en esta, se tuvo participación de los 3 ingenieros de la empresa.

Al analizar la respuesta de la pregunta 2, se observa una tendencia a asociar la planificación de proyectos, con el concepto de organizar previamente a la fase de ejecución todos los

aspectos importantes para llevarse a cabo, además, se destaca que los entrevistados utilicen el concepto de programación y la planificación como sinónimos, sin embargo, la planificación es un término más amplio y que incluye más detalles que el concepto de programar, por lo que no deben ser utilizados como sinónimos, ya que la programación está dentro de la planificación y no al revés.

Dentro de la organización, se cree que la planificación tiene una alta importancia dentro de la empresa, unido a esto también se determinó que el tipo de contrato tiene igual grado de importancia, por medio de entrevistas y observación, se determinó que los contratos poseen un gran detalle de información y aspectos fundamentales para la planificación, no obstante, por temas de confidencialidad de la empresa, estos no pueden ser mostrados.

Las técnicas mencionadas en la empresa se basan en una mezcla de lo establecido tradicionalmente por el PMBook como lo es diagrama de Gantt, ruta crítica, programación de recursos y programación lineal, con nuevos métodos de planificación como lo son "Lean Construction" y sus diferentes herramientas. Es importante que los miembros de la empresa tengan la intención de implementar nuevas herramientas y aún más técnicas de "Lean Construction", ya que facilita su adaptación e implementación.

Además de las herramientas que antes se mencionaron, como son cronograma, órdenes de cambio, etc., dentro de la empresa, se han utilizado herramientas como programación lineal (LSM), tablas de valor ganado, ingeniería de valor y el software O4Bi como sistema para generar diferentes formatos de control.

Existe uniformidad de opinión que debe darse un proceso integral entre los conceptos de calidad, plazo, recursos, alcance y costos a la hora de su planificación para esto se está trabajando en diferentes procedimientos, iniciando con la implementación de "Last Planner" hasta culminar con el nuevo sistema de gestión de calidad.

Por último, con respecto al "Last Planner", los encuestados manifestaron esperar algunos beneficios al aplicar esta técnica entre estos están: mejora en la ejecución y planificación de proyecto, compromiso de las personas, integración a la toma de decisiones por medio de los mandos medios y mejorar en el tema de planificación de recursos.

Una vez obtenido el diagnóstico de la empresa, se procedió a realizar un análisis de brecha cualitativa para comparar las buenas prácticas establecidas en "Last Planner" con las prácticas utilizadas en la empresa que antes han sido descritas, lo anterior a partir del objetivo 2 del trabajo de investigación.

Del cuadro 1, se puede analizar que, para el plan maestro, el cronograma general de obra que se realiza en la planificación detallada cumple con lo establecido en la teoría, por lo que no se debe generar algún cambio para este proceso.

Con respecto al plan intermedio y sus herramientas, como lo son el análisis de restricciones y el inventario ejecutable de tareas, la empresa no los realiza ni tiene una base de la que partir para su creación, por lo que acá se tuvo que crear y desarrollar los formatos a partir de la teoría e ir implementándolos hasta optimizarlos, este plan se estableció que se realizaría cada 5 semanas para poder dar un mayor rango a la planificación. Lo anterior resultó de entrevistas y de observar las técnicas de trabajo actuales, ya que con 5 semanas da un rango para posibles cambios y adaptaciones a problemas que afecten la planificación.

La reunión semanal, que se realiza actualmente, es una reunión de inspección por lo que hay más involucrados, como lo son el cliente, su representante, el Ingeniero Estructural, Ingeniero Eléctrico, Mecánico o Electromecánico, proveedores y subcontratistas. Es decir, en esta reunión, no se podrían ver temas como la asignación de responsabilidades, estadísticas de "Last Planner", entre otros aspectos, debido a esto, se generó una reunión los lunes, posterior a la inspección para el equipo de trabajo, en la cual se definían porcentajes metas para el programa semanal venidero, un encargado para la tarea, el cronograma semanal y el análisis de las estadísticas del proyecto.

Durante la reunión de inspección, uno de los aspectos fundamentales son la medición de control de avance, por lo que este aspecto se puede mantener de la misma manera que se realizaba, pues cumple con el objetivo de medir y controlar el avance del proyecto.

La planificación semanal siempre fue realizada por el maestro de obras encargado del proyecto, sin embargo, esto debe ser realizado por el ingeniero a cargo, por lo que, a partir de la implementación, se realizó semana a semana un

cronograma de trabajo semanal y se presentó durante la reunión semanal.

Las estadísticas de “Last Planner”, como el PAC y las CNC, son estadísticas que solo se utilizan en la metodología implementada, por lo que se generaron las herramientas y formatos para medir y graficar cada una de las estadísticas para las semanas de trabajo y las estadísticas acumuladas del proyecto, para determinar el estado del proyecto.

Una vez identificadas las buenas prácticas de la empresa y las buenas prácticas de la teoría, así como su acción a implementar, se generó la metodología “Last Planner”, en la cual se crearon los siguientes formatos o herramientas:

Plan maestro:

Este fue suministrado por la empresa, es un cronograma general de obra, por lo que las actividades se muestran sin detalle o desgloses muy amplios. Otra deficiencia encontrada es que no se detalla la relación entre las actividades y su debida dependencia, por último, también se tiene el problema en la duración, ya que se muestra en semanas, pero no se especifica cuánto se debe durar en cada una en específico.

De los puntos fuertes que posee es que se realiza a partir del contrato y presupuesto de la obra, por lo que presenta el alcance de obra de manera clara, además de que se adicionan en el cronograma las actividades que fueron generadas a partir de una orden de cambio para su posterior cuantificación y aprobación por el cliente y la empresa constructora, además que describe los principales hitos de la construcción.

Plan intermedio:

Del diagnóstico de la empresa, se determinó que, por la manera de trabajo de la empresa, se realizará en 5 semanas de trabajo, además de no considerar los subcontratos. Durante las 10 semanas de aplicación, se generaron 2 planes intermedios, donde se definieron tanto los encargados de las tareas como las restricciones que tenían cada una de las actividades.

Dentro de este plan, se encontró una deficiencia para la metodología implementada, ya que, aunque se encontraron qué actividades estaban dentro de esta planificación, no fueron ejecutadas durante las 5 semanas, debido a decisión del Gerente del Proyecto, por lo que estas actividades no entraron a la siguiente fase de planificación, como lo es el análisis de

restricciones e inventario ejecutable de trabajo. Un ejemplo de esto es el “COLADO DE CONTRAPISO ENTRE EJES A-D/1-12” que, según el cronograma, estaba programado para la semana 18, por lo que entra en el primer plan intermedio, pero fue postergado y ejecutado hasta semana 28, es decir, fue postergado por 10 semanas y pasó por dos planes intermedio sin ser ejecutado.

Análisis de restricciones:

Ahora bien, dentro de los principales resultados de este análisis fue que, para este proyecto, las principales restricciones que se encontraron fueron: al tratarse de un contrato por administración las decisiones de contratación y de diseño, pasan por la aprobación del dueño y del arquitecto, por lo que se atrasan las actividades por falta de diseño o falta de aprobación.

El clima es una de las principales restricciones, ya que el proyecto se ejecutó durante la temporada de invierno, junto a esto, en los meses de octubre y noviembre, el país se ve afectado indirectamente por la temporada de huracanes, lo que provocó atrasos en actividades como la estructura de techo y colocación de cubierta y hojalatería, por la afectación de las lluvias y de los fuertes vientos. Por último, la principal restricción es la dependencia entre las tareas, ya que, si una tarea depende de otra, esta no puede iniciar sin que la otra haya terminado.

Al realizar este análisis, se busca que cada una de las tareas se pueda ejecutar sin presentar ninguna causa de atraso y tener previsiones para evitar afectar el flujo de trabajo del proyecto, además que las actividades sin restricciones pasan al inventario ejecutable de trabajo.

Inventario ejecutable de trabajo

En este caso, el instrumento realizado se trata de una lista de actividades que pueden ser ejecutadas y semana a semana se va actualizando, para generar así el cronograma semanal, a partir de este inventario, se debe establecer, junto con el Maestro de Obras, el Gerente de Proyecto y el Ingeniero Residente, cuáles actividades se ejecutarán la semana siguiente, como se mencionó anteriormente se presentó una actividad que, aunque estaba dentro del inventario, no fue ejecutada hasta 10 semanas después, por decisión de la gerencia.

Plan semanal

Dentro de los principales beneficios de generar la metodología para la empresa, es que, antes de la implementación de esta, no se desarrollaba una programación semanal de trabajo, por lo que se dejaba esto en manos del Maestro de Obras, lo que generaba un mayor desorden en la ejecución de actividades, atrasos en actividades y problemas a la hora de considerar posibles restricciones asociadas con las actividades.

Parte de la implementación consistió en generar la reunión semanal de trabajo, en la cual se estudiaban el inventario ejecutable de trabajo y el plan intermedio, para determinar así las tareas que se realizaran la semana de trabajo. Además, se evalúan los dos insumos más importantes del LPS, los cuales son el PAC y las CNC, lo anterior para determinar situaciones que están afectando al proyecto y cómo pueden cambiar o disminuir su afectación.

El determinar para cada una de las actividades un porcentaje meta y un porcentaje ejecutado, logra establecer de manera aproximada el rendimiento y capacidad de trabajo de las cuadrillas, en este caso es una única cuadrilla. Otra ventaja de medir el porcentaje de avance es que así se asegura que las tablas de control de costos y tablas de avance presentadas al cliente posean el % de avance realmente ejecutado y medido semana a semana.

Como se mencionó en la sección de resultados, en la semana 21, la empresa realizó un reacomodo en su personal cambiando el Maestro de obras del proyecto, por lo que esta semana se dio un bajón en el rendimiento de la cuadrilla, esta causa no estaba considerada en las posibles causas de no cumplimiento, por lo que afectó los resultados de las estadísticas tanto de la que sucedió el cambio, así como la semana siguiente. Sin embargo, desde que este cambio se dio, el rendimiento del equipo de trabajo ha ido subiendo poco a poco, más adelante, se hablará de este tema.

Porcentaje de Actividades Completas:

El PAC, durante el periodo de estudio de 10 semanas, se mantuvo en promedio de 82,09 %, por lo que, según la teoría, se tiene una cuadrilla con buen rendimiento, sin embargo, se debe buscar a futuro mantener un PAC mayor al 85 %, sin embargo, como se observa en la figura 66, desde el cambio de personal del 19 de octubre, el rendimiento ha subido y se ha mantenido hasta lograr rendimientos excelentes, como lo son PAC de 90 %-100 %.

Otro punto importante es que se ha logrado mantener arriba del PAC mínimo, que es de 70 %, no obstante, es importante recalcar que un PAC del 100 % no indica solo un buen desempeño, puede ser un indicador de que la cuadrilla tiene mayor capacidad de trabajo a la que se le esta asignando, por lo que se debe revisar esto para evitar tener en el proyecto trabajadores ociosos, sin embargo, esto en el proyecto implementado no sucedió.

SEMANA	% PAC	% PAC ACUMULADO	%PAC MÍNIMO	ESTADO DEL PROYECTO
28-sep	85.71	85.71	70	85.71
5-oct	85.71	85.71	70	85.71
12-oct	80.00	83.81	70	83.81
19-oct	60.00	77.86	70	77.86
26-oct	69.57	76.20	70	76.20
2-nov	100.00	80.17	70	80.17
9-nov	90.00	81.57	70	81.57
16-nov	91.67	82.83	70	82.83
23-nov	85.71	83.15	70	83.15
30-nov	90.00	83.84	70	83.84
			Promedio	82.09

Figura 66: PAC semanal.

Fuente: CIVIL Desarrollo e Ingeniería (2020).

Lo que se mencionó anteriormente se puede ver de forma clara en el siguiente gráfico, donde se observa el buen rendimiento de la cuadrilla desde el cambio del personal y cómo se ha logrado mantener a partir de los diferentes planes semanales utilizados. En este caso, solo hay una cuadrilla, no obstante, a futuro, se puede realizar comparaciones entre las diferentes cuadrillas a partir del PAC para determinar cuál logra concluir y ejecutar más tareas en una semana de trabajo y, con esto, tomar decisiones y demás.

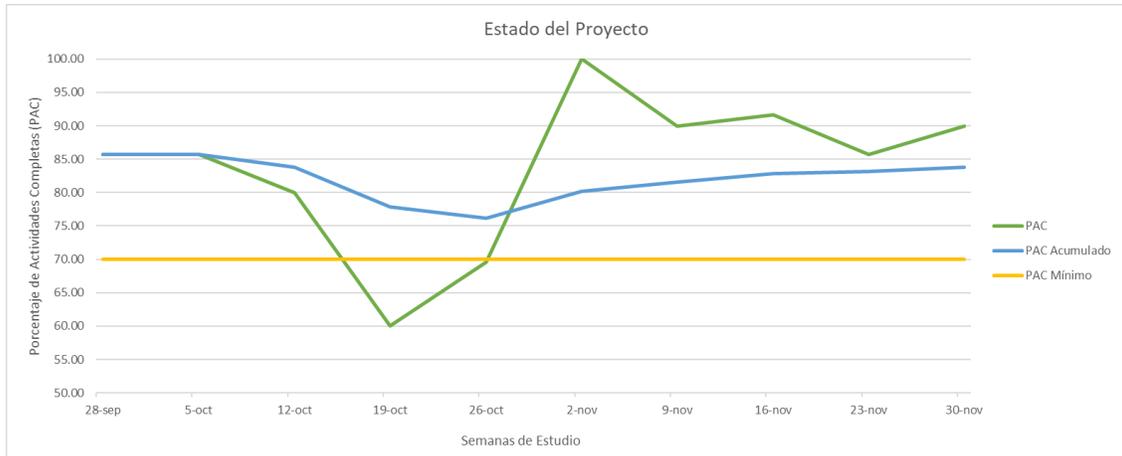


Figura 67: Gráfico PAC semanal.
Fuente: CIVIL Desarrollo e Ingeniería (2020).

Causas de No Cumplimiento:

Durante las 10 semanas de estudio, se desarrolló el análisis de CNC, en estas se analizó para las tareas que no se tuvo un 100 % de ejecutado con respecto a lo comprometido, en la figura 68, se nota que, para el proyecto analizado, la principal causa fue el clima, esto debido a que se ejecutó el proyecto durante invierno, es decir, se afectó por fuertes vientos y lluvias; la segunda

causa fue la dependencia de actividades con las predecesoras y, por último, las fallas de subcontratistas, debido a mala planificación propia, incumplimiento de plazo por parte de ellos y demás.

Descripción	Causas de No Cumplimiento									
	Actividad Predecesora	Falta materiales	Falta Diseño	Falta Mano obra	Falta equipo - herramienta	Mal rendimiento	Falta subcontratista	Falta proveeduría	Falta definicion del Alcance	Clima u Otras
Semana										
SEMANA 18	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
SEMANA 19	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SEMANA 20	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0
SEMANA 21	0	2	1	1	0	2	0	2	1	3
SEMANA 22	3	0	2	1	0	1	1	0	2	4
SEMANA 23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
SEMANA 24	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
SEMANA 25	2	0	0	0	0	0	4	1	0	0
SEMANA 26	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0
SEMANA 27	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0
Total	9	3	4	2	0	8	9	4	5	10

Figura 68: Resumen de CNC.
Fuente: CIVIL Desarrollo e Ingeniería (2020).

Una causa que no se presentó en el proyecto fue la falta de equipo y herramienta, esto debido a que la planificación de esta recae directamente en los ingenieros, por lo que fue bien

planificado, sin embargo, se consideró dentro de las opciones, ya que, en otros proyectos visitados, fue una causa de atrasos.

Ahora, en la figura 69, se describe porcentualmente la afectación de las causas para el proyecto, por ejemplo, el 15 % de las causas ha sido el mal rendimiento, esta es una causa interna del proyecto por lo que se tomó la decisión para contrarrestarla de cambiar la conformación de la cuadrilla asignando tareas puntualmente a individuos e indicándoles una fecha para

terminarla, para asegurar que den su máximo rendimiento.

El 17 % de las causas de no cumplimiento se debieron a subcontratistas, por lo que se decidió darles a partir de reuniones diarias, una semana o fecha para la culminación de las tareas y que no interrumpen el flujo de trabajo de la cuadrilla de la empresa.



Figura 69: Causas de No Cumplimiento.

Fuente: CIVIL Desarrollo e Ingeniería (2020).

Una causa que afectó en sobremanera el proyecto y no se contempló durante la elaboración de la herramienta fue el cambio en el personal del proyecto, esta debe ser añadida y contemplada para próximos proyectos como un aspecto de mejora a esta metodología.

El diagrama de flujo de “Last Planner”, se desarrolló para mayor entendimiento de la herramienta en la empresa y una forma de resumir la manera en la que se debe desarrollar en un proyecto.

Al implementar esta herramienta en la empresa, vino a satisfacer vacíos que tenía la empresa en tema de planificación, por ejemplo, la falta de un programa semanal de trabajo que asegure el flujo de trabajo y evite tiempos muertos, debido a la falta de trabajo, cumpliendo así con

eliminar las pérdidas debido a esperas, que es un objetivo al aplicar el “Lean Construction”.

Otro de los objetivos de aplicar “Lean Construction” es eliminar las pérdidas por falta de inventario y movimiento, esta se eliminó, ya que de la mano del “Last Planner” se planificaron los pedidos de material y equipo, reduciendo así los atrasos debido a la falta de estos. Los reprocesos se evitaron gracias a las reuniones semanales de trabajo, en las cuales se identificaron dudas del equipo de trabajo y se buscó darles una solución, sea interna o consultando a los consultores del proyecto.

Mientras que el tema de pérdidas debido a esfuerzos se redujo a una optimización del diseño de sitio, cambios en el control de bodega y otras herramientas, no obstante, está fuera del alcance

de la práctica y fue realizado como un proceso en paralelo a la implementación.

Luego del desarrollo de la metodología durante 10 semanas, se puede concluir que se mejoró el flujo tanto de materiales, al planificar semanalmente los pedidos, el flujo de información al promover la reunión semanal de trabajo y todo el equipo de trabajo conozca del estado del proyecto y, por último, el flujo de recursos, ya que estos fueron planificados durante los programas semanales de trabajo y acomodados de personal y equipo, es decir, se cumplió con el principal objetivo de implementar una herramienta “Lean Construction”, tal como se menciona en el marco teórico.

Para lograr implementar esta metodología, se siguió la estrategia antes descrita, en la cual se seleccionó el proyecto Roxrova, debido a que era el proyecto de mayor área durante la fase de selección, la cantidad de subcontratistas involucrados y el tipo de contrato.

Uno de los puntos fuertes del “Last Planner” es que sirve como una herramienta de control de proyecto, esta fue utilizada para garantizar el control del alcance, pues, al ser un proyecto por administración, este varía con cada reunión de inspección y se debe tener una herramienta que permita adaptarse a los cambios solicitados rápidamente.

Con respecto a los subcontratistas, se manejaron a partir del plan intermedio y el análisis de restricciones, definiendo así actividades que tengan dependencia con actividades realizadas por los subcontratistas, así como establecer fechas para terminación de las tareas.

Al aumentar el área del proyecto, la altura del edificio y demás, se utilizó la herramienta para evitar problemas, debido a la falta de equipo, herramientas, recursos y demás, planificando las tareas semanalmente y presentando el estado del proyecto, semana a semana al equipo de trabajo.

Como parte de la estrategia de implementación, se dio el proceso de validación, el cual consistió en las visitas realizadas al proyecto durante las 14 semanas del semestre, desde el 31 de agosto hasta el 31 de noviembre del 2020.

Para la validación de esta metodología, se realizaron a lo largo de estas una serie de entrevistas con los encargados del equipo y, a la

vez, pequeñas encuestas para determinar el éxito o aceptación del proyecto. Primeramente, se trabajó en la elaboración de los diferentes formatos a utilizar, los cuales fueron sometidos a aprobación tanto por el gerente técnico como gerente administrativo, de estas reuniones salieron las herramientas finales antes presentadas, posteriormente, se desarrolló los diferentes niveles de planificación siempre aprobados por el gerente y el resto del equipo de trabajo.

Dentro de esta fase, se agregó tanto una reunión semanal ya antes citada, se implementó una reunión diaria con el Maestro de Obras, para aclarar dudas con el alcance, dudas con el programa de trabajo semanal o, en general, llevar un flujo de trabajo en conjunto.

Otra forma de validación fue el presentar semanalmente los resultados estadísticos del proyecto, esto se hizo con el fin de cambiar y contrarrestar todas aquellas CNC antes mencionadas y el rendimiento de las cuadrillas se utilizó para determinar qué trabajadores presentaban mayor habilidad para ciertos trabajos, por ejemplo.

Otra fase de la validación consistió en la fase de capacitación, la cual fue realizada partir de la guía metodológica que se encuentra en los apéndices (ver apéndice 3), a partir de esta guía y un proceso de acompañamiento la Ingeniera Jhoselyn Araya, implementará en el proyecto de remodelación de Bodegas Almafisa el “Last Planner”, lo anterior con la aprobación del gerente técnico de la empresa. Durante esta capacitación, se realizó una inducción al “Lean Construction” y “Last Planner”, posteriormente, una guía en la herramienta, indicando aspectos a considerar, buenas prácticas y consejos de cómo implementar cada uno de los niveles de implementación.

Por otro lado, se realizó la encuesta para determinar el grado de aceptación, esta fue realizada a dos ingenieros de la empresa, en la cual se mostraron satisfechos por los resultados obtenidos de implementar una herramienta “Lean Construction” en el proyecto Roxrova, siendo esta una herramienta de planificación y control.

Como ya se mencionó, la herramienta ha tenido una calificación de excelente, gracias a ello, se va a implementar próximamente en el proyecto de Almafisa y así sucesivamente hasta implementarlo en todos los proyectos.

Las últimas preguntas consistieron en consultar aspectos de mejora y limitaciones, con

respecto a mejoras para la guía metodológica desarrollada, se concentraron en aumentar en la inducción de los temas, debido a posibles problemas por la falta de experiencia en el tema. Las limitaciones que se encuentran es la dependencia de la aprobación para ciertos niveles de planificación y también el no incluir los subcontratistas dentro del “Last Planner”.

La última fase de la estrategia de implementación se trató de un análisis de limitaciones encontradas durante la implementación, la primera y más clara de las limitaciones fue separar de la planificación realizada a los subcontratistas, esta es, en realidad, una limitación solicitada por la empresa, ya que, en este momento, no les interesa que sean parte de esta, sin embargo, a futuro no se descarta esta posibilidad.

La falta de personal y tiempo se considera como una limitación, puesto que provoca que, en proyectos donde el ingeniero tiene a cargo muchas labores, tiende a priorizar otras tareas antes de realizar procedimientos como lo puede ser el “Last Planner”. Al no tener un procedimiento que establezca la obligatoriedad del proceso, se genera otra limitación hasta que el gerente administrativo o el nuevo sistema de gestión de calidad lo establezca.

También, existe una limitación debido a que los usuarios, en este caso ingenieros, no tienen experiencia implementando “Last Planner”, por lo que se debe generar un proceso de acompañamiento durante las primeras semanas de puesta en marcha. La última es la necesidad de aprobación por parte de la gerencia técnica de los niveles de planificación, por lo que se depende del tiempo que disponga el Gerente Técnico para aprobar y definir los diferentes planes.

Conclusiones

A partir del diagnóstico de la empresa, se determinó que dentro de los procesos de planificación existe un faltante en la programación semanal de trabajo, lo que genera que haya fallas o atrasos en actividades al no planificar la semana de trabajo.

Al igual que la programación semanal, existe un faltante en la planificación de los recursos, lo que provoca que el proyecto se atrase o afecte, debido a falta de materiales, equipos u herramientas, así como falta de personal, debido a que no se planifica el flujo de mano de obra.

En el proceso de control, se identificó que no existía la reunión semanal de trabajo y únicamente se realizaba la reunión de inspección, esto generaba problemas de comunicación en el proyecto, falta de definiciones de alcance, problemas de diseño y problemas en la planificación de recursos.

La empresa posee un cronograma de obra que representa de manera general la ejecución de la obra, las herramientas de control de obra, como minutas, órdenes de cambio, solicitud de información y solicitud de aprobación de materiales, se utilizaron como insumos base para generar la herramienta para implementar el “Last Planner System” en la empresa.

El “Last Planner” representa una opción factible para una pyme, como es el caso de CIVIL Desarrollo e Ingeniería, considerando las condiciones de la empresa y sus buenas prácticas, a su vez, utilizando herramientas como Microsoft Excel®, que no signifiquen una inversión en software para las empresas

Para el desarrollo de la metodología “Last Planner”, se tuvo que realizar todas las herramientas desde la base teórica e ir implementándolas y optimizando su utilización.

El plan maestro funciona como una guía para la elaboración del “Last Planner”, debe contener información del alcance, principales hitos y entregables del proyecto, duración y dependencia entre actividades.

Del plan intermedio, se obtiene uno de los principales insumos para las reuniones semanales y el LPS, el cual es el análisis de restricciones para el que se determina la restricción, se define una fecha que debe estar resuelto y el encargado de levantar esta restricción.

El plan semanal debe ser impulsado en la reunión semanal previa a partir del inventario ejecutable de trabajo y conversaciones para determinar la capacidad de trabajo para la cuadrilla.

Las reuniones semanales son un insumo para la implementación de esta técnica, por lo que debe realizarse un día en específico, que puede ser lunes o, en su defecto, el día de inspección, además de que se deben generar reuniones diarias para alinear y guiar a los trabajadores de campo en sus labores específicas, mejorando así la comunicación dentro del proyecto.

El porcentaje de actividades completas del proyecto en promedio es del 82 %, por lo que se tiene una cuadrilla con buen desempeño, comparado con lo establecido por Botero y Álvarez (2005), donde establecen que, para un 80 % de porcentaje de actividades completas, es un buen desempeño.

El cambio de personal en el proyecto durante la semana del 19 octubre del 2020 afectó los datos estadísticos del proyecto, debido a que, bajo el rendimiento de la cuadrilla de trabajo, y, con esto, el PAC se mantuvo por debajo del valor mínimo del 70 % establecido por la teoría como valor mínimo aceptable.

Las causas de no cumplimiento se deben estudiar cada semana y buscar una solución para cada una de ellas en la medida de lo posible. Así, la CNC que más afectó el proyecto fue el clima, ya que, al ser ejecutado en temporada de invierno, esta no puede ser contrarrestada al ser de fuerza mayor. La falta de equipo y herramienta no se presentó en el proyecto.

Al generar la estrategia de implementación, se determinó, por medio de las entrevistas, que, dentro de la empresa, se tiene un

grado de aceptación alto por parte de los ingenieros, además, se va a lograr desarrollar el procedimiento en otro proyecto que está siendo ejecutado por la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería.

La principal limitación de la metodología fue impuesta por la empresa al no considerar dentro del procedimiento a los subcontratistas, mientras que la segunda limitación en importancia encontrada es el tema de la experiencia, ya que el personal a cargo del procedimiento no posee la experiencia para aplicar en utilizar esta técnica.

Recomendaciones

La Junta Directiva de CIVIL Desarrollo e Ingeniería deberá considerar incluir dentro de la metodología “Last Planner” la planificación y control de aspectos de calidad y recursos, ya que, de momento, están por fuera de la metodología implementada, además, debe involucrar esta herramienta lean en su nuevo sistema de gestión de calidad.

Se recomienda a la gerencia técnica incluir a los subcontratistas dentro del sistema, para un mayor involucramiento de los encargados medios en la toma de decisiones y evitar atrasos por falta de levantar restricciones a tiempo.

La empresa debe generar una cultura de capacitación constante donde brinde, haciendo uso de charlas y capacitaciones, la información de diferentes técnicas, metodologías y herramientas, supliendo así la falta de experiencia de los ingenieros e ingenieras.

Es importante para cada proyecto que realice la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería realizar una serie de entrevistas con los diferentes involucrados para determinar diferentes posibles causas de no cumplimiento, además de las mencionadas en el trabajo realizado.

Se recomienda al ingeniero del proyecto valorar dividir las cuadrillas de trabajo en dos o más para tener una comparación interna, promoviendo una sana competencia para mejorar así el rendimiento del proyecto.

Apéndices

Apéndice 1: Informe diagnóstico

Apéndice 2: Diagrama de flujo

Apéndice 3: Guía para la implementación

Apéndice 4: Resultados Proyecto piloto: Roxrova.

Apéndice 1:
Informe diagnóstico:



**Informe Diagnóstico: Planificación de Proyectos.
Setiembre, 2020**

Objetivo:

Realizar un análisis de la situación actual de la planificación de los proyectos de la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería.

En este diagnóstico se analizarán los siguientes componentes para determinar la situación actual de la empresa:

Características de la empresa.

CIVIL Desarrollo e Ingeniería es una empresa relativamente nueva en el mercado de construcción, la cual se especializa en la administración de proyectos de construcción a nivel nacional, donde se busca un servicio personalizado para cada uno de los clientes.

a. Socios:

CIVIL Desarrollo e Ingeniería surgió a partir de la idea de dos profesionales de fundar su propia empresa constructora, por lo que decidieron ser socios y plasmarlo como realidad. El Ing. Luis Gustavo Ruiz Cano (MBA) consiguió implementar el ISO 9001:2015 siendo Gerente de Calidad en la empresa donde laboró antes, actualmente, se desempeña como Gerente o Director Administrativo, mientras el Ing. Pablo César Villalobos Elizondo es el encargado de la Gerencia Técnica, esto gracias a los años de experiencia donde se desarrollado como Director y Gerente de Proyectos constructivos, por lo que es el encargado de la de ejecución y control de estos.

b. Experiencia:

La empresa inició labores en 2018, por lo que actualmente tiene aproximadamente 2 años de experiencia en el mercado, sin embargo, gracias a que sus socios directores cuentan con vasta experiencia, se ha logrado posicionar como una empresa pyme mediana.

c. Mercado meta:

Consiste en toda aquella obra de diseño, construcción o remodelación de proyectos de uso comercial, residencial e industrial. Por las características de la empresa, la experiencia de los socios directores y el éxito que se ha logrado hasta el momento en los diferentes proyectos desarrollados debería enfocarse a proyectos de mayor envergadura, que incluyan mayor complejidad y a futuro entrar a procesos de licitación de obra pública para competir con empresas con características similares.

d. Proyectos ejecutados:

La empresa ha desarrollado aproximadamente un total de 7000 m² a lo largo de 11 proyectos que han desarrollado, por citar algunos ejemplos de estos proyectos han sido:

- i. **Comercial:** Remodelación BN Valores (635 m²). Oficentro el Tobogán, San José
- ii. **Residencial:** Residencia Bohorquez Callejas, diseño y construcción (240 m²). La Ceiba, Alajuela.
- iii. **Industrial:** Parqueo Fincas Filiales 4 y 5, diseño y construcción (4280 m²). Zona Franca COYOL. El Coyol, Alajuela.

e. Proyectos en ejecución:

Actualmente, la empresa está en un proceso de crecimiento y está desarrollando proyectos de más área de construcción, lo que significa nuevos retos para la empresa, entre estos proyectos en fase de ejecución están:

- **Comercial:** Edificio ROXROVA (990m²). Sabana Sur, San José. En ejecución.
- **Residencial:** Residencia Soto Sauma (507m²). Santa Ana, San José. En ejecución

d. Servicios

Dentro de los servicios que ofrece la empresa están:

- Diseño y tramitología.

- Administración de proyectos.
- Construcción por modalidad contrato monto fijo y/o gastos reembolsables (administración).
- Rehabilitaciones y remodelaciones.
- IPD (Integrated Project Delivery).
- Consultoría en gestión comercial de proyectos.
- BIM Management.

Es decir, mezcla los servicios tradicionales asociados a una empresa constructora, con servicios que buscan innovar en el mercado y diferenciarse de sus competidores, como son los proyectos BIM o IPD.

e. Organigrama

Se trata de una mediana empresa constructora, con el siguiente organigrama:



Figura 1: Organigrama de la empresa CIVIL.

Fuente: CIVIL Desarrollo e Ingeniería (2020)

Actualmente, la empresa maneja una planilla de 11 trabajadores directos por lo que se determina que es una empresa pequeña en su organigrama, sin embargo, ha podido desarrollar proyectos gracias a la capacidad de trabajo de sus socios y demás trabajadores.

La planificación de los proyectos es responsabilidad del Gerente Técnico, sin embargo, en algunos aspectos como en el tema de alcance y calidad son temas en los que el Ing. Ruiz se encarga. Por otro lado, el tema de costos y utilidades es un tema que se toman decisiones en conjunto.

Debido al organigrama actual de la empresa, existe una dependencia a los subcontratos desde mano de obra, equipos y tareas más especializadas (sistemas electromecánicos, ascensores, aire acondicionado y demás), que debe ser tomada en cuenta para la planificación de proyectos y para la implementación de “Last Planner” en la empresa.

A continuación, se muestran algunas observaciones que se han tomado en campo o por medio de entrevistas, para el organigrama anterior, la mayoría de los puestos están ocupados por personal que cuenta experiencia para ocuparlos, sin embargo, hay un puesto que, actualmente, no está siendo ocupado directamente por nadie, este es el puesto o encargado de la proveduría. Esto significa que personal técnico (ingenieros) deban realizar este proceso y, a su vez, sea auxiliado por personal administrativo, el cual puede no estar capacitado para esto.

Un problema que puede presentarse, al no existir un encargado directo de la proveduría es que actualmente los ingenieros están siendo juez y parte, no existe una persona que supervise o controle lo que se pide en proyectos comparado con lo que se tenía presupuestado y se pueda incurrir en sobrecostos o problemas en el flujo de caja.

Otro de los problemas que puede causar que no exista un encargado del tema, es que, a futuro, un ingeniero residente o la persona que realiza el proceso se centre en un único proveedor

por un tema de intereses y no realice el proceso como debe de ser y se vea beneficiado por esta relación en beneficios o dineros asociados a las de compras.

Además de que, al no existir un equipo de proveeduría, se manejan los proyectos por separado, por lo que, en ocasiones, hay semanas de trabajo donde se piden diferentes productos de un mismo proveedor, donde, si se manejara todo de una manera centralizada, se lograrían reducir costos al solicitar cotizaciones por mayor volumen de material y disminuir costos de transporte debido a que hay menos viajes.

Lo anterior se vuelve importante en compras, donde, por ejemplo, son de uso estandarizado para los diferentes proyectos como lo puede ser los equipos menores, desgastarles, equipos de protección personal y alquileres de equipo, en los que podrían negociarse precios para toda la empresa durante un periodo de tiempo y con esto definir los mejores precios.

Al existir un faltante de proveeduría, no se puede estandarizar el proceso de pedido y de compra de materiales, donde, por ejemplo, se utilice un día de la semana para coordinar pedidos de X proveedor, logrando, como se mencionó, un mejor costo, al aumentar los pedidos, también se debe considerar que, actualmente, los pedidos se realizan cuando existe una necesidad en los proyectos, esto se debe cambiar desde la planificación semanal de recursos, ya que así no se depende de los materiales para avanzar en el proyecto y, con esto, se logra reducir las pérdidas asociadas con tener la mano de obra detenida por la faltante de recursos y los tiempos de espera asociados.

Con respecto a las cotizaciones, actualmente, el proceso de comparar diferentes proveedores y buscar el mejor precio o condiciones si se realiza, sin embargo, se le esta está recargando a la Gerencia Técnica o ingenieros residentes, es decir, se le aumenta la carga de trabajo a esta sección y que, por cuestiones de tiempo, no pueden estar todo su tiempo discutiendo con proveedores o buscando nuevos que logren garantizar los mejores precios y condiciones para la empresa.

Los problemas antes descritos, en su mayoría, son problemas que vienen de la parte técnica o practica de la empresa, se deberían medir también a mayor profundidad los aportes que significarían para el área administrativa, que existiese un encargado del área de proveeduría y lo que podría aportar a disminuir el flujo de trabajo para el personal que debe tomar esas funciones. Por las razones anteriores y para que la empresa siga creciendo en su posicionamiento en el mercado nacional de la construcción, se considera que debe ser una prioridad solventar esta necesidad, ya sea contratando un auxiliar en el tema o estandarizar un el proceso para la proveeduría y que sea tomado por varios miembros del equipo sin afectar su flujo de trabajo.

Nivel de conocimiento

Para determinar el nivel de conocimiento que se tiene en la empresa en el tema de planificación y cómo se implementa, se desarrolló la siguiente encuesta, la cual fue desarrolla por medio de un formulario de Google, donde las preguntas realizadas fueron:

Encuesta CIVIL Desarrollo e Ingeniería.

Objetivo:

Analizar la situación actual de la empresa Civil, en la planificación de obras, para determinar herramientas, técnicas, activos o procesos utilizados, obteniendo las buenas prácticas utilizadas y aspectos de mejora.

1. Conoce usted el concepto de planificación de los proyectos de construcción.

- Sí
- No
- No responde.

2. Si la respuesta anterior es "Sí", ¿Cuál sería una definición de lo que se entiende por planificación de proyectos de construcción?:

3. Con respecto a la planificación, ¿cómo considera usted es el nivel importancia en el desarrollo de un proyecto desarrollado por la empresa?

- Alta
- Media
- Baja
- No responde.

4. Con respecto al tema de un contrato de obra, ¿cuál considera usted que es el nivel de importancia en la planificación de un proyecto desarrollado por la empresa?

- Alta
- Media
- Baja
- No responde.

5. Mencione tres técnicas de planificación de proyectos de construcción que se utilicen en la empresa.

6. Con respecto a las técnicas antes mencionadas, ¿cuáles ha implementado o utilizado en un proyecto desarrollado por la empresa?

7. Con respecto a las técnicas antes mencionadas, ¿cuáles herramientas, activos o formatos ha utilizado para la planificación en un proyecto desarrollado por la empresa?

8. ¿Cómo considera usted que los conceptos de calidad, plazo, recursos, alcance y costos debe ser contemplados en la planificación de un proyecto?

9. ¿Conoce usted el concepto de "Last Planner System"?

- Sí

- () No
- () No responde.

10. Si la respuesta anterior es “Sí”, ¿cuál serían sus resultados esperados al implementar esta técnica en la empresa?:

Análisis de resultados:

Para la realización de esta encuesta, se tuvo con la participación del Ingeniero Pablo Villalobos, del Ingeniero Gustavo Ruiz y de la Ingeniera Residente Jhoselyn Araya López. Es decir, se tuvo participación todos los involucrados en la fase de planificación y de ejecución de los proyectos.

Los tres participantes muestran un conocimiento del concepto de la planificación de proyectos, entre las definiciones dadas por los encuestados, existe una similitud a una idea de la planificación como un proceso de organización previa al desarrollo de un proyecto y a que se deben tomar en cuenta aspectos como recursos, plazo, calidad y costos.

Con respecto a la planificación, se considera que la importancia dentro de la organización es alta y que el tipo de contratos impacta de manera importante la planificación realizada para las obras realizadas por la empresa.

Dentro de las técnicas o metodologías mencionadas que son utilizadas por la empresa para la planificación están:

- Ruta crítica (PMI).
- Lean Construction.
- Línea base.

De las anteriores, la que más peso tiene es la ruta crítica o planificación, según el PMI, ya que es el método tradicional y es lo que se maneja en casi todos los proyectos. Unido a estas técnicas, se han desarrollado una serie de herramientas, formatos o activos, sin embargo, esto se ampliará en otra sección del documento por lo que no se mencionarán aún.

Por último, con respecto a “Last Planner” los 3 encuestados conocen de la herramienta y dentro de sus beneficios esperados están:

- Compromiso de las personas que ejecutan las labores específicas.
- Mejora sustancial en la ejecución.
- Creación de planes semanales de trabajo.
- Mejorar el manejo de recursos de materiales, equipo y mano de obra en la fase de ejecución.

Herramientas, formatos y activos

A continuación, se da una identificación de las herramientas, formatos y activos con los que cuenta la empresa en el tema de planificación, a su vez, se le dio una clasificación a partir de su uso y una explicación de cómo se usa dentro de la organización:

- a. Plazo
 - i. Ms Project
 - 1. Se utiliza para la elaboración de un cronograma estratégico de obra.
- b. Alcance
 - i. Tipos de contrato
 - 1. Se utilizan dos tipos de contrato: monto fijo y administración.
 - ii. Órdenes de cambio y LRFI
 - 1. Para establecer cualquier cambio en el alcance del proyecto se define por medio de una Orden de cambio (se define como realizar el proceso en el

- contrato) y si se tiene duda de alguna especificación, plano o demás se utiliza un LRFI (Solicitud de Información).
- iii. Tabla de desglose de presupuesto
 - 1. Otra herramienta para determinar el alcance del proyecto es la tabla de desglose del presupuesto.
 - c. Recursos
 - i. Excel
 - 1. Se determina de manera aproximada un flujo de mano de obra (cantidad de personal por semana) y flujo de equipos.
 - d. Costos
 - i. Tabla de desglose de presupuesto.
 - 1. Se elabora un presupuesto inicial por parte del juicio de experto de los ingenieros de la empresa y este se desglosa para determinar de manera aproximada cuanto se gastará por el proyecto.
 - ii. O4Bi
 - 1. Este software se utiliza para todo el control de costos de obra y determinar un informe de control de costos mensual (gastos).
 - e. Calidad
 - i. Sistema de gestión de calidad
 - 1. Actualmente no hay herramientas.

La empresa es relativamente nueva, por lo que el tiempo que ha tenido para obtener o generar herramientas, activos y formatos es poco, por lo que se han desarrollado materiales en puntos específicos o la inclusión importante de dos softwares muy útiles para la planificación y control de la ejecución como lo son MS Project y O4Bi respectivamente.

Situación actual de la empresa

En esta sección, se determina la situación actual de la empresa, para esto, primero, se explicarán los procesos de planificación y control actuales para ejemplificar los procesos realizados en la empresa, por otro lado, se determina cuál es la situación con la herramienta o metodología planteada que es "Last Planner". Por último, se muestran algunos aspectos de mejora provenientes de las entrevistas realizadas y demás fuentes de información.

Planificación actual

Para describir este proceso, se subdividió en 5 temas o enfoques asociados con el tema, los cuales son plazo, alcance, recursos, costos y calidad.

Plazo:

Con respecto al tiempo para ejecutar la obra, se planifica elaborando un cronograma estratégico de obra, a partir de este cronograma se ajusta la ruta crítica con la fecha de finalización pactada con el cliente en el contrato.

Alcance:

El alcance del proyecto se pacta durante la elaboración del anteproyecto y posterior firma del contrato, actualmente, se manejan dos tipos el contrato por monto fijo y los contratos por administración. La manera en que detalla el alcance es la tabla de desglose de presupuesto.

Recursos:

A partir de del presupuesto acordado en el contrato y el cronograma estratégico de obra, se elaboran dos flujos, uno para la mano de obra y uno para los equipos, además se da una elaboración de una curva S para la mano de obra para la fase de obra gris.

Costos:

Se elabora un presupuesto de manera aproximada para la firma del contrato a partir de una estimación, dependiendo de las características del proyecto, los subcontratos requeridos, la mano de obra y el tipo de contrato del proyecto. Además, se utiliza un informe de control de costos mensuales para determinar el estado de los proyectos.

Calidad:

Con respecto a la calidad, actualmente, se está trabajando en la creación de un sistema de gestión de calidad, por lo que aún no se está utilizando y, por ende, planificando al 100 %.

Fase de ejecución y control

Con respecto a la fase de ejecución y control, se subdividió al igual que la planificación, en plazo, alcance, recursos, costos y calidad:

Plazo:

Se controla con una revisión semanal en la inspección, en la cual se compara el cronograma general del proyecto con respecto a lo observado en campo.

Alcance:

El alcance se controla en obra a través de la tabla de desglose del presupuesto, para determinar que está dentro y que está por fuera del proyecto, además de órdenes de cambio para gestionar las variaciones durante el proyecto.

Recursos:

Con respecto a los recursos el control que se tiene ahorita es poco o nulo, esto debido a que el flujo actual de trabajo supera las capacidades de las personas que deberían realizarlo, por lo que se vuelve tarea imposible de desarrollar en este momento.

Costos:

Actualmente, se controla con un informe de control de costos mensual, sin embargo, este informe se asocia más a los gastos del proyecto y no a un tema de costos, ya que son recursos que ya fueron ejecutados y no existe un control entre lo planificado vs lo gastado.

Calidad:

Al no existir el sistema de gestión de calidad y al igual que el tema de recursos, se vuelve un tema que en este momento no está siendo controlado durante la fase de ejecución

Last Planner en la empresa

Actualmente, por solicitud de un cliente e interés de la empresa, se está desarrollando el proyecto Roxrova bajo esta metodología, sin embargo, como se muestra a continuación, existen bastantes deficiencias entre lo que se está realizando y lo que dicta la teoría de esta filosofía, por lo que se debe realizar el trabajo para llevar este proceso a lo que dictamina la teoría en la que está fundamentada esta técnica.

Cuadro 1: Situación actual: Last Planner.

Parámetro	Last Planner empresa	Last Planner teoría
Plan maestro	X	X
Plan intermedio o look ahead (4-6 semanas)		X
Plan semanal		X
Asignación de responsabilidades		X
Medición de control de avance	X	X
Reunión semanal	X	X
Establecer y estudiar restricciones		X
Estadísticas y rendimientos de las cuadrillas		X

Fuente: Autoría propia (2020).

Aspectos de mejora.

Para determinar los aspectos de mejora, se realizó una serie de entrevistas, encuestas y observaciones en campo para determinar cuáles serían algunos de los aspectos de mejora, enfocados en el tema de planificación y control.

Planificación

Alcance:

Actualmente, se planifica el alcance con los planos, especificaciones técnicas y con el contrato, sin embargo, existe una debilidad del tema ya que no siempre es claro dentro del proyecto si algo está o no dentro del alcance, esto puede ser solucionado con la estandarización de una Estructura Desglosada de Trabajo (EDT) para los proyectos a realizar.

Costos:

Se debe mejorar la elaboración de presupuestos de materiales, ya que, actualmente, se realiza de manera aproximada y este puede verse afectado por cambios durante la ejecución o temas con los subcontratos.

Plazo:

Con respecto al plazo, actualmente, hace falta para los proyectos la creación de un programa semanal de trabajo, que determine la cantidad de trabajo a realizar y con esto tener mucho más claro cuánto se debe avanzar por semana, además de aclarar el flujo de trabajo en los proyectos.

Recursos:

Se deben implementar la planificación de recursos con antelación, ya que actualmente se van solicitando conforme avanza el proyecto, sin embargo, esto puede significar atrasos por falta de disponibilidad, problemas con proveeduría, entre otros. Para esta planificación de recursos, se

debería a futuro contar con curvas S de materiales, rendimientos de mano de obra y un presupuesto más detallado, para el control de este.

Calidad:

En este caso, se está trabajando en la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad, por lo que se considera que estos aspectos se mejoraran significativamente al implementar el SGC.

Ejecución:

Alcance:

Con respecto al alcance se debe estandarizar el uso de la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT) y que, en campo, se tenga la claridad de lo que está dentro del alcance del proyecto y lo que queda por fuera. Además de la estandarización de los SDI y órdenes de cambio, como parte de la documentación de un proyecto.

Costos:

Se debe mejorar el control de lo presupuestado vs lo gastado, ya que, actualmente, este control de costos es mensual, por lo que lo que se analizan son gastos realmente, entonces no se tiene un control para un posible problema con respecto a costos en el proyecto.

Recursos:

Dentro de la fase de ejecución, se deben elaborar inventarios de equipos comprados y en especial los alquilados, para tener un control sobre los mismos y pagar por el equipo que realmente se necesita y se está usando. Se debe verificar con curvas S o de alguna manera que el uso de recursos se está siguiendo lo presupuestado y no se está incurriendo en sobrecostos.

Calidad:

Estandarizar los procesos por medio del sistema de gestión de calidad.

Plazo:

Como ya se mencionó, se debe elaborar la programación semanal, por medio del Ingeniero Residente y el Maestro de Obras a cargo del proyecto, para asegurar un flujo de trabajo acorde al proyecto en ejecución.

Seguridad laboral:

Mejorar el control de esta en campo, además de realizar visitas constantes al sitio, para dar charlas a los trabajadores, así como una adecuada supervisión del cumplimiento de las medidas y el uso del equipo de protección personal.

Ambiental:

Se debe implementar una adecuada separación de los desechos, con el fin reutilizar los materiales que aún tienen un segundo uso o materiales que pueden ser vendidos como chatarra o demás. Además, se debe mejorar el proceso de cálculo de recursos para los proyectos, con el fin de que los desperdicios sean lo menor posible y no incurrir en costos adicionales que no le generan valor al proyecto y terminan siendo desechados por un mal uso o cálculo.

Delegar y comunicación:

Por último, la responsabilidad de los proyectos y toma de decisiones se debe ir delegando de manera que se garantice los buenos resultados como se han obtenido, pero, a la vez, haya un mayor involucramiento de los mandos medios, además, se debe implementar reuniones de trabajo

de las cuadrillas de la empresa separándolas de las visitas de inspección, para definir el rumbo de trabajo de los proyectos, metodologías a usar y mejorar el proceso de comunicación interna.

Apéndice 2:

Diagramas de flujo:

1. Diagrama de planificación.

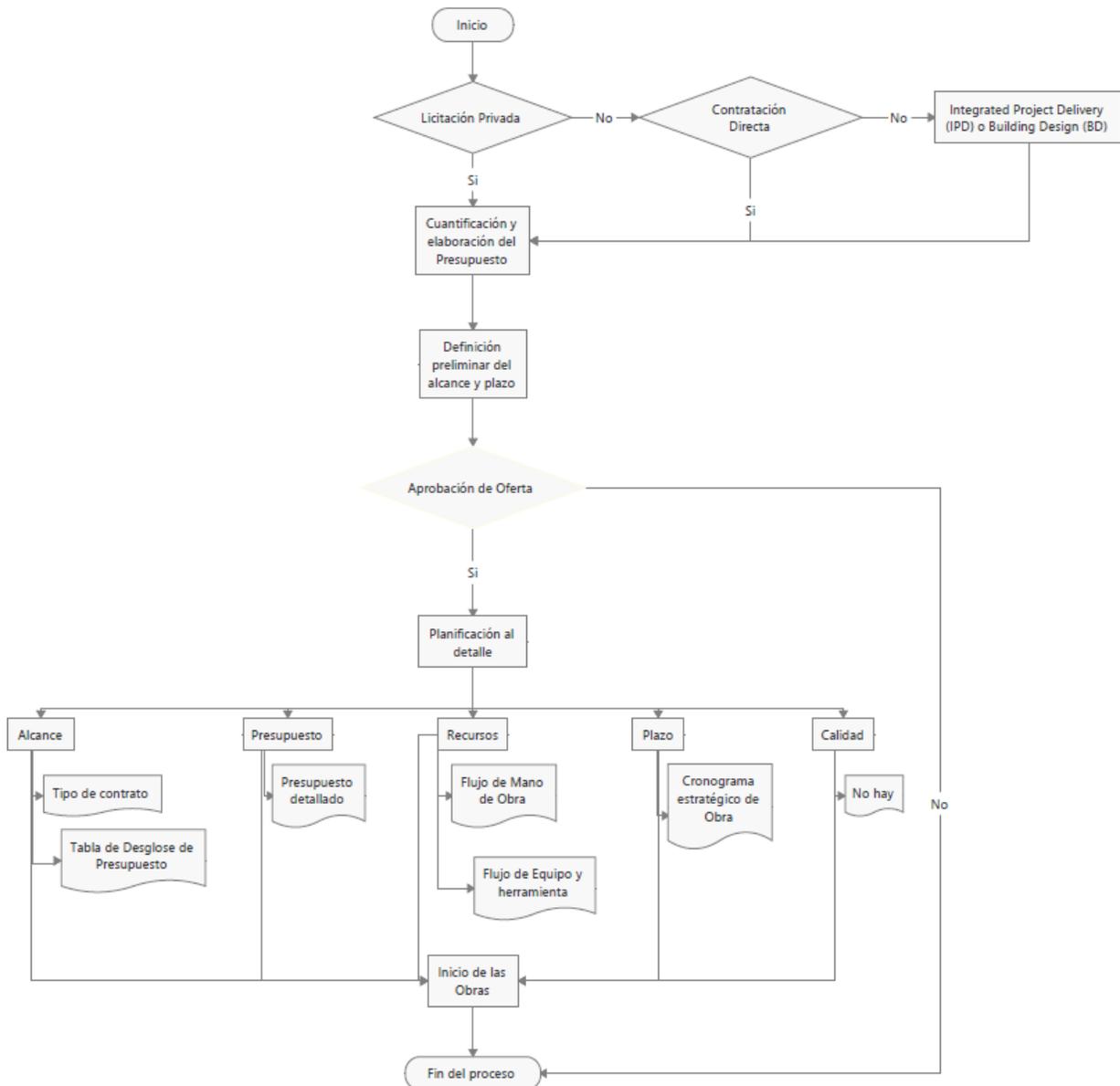


Figura 1: Diagrama de planificación.

Fuente: Autoría propia (2020).

2. Diagrama de control.

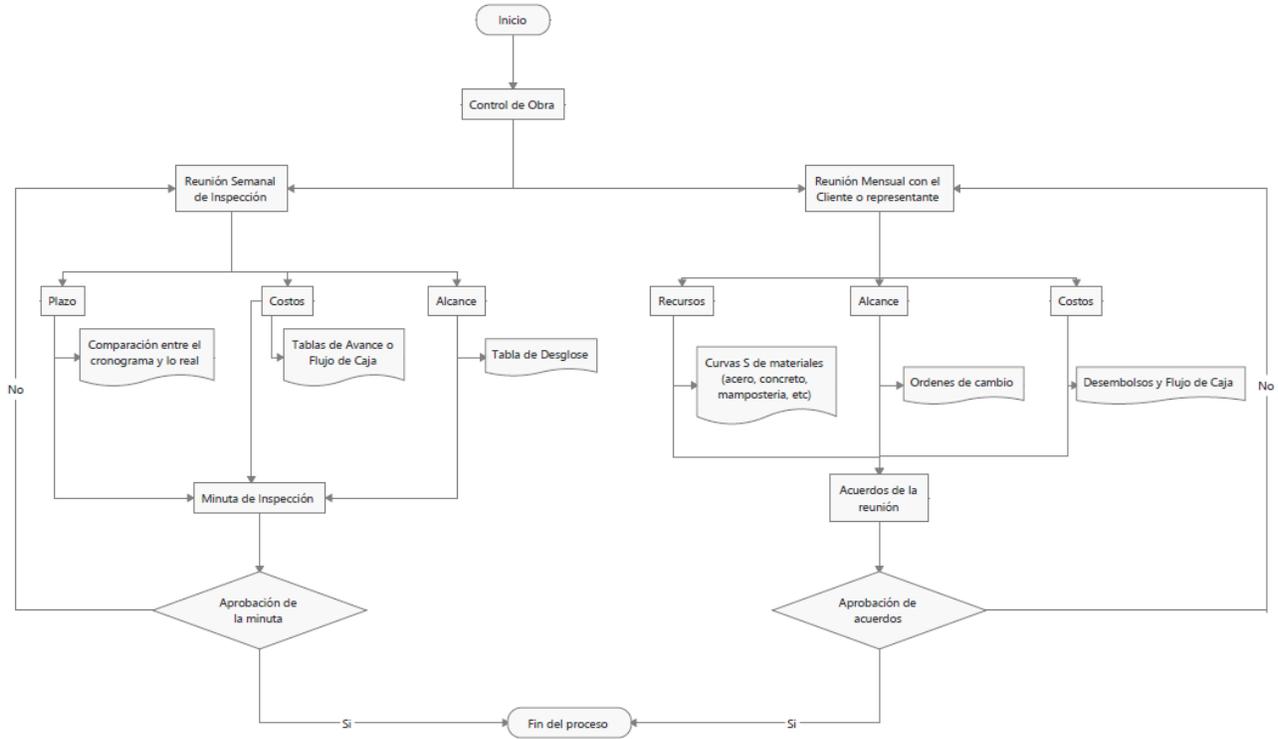


Figura 70: Diagrama de planificación.
Fuente: Autoría propia (2020).

3. Diagrama “Last Planner”.

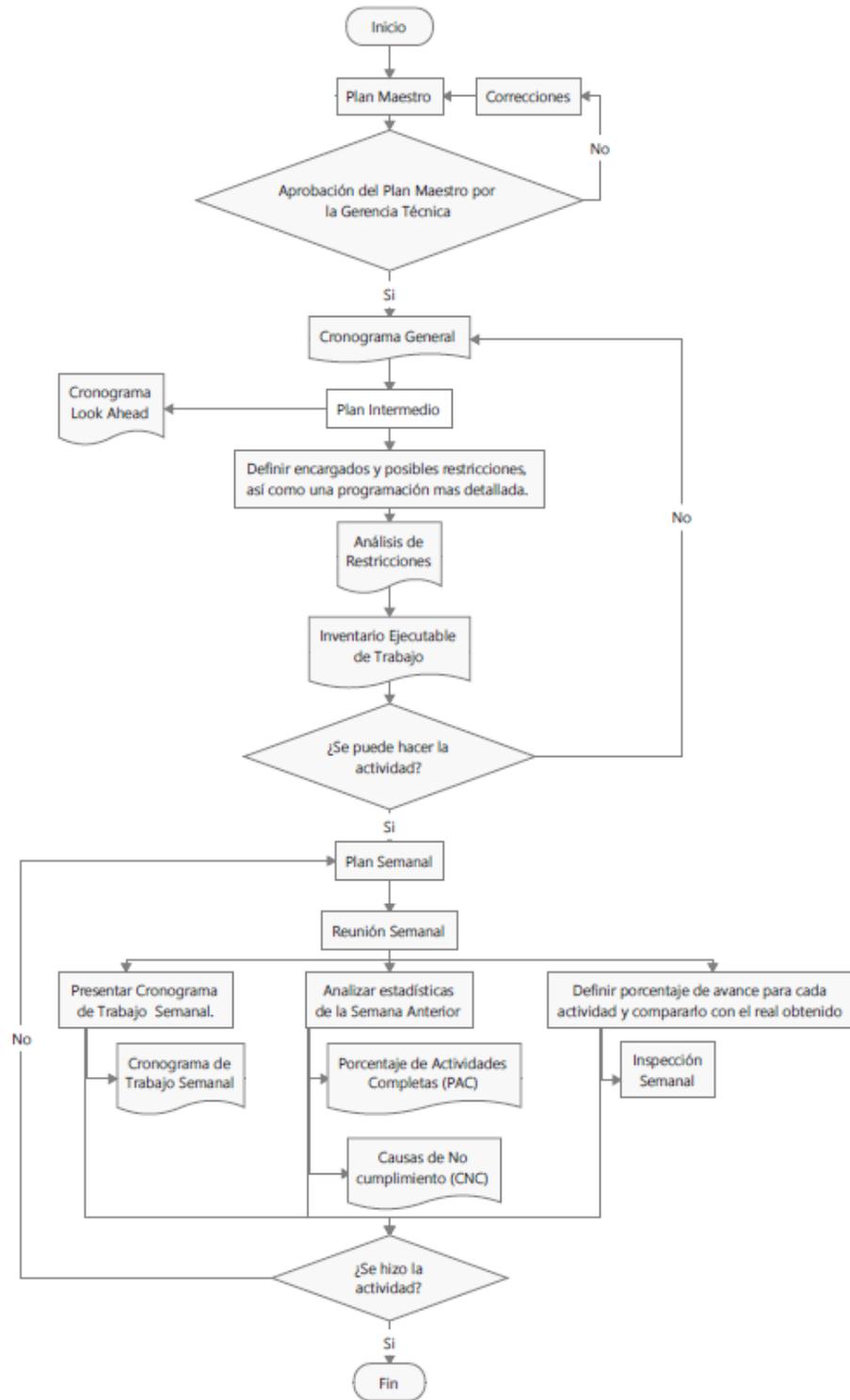


Figura 71: Diagrama de “Last Planner”

Fuente: Autoría propia (2020).

Apéndice 3:

Guía metodológica Last Planner:



Guía Metodológica “Last Planner”.
Noviembre, 2020

Objetivo

Desarrollar la guía metodológica “Last Planner” acorde con los requerimientos de la empresa.

Plan Maestro

Es la fase de planificación inicial, en este se determina las actividades que conforman de manera general el proyecto, además, se incluyen las duraciones de las actividades, una vez generado para el proyecto no debe tener cambios, los cambios deben ser gestionados en la planificación *look ahead*.

Primeramente, se deben seleccionar los encargados de cada empresa participante del proyecto, en la hoja de “designación de responsables” (figura 1), además, se debe indicar su rol y sus siglas para hacer referencia a esta persona. Dentro de estos encargados, debe existir uno que se haga cargo del “Last Planner System”, que puede ser o no el Ingeniero Residente del proyecto esto según la dificultad del proyecto y las responsabilidades con el proyecto de cada profesional.

	CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.
	Designación de responsables

Cuadrillas de trabajo			
Empresa	Encargado	Rol dentro del Proyecto	Siglas

Figura 1: Designación de responsables.

Fuente: Autoría propia (2020).

4. Estudiar las posibles restricciones que pueda tener la actividad para realizarse
5. Definir para cada una de las restricciones un encargado o empresa responsable para eliminar la restricción.

Análisis de restricciones

Como ya se mencionó, dentro de la programación *look ahead*, se tiene que definir las restricciones que puedan poseer todas las actividades a realizar, dentro de estas restricciones están:

- Diseño:
Están dentro de estas restricciones todos los problemas asociados con diferencias entre los planos, especificaciones técnicas y cambios en el diseño por parte de los inspectores durante la fase de ejecución.
- Cliente:
Son restricciones por parte del cliente, cuando una actividad depende de que el cliente defina, por ejemplo, un subcontratista a contratar, el acabado o materiales a utilizar y, en general, todas aquellas actividades que para ser ejecutadas dependen del cliente.
- Materiales o equipo:
Se refiere a las restricciones asociadas con la falta de materiales o equipo, debido a esto se generan atrasos o tiempos de espera donde las cuadrillas no son productivas y se generan pérdidas.
- Subcontratos:
Todas las actividades que dependen de los subcontratos o actividades ligadas a estos.
- Predecesoras
Son las restricciones asociadas con las actividades que tienen una predecesora y dependen de esta para poder iniciar.
- Otras.
Se refiere a las restricciones particulares de las características del proyecto, donde pueden darse desde la ubicación del proyecto, restricciones del condominio, clima, entre otras.

Con las restricciones anteriores, se procede a estudiar las actividades que las poseen, en la figura 4, se deben especificar:

- La restricción que posee la tarea,
- El responsable que debe levantarla o quitarla.
- Fecha en la que debe estar resuelto,
- Estado en la que se encuentra, para determinar si puede o no pasar al inventario ejecutable de trabajo.

	CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A. Levantamiento de restricciones																																																						
Análisis de restricciones																																																							
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Proyecto</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Encargado</td> <td></td> </tr> </table>	Proyecto		Encargado		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Revisión No.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Semana</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fecha de revisión</td> <td></td> </tr> </table>	Revisión No.		Semana		Fecha de revisión																																													
Proyecto																																																							
Encargado																																																							
Revisión No.																																																							
Semana																																																							
Fecha de revisión																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Tarea por realizar</th> <th style="width: 10%;">Restricción</th> <th style="width: 15%;">Responsable de levantar la restricción</th> <th style="width: 10%;">Fecha que debe estar resuelto</th> <th style="width: 20%;">Observaciones</th> <th style="width: 15%;">Estado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		Tarea por realizar	Restricción	Responsable de levantar la restricción	Fecha que debe estar resuelto	Observaciones	Estado																																																
Tarea por realizar	Restricción	Responsable de levantar la restricción	Fecha que debe estar resuelto	Observaciones	Estado																																																		

Figura 4: Análisis de restricciones.

Porcentaje de Actividades Completas (PAC)

Una actividad ejecutada, se considera las actividades que se completaron al 100 %, según lo comprometido por cada uno de los responsables durante la reunión semanal previa.

$$PAC = \frac{N^{\circ} \text{ actividades ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ actividades planificadas}} \times 100 \% \text{ (ecuacion 1)}$$

Del programa semanal, se extraen los datos del PAC, para posteriormente anotarlos en los formularios u hojas que se muestran a continuación, en la figura 7, sirve para tener un resumen del PAC del proyecto y determinar de forma aproximada el rendimiento que se está teniendo el proyecto.



Figura 7: Porcentaje de actividades completas por semana.

Fuente: Autoría propia (2020).

Un buen desempeño se sitúa por encima del 80 %; un desempeño pobre está por debajo del 60 %. Equipos con experiencia en el sistema mantienen un desempeño por encima del 85 % (Botero y Álvarez, 2005).

Para determinar el rendimiento mencionado en la premisa anterior, se utiliza la hoja de la figura 8, en el cual se debe digitar el PAC de cada semana y la hoja se determina automáticamente el PAC acumulado, el PAC mínimo y el estado del proyecto, mientras estos datos se muestran en el gráfico de la derecha. Lo anterior sirve para determinar las semanas críticas del proyecto donde el proyecto ha bajado su rendimiento por las diferentes causas de no cumplimiento que se mencionan más adelante.

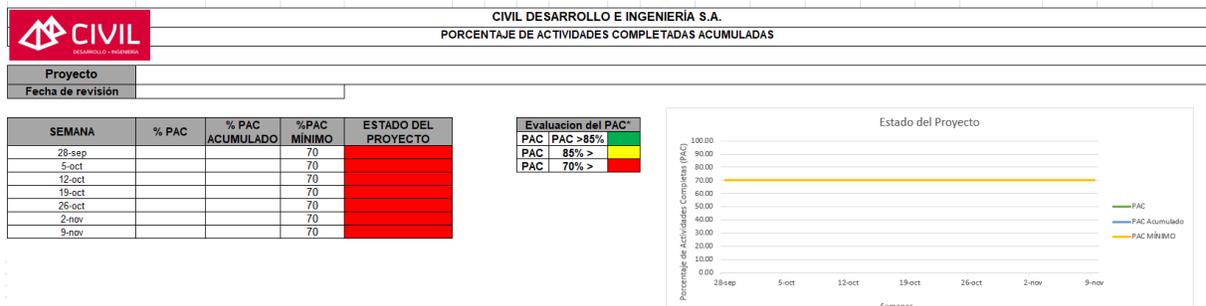


Figura 8: Porcentaje de actividades completas acumulados.

Fuente: Autoría propia (2020).

Causas de No cumplimiento (CNC)

Las causas de no cumplimiento, para la empresa analizada se han determinado las siguientes:

- Actividades predecesoras.
- Falta materiales.
- Falta diseño.
- Falta mano obra.
- Falta equipo-herramienta.
- Mal rendimiento.
- Falla proveeduría.
- Falta definición del alcance.
- Clima u otras.

Para cada plan semanal (figura 6), se deben determinar las causas que provocaron que la actividad no se ejecutara conforme a lo comprometido, estas causas se resumen en la figura 9, para graficarlas y determinar cuáles son los principales problemas que están afectando al proyecto y cada reunión de trabajo intentar remediarlas para lograr el mejor rendimiento de las cuadrillas.

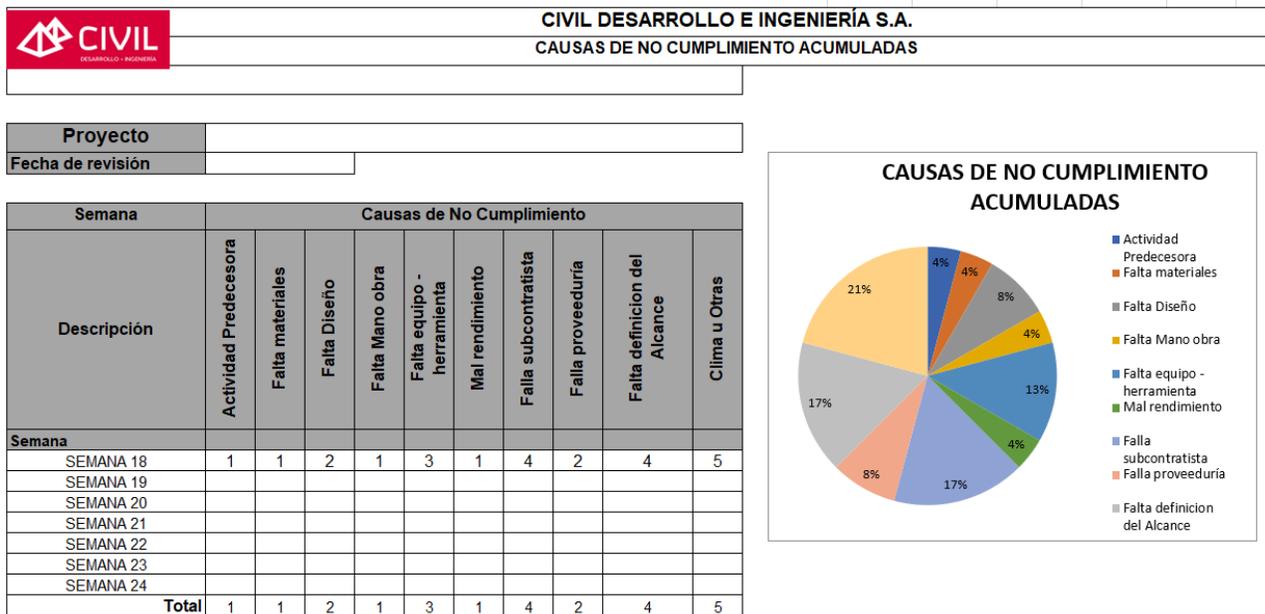


Figura 9: Causas de No Cumplimiento.

Fuente: Autoría propia (2020).

Diagrama de flujo

Para mayor entendimiento de la metodología “Last Planner”, se realizó el siguiente diagrama de flujo, en el cual se identifican sus principales partes y los productos obtenidos.

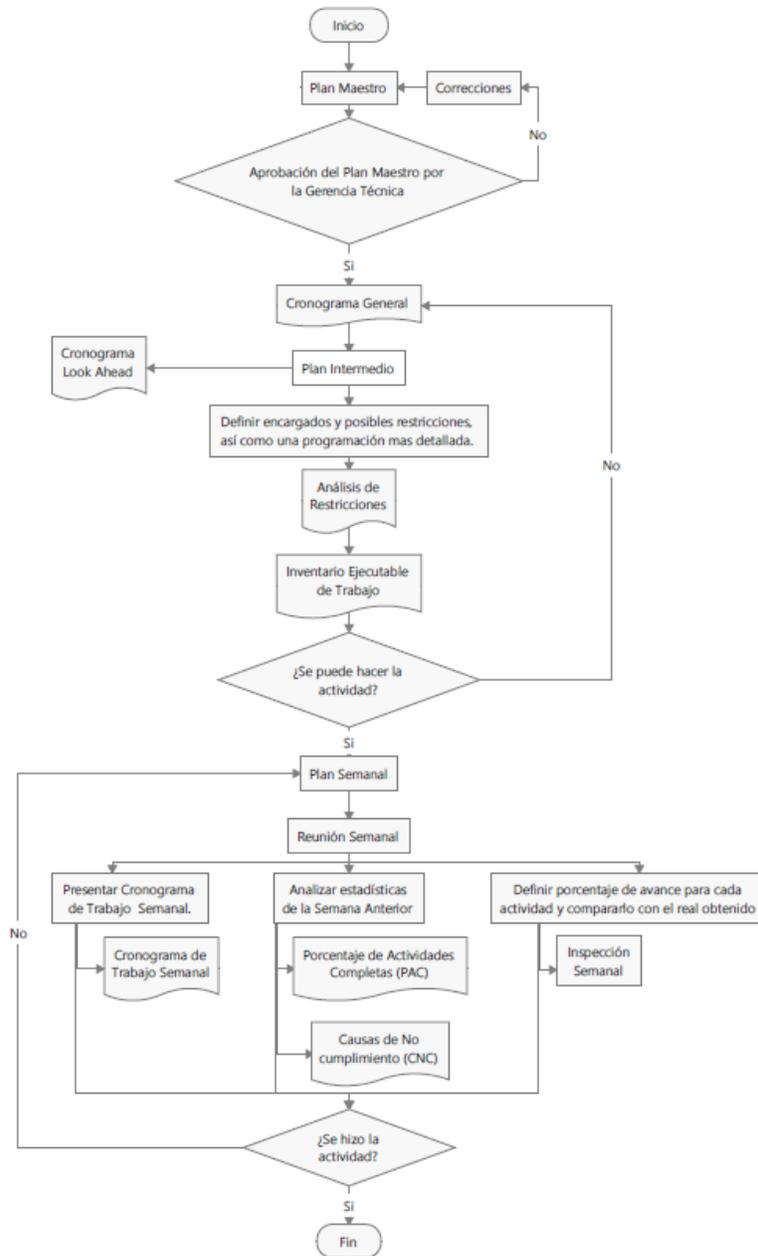


Figura 10: Diagrama Last Planner.
Fuente: Autoría propia (2020).

Apéndice 4: Resultados proyecto piloto: Roxrova.



**Resultados Roxrova.
Diciembre, 2020**



CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.
 Programación Look Ahead
 Proyecto 063

Proyecto	SHELL EDIFICIO ROXROVA
----------	------------------------

Semana	26-oct							Análisis de restricciones											
	Descripción	L	K	M	J	V	S	D	Diseño	Cliente	Materiales o Equipo	Mano de obra	Subcontratos	Restricciones Administración	Predecesoras	Otras	Estado final	Encargado de levantar restricción	
Actividad																			Estado
TERCER NIVEL 0+7.000 - 0+12.000									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	SIN RESTRICCIÓN		
ARMADO Y FORMALETEO 1ER ALTURA									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
COLADO DE MUROS PRIMER ALTURA									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
DESMOLDAR MUROS PRIMER ALTURA									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
OBRA FALSA PARA VIGAS DE AZOTEA									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
ARMADO VIGAS DE AZOTEA									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
FORMALETEO VIGAS DE AZOTEA									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
ENTREPISO AZOTEA NIVEL 0+10.500									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
COLADO ENTREPISO AZOTEA NIVEL 0+10.500									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
ARMADO Y FORMALETEO 2DA ALTURA									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
COLADO DE MUROS SEGUNDA ALTURA									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
ARMADO Y FORMALETEO MUROS AZOTEA									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
COLADO DE MUROS AZOTEA									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
OBRA FALSA PARA LOSA DE DUCTO									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
LOSA DE DUCTO ELEVADOR									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
COLADO DE CONTRAPISO ENTRE EJES A-D/ 1-12									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
ESTRUCTURA METÁLICA DE TECHO 3 Y CUBIERTA																			
TRABAJOS PREVIOS VIGAS W12X14									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
ESTRUCTURA ENTRE EJES 7 - 12 Y A - E									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
ESTRUCTURA ENTRE EJES 2 - 7 Y C - E									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
RESOLDADO Y ACABADO DE PINTURA ESTRUCTURA									OK	OK	OK	OK	OK	OK	ESTRUCTURA ENTRE EJES 2 - 7 Y C - E	X	OK	RE STRINGIDO	CIVIL
COLOCACIÓN DE CUBIERTA Y HOJALATERÍA									OK	OK	OK	OK	OK	OK	ESTRUCTURA ENTRE EJES 2 - 7 Y C - E	X	OK	RE STRINGIDO	CIVIL
ESCALERA PRINCIPAL DE CONCRETO																			
GRADAS N 0+0.000 - N 0+3.500									OK	OK	OK	OK	OK	OK	ENTREPISO AZOTEA NIVEL 0+10.500	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
GRADAS N 0+3.500 - N 0+7.000									OK	OK	OK	OK	OK	OK	GRADAS N 0+3.500 - N 0+7.000	X	OK	RE STRINGIDO	CIVIL
ESCALERA MONO DEL N 0+7.000 AL N 0+10.500									OK	OK	OK	OK	OK	OK	ESCALERA MONO DEL N 0+7.000 AL N	X	OK	RE STRINGIDO	CIVIL
RESANE DE GRADAS									OK	OK	OK	OK	OK	OK		X	OK	RE STRINGIDO	CIVIL
ESCALERA METÁLICA DE EMERGENCIAS																			
EXCAVACIÓN DE FUNDACIONES									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
ARMADO DE PLACA Y PEDESTALES									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
COLADO DE FUNDACIONES									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
TAPIA DE MAMPOSTERÍA																			
EXCAVACIÓN DE FUNDACIONES									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
ARMADO DE PLACA									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
COLADO DE FUNDACIONES									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
ARMADO Y PEGADO DE BLOCKS									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
ARMADO DE VIGA									OK	OK	OK	OK	OK	OK	ARMADO Y PEGADO DE BLOCKS	X	OK	RE STRINGIDO	CIVIL
COLADO DE VIGA									OK	OK	OK	OK	OK	OK	ARMADO DE VIGA	X	OK	RE STRINGIDO	CIVIL
ACABADO 3 SHELL																			
RESANES DE MUROS N 0+0.000 - N 0+3.500									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
RESANES DE MUROS N 0+3.500 - N 0+7.000									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
RESANES DE MUROS N 0+7.000 - N 0+12.000									OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
PULIDO DE PISOS DE CONCRETO									OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESANES DE MUROS N 0+0.700 - N	X	OK	RE STRINGIDO	CIVIL
SISTEMA ELECTROMECANICO GENERAL																			

Figura 2: Cronograma look ahead semana 14 a 19.
Fuente: Autoría propia (2020).



Proyecto		SHELL EDIFICIO ROXROVA																	
Semana		30-nov							Análisis de restricciones										
Descripción	L	K	M	J	V	S	D	Diseño	Cliente	Materiales o Equipo	Mano de obra	Subcontratos	Restricciones Administración	Predecesoras		Otras	Estado final		
														Actividad	Estado				
TERCER NIVEL 0+7.000 - 0+12.000																			
COLADO DE CONTRAPISO ENTRE ELES A/D1-12								OK	OK	OK	OK	OK	OK				X	RESTRINGIDO	
ESTRUCTURA METÁLICA DE TECHOS Y CUBIERTA																			
RESOLDADO Y ACABADO DE PINTURA ESTRUCTURA								OK	OK	OK	OK	OK	OK				OK	SIN RESTRICCIÓN	
COLOCACIÓN DE CUBIERTA Y HUALATERIA								OK	OK	OK	OK	OK	OK				OK	SIN RESTRICCIÓN	
E SCALERA PRINCIPAL DE CONCRETO																			
ESCALERA MONO DEL N 0+7.000 AL N 0+10.500								OK	OK	OK	OK	OK	OK				OK	SIN RESTRICCIÓN	
RESANE DE GRADAS								OK	OK	OK	OK	OK	OK				OK	SIN RESTRICCIÓN	
BARANDAS Y PASAMANOS EN HN								OK	OK	OK	OK	OK	OK				OK	SIN RESTRICCIÓN	
E SCALERA METÁLICA DE EMERGENCIA S																			
EXCAVACIÓN DE FUNDACIONES								OK	OK	OK	OK	OK	OK				OK	SIN RESTRICCIÓN	
ARMADO DE PLACA Y PEDESTALES								OK	OK	OK	OK	OK	OK				OK	SIN RESTRICCIÓN	
COLADO DE FUNDACIONES								OK	OK	OK	OK	OK	OK				OK	SIN RESTRICCIÓN	
ESTRUCTURA METÁLICA								OK	OK	OK	OK	OK	OK				OK	SIN RESTRICCIÓN	
RESOLDADO Y ACABADO DE PINTURA ESTRUCTURA								OK	OK	OK	OK	OK	OK				OK	SIN RESTRICCIÓN	
COLOCACIÓN DE GRADAS DE EMERGENCIA								OK	OK	OK	OK	OK	OK				OK	SIN RESTRICCIÓN	
TAPIA DE MAMPOSTERÍA																			
ARMADO Y PEGADO DE BLOCK (ORDEN DE CAMBIO)								OK	OK	OK	OK	OK	OK				OK	SIN RESTRICCIÓN	
COLADO Y FORMALETADO DE VIGA TERMINAL								OK	OK	OK	OK	OK	OK				OK	SIN RESTRICCIÓN	
REPELLO DE MURO DE TAPIA								OK	OK	OK	OK	OK	OK				OK	SIN RESTRICCIÓN	
ACABADOS SHELL																			
RESANES DE MUROS EXTERNOS								OK	OK	OK	OK	OK	OK				OK	SIN RESTRICCIÓN	
RESANES DE BUQUES DE VENTANAS Y PUERTAS								OK	OK	OK	OK	OK	OK				OK	SIN RESTRICCIÓN	
RESANES DE MUROS N 0+0.700 - N 0+12.000								OK	OK	OK	OK	OK	OK				OK	SIN RESTRICCIÓN	
PULIDO DE PISOS DE CONCRETO								OK	OK	OK	OK	OK	OK				OK	RESTRINGIDO	
VENTENERIA Y ALUMINIO FACHADAS								OK	OK	OK	OK	OK	OK				OK	SIN RESTRICCIÓN	
PUERTA DE ACCESO PRINCIPAL EN VIDRIO LOBBY								OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESANES DE BUQUES DE VENTANAS Y			X	OK	RESTRINGIDO
PUERTA DE ACCESO VEHICULAR								OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESANES DE BUQUES DE VENTANAS Y			OK	OK	SIN RESTRICCIÓN
PUERTA DE METAL (2UN)								OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESANES DE BUQUES DE VENTANAS Y			X	OK	RESTRINGIDO
SELLADO DE PAREDES DE CONCRETO								OK	OK	OK	OK	OK	OK				OK	SIN RESTRICCIÓN	
DETALLADO GENERAL								OK	OK	OK	OK	OK	OK				OK	SIN RESTRICCIÓN	
AJUSTE DUCTO ELEVADOR								OK	OK	OK	OK	OK	OK				OK	SIN RESTRICCIÓN	
SISTEMA ELECTROMECÁNICO GENERAL																			
ELEVADOR DE PERSONAS																			

Figura 3: Cronograma look ahead semana 22 a 27.
 Fuente: Autoría propia (2020).

	CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.					
	Levantamiento de restricciones					
	Proyecto 063					
Análisis de restricciones						
Proyecto	EDIFICIO ROXROVA				Revisión No.	3
Encargado	Jhon Rojas Quesada				Semana	21
					Fecha de revisión	18/10/2020
Tarea por realizar	Restriccion	Responsable de levantar la	Fecha que debe estar resuelto	Observaciones	Estado	
RESOLDADO Y ACABADO DE PINTURA ESTRUCTURA	Actividad Predecesora	CIVIL	26-oct		EN PROCESO	
COLOCACIÓN DE CUBIERTA Y HOJALATERÍA	Actividad Predecesora	CIVIL	26-oct		EN PROCESO	
GRADAS N 0+3.500 - N 0+7.000	Actividad Predecesora	CIVIL	26-oct		EN PROCESO	
ESCALERA MONO DEL N 0+7.000 AL N 0+10.500	Mal Rendimiento M.O	CIVIL	26-oct		EN PROCESO	
RESANE DE GRADAS	Actividad Predecesora	CIVIL	2-nov		EN PROCESO	
ARMADO DE VIGA	Actividad Predecesora	CIVIL	26-oct		EN PROCESO	
COLADO DE VIGA	Actividad Predecesora	CIVIL	26-oct		EN PROCESO	
PULIDO DE PISOS DE CONCRETO	Falta de Definición de Alcance	CIVIL	2-nov	Orden de Cambio	EN PROCESO	

Figura 4: Análisis de restricciones semana 21.
Fuente: Autoría propia (2020).

	CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.					
	Levantamiento de restricciones					
	Proyecto 063					
Análisis de restricciones						
Proyecto	EDIFICIO ROXROVA				Revisión No.	6
Encargado	Jhon Rojas Quesada				Semana	23
					Fecha de revisión	7/11/2020
Tarea por realizar	Restriccion	Responsable de levantar la	Fecha que debe estar resuelto	Observaciones	Estado	
COLADO DE CONTRAPISO ENTRE EJES A-D/1-12	Postergacion de Trabajos	CIVIL	30-nov		EN PROCESO	
PULIDO DE PISOS DE CONCRETO	Falta de Definición del Alcance	CIVIL	16-nov		EN PROCESO	
VENTENERIA Y ALUMINIO FACHADAS	Actividad Predecesora	CIVIL	16-nov		EN PROCESO	
PUERTA DE ACCESO PRINCIPAL EN VIDRIO LOBBY	Actividad Predecesora	CIVIL	30-nov		EN PROCESO	
PUERTA DE METAL (2UN)	Actividad Predecesora	CIVIL	30-nov		EN PROCESO	

Figura 4: Análisis de restricciones semana 23.
Fuente: Autoría propia (2020).

	CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.
	Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)
	Proyecto 063

Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)

Proyecto	EDIFICIO ROXROVA
Encargado	Jhon Rojas Quesada

Revisión No.	1
Semana	18
Fecha de revisión	27/9/2020

Fecha que debe estar terminada	Actividad por realizar	Encargado	Restriccion	Estado	
				Ejecutada	No Ejecutada
3/10/2020	DESMOLDAR MUROS PRIMER ALTURA	GAR	OK		
3/10/2020	OBRA FALSA PARA VIGAS DE AZOTEA	GAR	OK		
3/10/2020	ARMADO VIGAS DE AZOTEA	GAR	OK		
3/10/2020	FORMALETEO VIGAS DE AZOTEA	GAR	OK		
3/10/2020	ENTREPISO AZOTEA NIVEL 0+10.500	GAR	OK		
3/10/2020	GRADAS N 0+0.000 - N 0+3.500	GAR	OK		
3/10/2020	RESANES DE MUROS N 0+0.000 - N 0+3.500	GAR	OK		

Figura 5: Inventario de trabajo ejecutable semana 18.
Fuente: Autoría propia (2020).

	CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.
	Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)
	Proyecto 063

Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)

Proyecto	EDIFICIO ROXROVA
Encargado	Jhon Rojas Quesada

Revisión No.	6
Semana	23
Fecha de revisión	1/11/2020

Fecha que debe estar terminada	Actividad por realizar	Encargado	Restriccion	Estado	
				Ejecutada	No Ejecutada
7/11/2020	RESOLDADO Y ACABADO DE PINTURA ESTRUCTURA	DAC	OK		
7/11/2020	ARMADO Y PEGADO DE BLOCK (ORDEN DE CAMBIO)	DAC	OK		
7/11/2020	COLADO Y FORMALETADO DE VIGA TERMINAL	DAC	OK		
7/11/2020	ESCALERA MONO DEL N 0+7.000 AL N 0+10.500	DAC	OK		
7/11/2020	RESANES DE MUROS EXTERNOS	DAC	OK		
7/11/2020	RESANES DE BUQUES DE VENTANAS Y PUERTAS	DAC	OK		
7/11/2020	COLOCACION DE TUBERIA Y CAJAS DE REGISTRO	DAC	OK		
7/11/2020	SUBBASE	DAC	OK		
28/11/2020	COLOCACIÓN DE CUBIERTA Y HOJALATERÍA	DAC	OK		
11/11/2020	ESCALERA MONO DEL N 0+7.000 AL N 0+10.500	DAC	OK		
18/11/2020	RESANES DE MUROS EXTERNOS	DAC	OK		
19/11/2020	RESANES DE BUQUES DE VENTANAS Y PUERTAS	DAC	OK		

Figura 6: Inventario de trabajo ejecutable semana 23.
Fuente: Autoría propia (2020).

Evaluación del PAC*		
PAC	PAC >85%	
PAC	85% > PAC > 70%	
PAC	70% > PAC	

Figura 6: Evaluación del porcentaje de actividades completas.
Fuente: Autoría propia (2020).

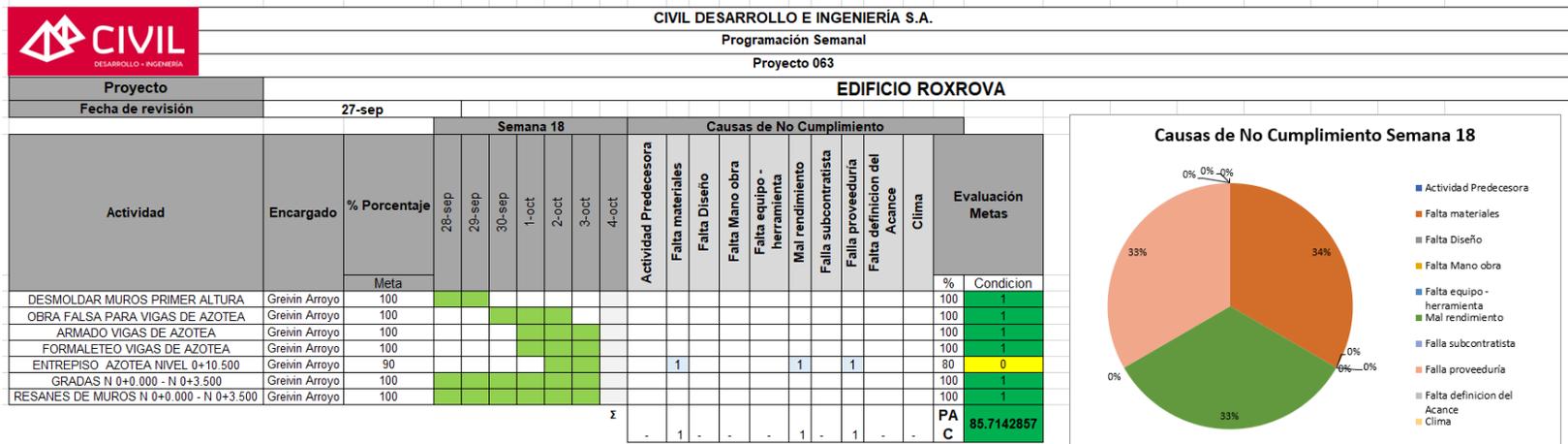


Figura 7: Programación semanal – semana 18.
Fuente: Autoría propia (2020).

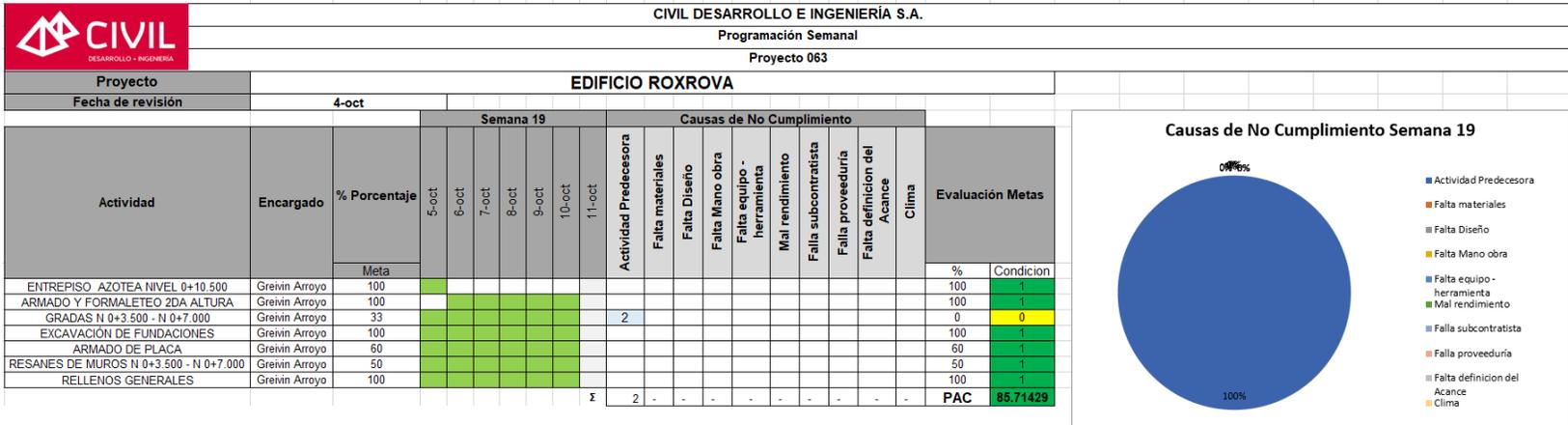


Figura 8: Programación semanal – semana 19.
Fuente: Autoría propia (2020).

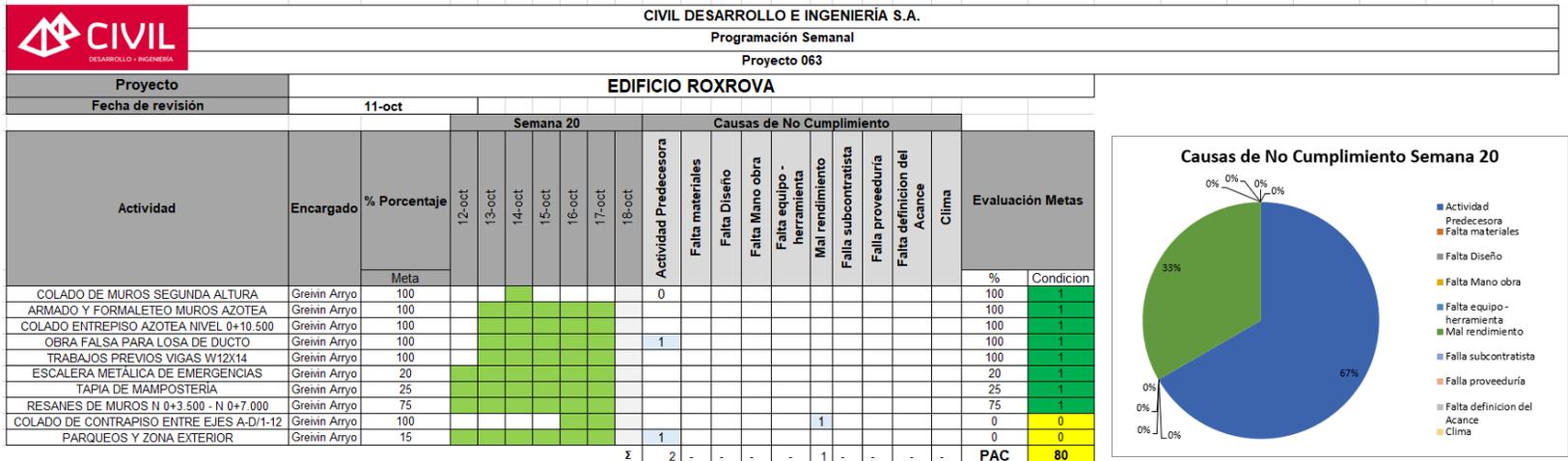


Figura 9: Programación semanal – semana 20.
Fuente: Autoría propia (2020).

		CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.																				
		Programación Semanal																				
		Proyecto 063																				
Proyecto		EDIFICIO ROXROVA																				
Fecha de revisión		18-oct																				
Actividad	Encargado	% Porcentaje	Semana 21							Causas de No Cumplimiento						Evaluación Metas						
			19-oct	20-oct	21-oct	22-oct	23-oct	24-oct	25-oct	Actividad Predecesora	Falta materiales	Falta Mano obra	Falta equipo - herramienta	Mal rendimiento	Falla subcontratista			Falla proveeduría	Falta definición del Acance	Clima u Otras		
			Meta																			
																% Ejecutado	Condición					
ARMADO Y FORMALETEO MUROS AZOTEA	Greivin Arroyo	100																100	1			
COLADO DE MUROS AZOTEA	Greivin Arroyo	100									1			1				0	0			
OBRA FALSA PARA LOSA DE DUCTO	Greivin Arroyo	100												1				0	0			
LOSA DE DUCTO ELEVADOR	Greivin Arroyo	100									1							0	0			
COLADO DE CONTRAPISO ENTRE EJES A-D/1-12	Greivin Arroyo	100															1	0	0			
ESTRUCTURA ENTRE EJES 7 - 12 Y A - E	Greivin Arroyo	20																50	1			
ESTRUCTURA ENTRE EJES 2 - 7 Y C - E	Greivin Arroyo	20																50	1			
GRADAS N 0+3.500 - N 0+7.000	Greivin Arroyo	0																0	1			
ARMADO DE PLACA Y PEDESTALES	Greivin Arroyo	100									1						1	50	0			
COLADO DE FUNDACIONES	Greivin Arroyo	100									1					1	1	0	0			
ARMADO Y PEGADO DE BLOCKS	Greivin Arroyo	80															1	80	1			
ARMADO DE VIGA	Greivin Arroyo	100																100	1			
RESANES DE MUROS N 0+3.500 - N 0+7.000	Greivin Arroyo	100																100	1			
RESANES DE MUROS N 0+0.700 - N 0+12.000	Greivin Arroyo	0																0	1			
BASE	Greivin Arroyo	0																0	1			
										Σ	-	2	1	1	-	2	-	2	1	3	PAC	60

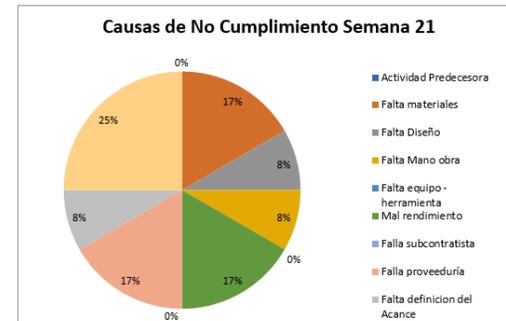


Figura 10: Programación semanal – semana 21.
Fuente: Autoría propia (2020).

Actividad	Encargado	% Porcentaje	Semana 22							Causas de No Cumplimiento							Evaluación Metas				
			26-oct	27-oct	28-oct	29-oct	30-oct	31-oct	1-nov	Actividad Predecesora	Falta materiales	Falta Diseño	Falta Mano obra	Falta equipo - herramienta	Mai rendimiento	Falla subcontratista			Falla proveeduría	Falta definición del Acance	Clima u Otras
			Meta																	% Ejecutado	Condicion
COLADO DE MUROS AZOTEA	Didier	100																	100	1	
OBRA FALSA PARA LOSA DE DUCTO	Didier	100																	100	1	
LOSA DE DUCTO ELEVADOR	Didier	100																	100	1	
TERMINACION MURO D Y VIGA VT5	Didier	100																	100	1	
ESTRUCTURA ENTRE EJES 7 - 12 Y A - E	Didier	85																	90	1	
ESTRUCTURA ENTRE EJES 2 - 7 Y C - E	Didier	85																	90	1	
RESOLDADO Y ACABADO DE PINTURA ESTRUCTURA	Didier	25																	50	1	
COLOCACIÓN DE CUBIERTA Y HOJALATERÍA	Didier	0								1									-1	0	
ARMADO DE PLACA Y PEDESTALES	Didier	25									1								25	1	
COLADO DE FUNDACIONES	Didier	25									1								25	1	
ARMADO Y PEGADO DE BLOCKS	Didier	75																	75	1	
ARMADO DE VIGA	Didier	100																	100	1	
COLADO DE VIGA	Didier	100																	100	1	
GRADAS N 0+3.500 - N 0+7.000	Didier	100																	100	1	
ESCALERA MONO DEL N 0+7.000 AL N 0+10.500	Didier	0																	-1	0	
RESANE DE GRADAS	Didier	0								1									-1	0	
RESANES DE MUROS N 0+0.700 - N 0+12.000	Didier	0								1									-1	0	
RESANES DE MUROS EXTERIORES	Didier	40																	50	1	
PULIDO DE PISOS DE CONCRETO	Didier	0																	-1	0	
BASE DEL PARQUEO	Didier	0									1								-1	0	
COLADO DE CONTRAPISO ENTRE EJES A-D/1-12	Didier	0																	-1	0	
LIMPIEZA Y COLOCACION DE LASTRE	Didier	100																	100	1	
SELLO DE TUBERIAS EJES A-D/1-12	Didier	100																	100	1	
										3	-	2	1	-	1	1	-	2	4	PAC	69.5652174

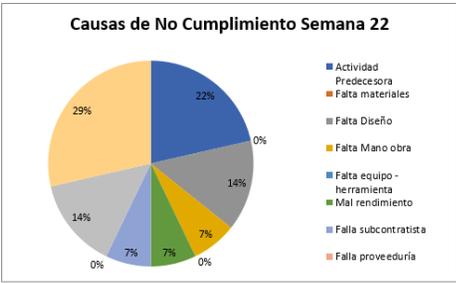


Figura 11: Programación semanal – semana 22.
Fuente: Autoría propia (2020).

		CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.																			
		Programación Semanal																			
		Proyecto 063																			
Proyecto		EDIFICIO ROXROVA																			
Fecha de revisión		7-nov																			
Actividad	Encargado	% Porcentaje	Semana 24												Causas de No Cumplimiento		Evaluación Metas				
			9-nov	10-nov	11-nov	12-nov	13-nov	14-nov	15-nov	Actividad Predecesora	Falta materiales	Falta Diseño	Falta Mano obra	Falta equipo - herramienta	Mal rendimiento	Falla subcontratista			Falla proveeduría	Falta definición del Acance	Otras
			Meta																		
																			% Ejecutado	Condicion	
ESTRUCTURA METÁLICA DE TECHOS Y CUBIERTA																					
COLOCACIÓN DE CUBIERTA Y HOJALATERÍA		Didier Acuña	50																50	1	
ESCALERA PRINCIPAL DE CONCRETO																					
ESCALERA MONO DEL N 0+7.000 AL N 0+10.500		Didier Acuña	100																100	1	
RESANE DE GRADAS		Didier Acuña	33																40	1	
TAPIA DE MAMPOSTERÍA																					
REPELLO DE MURO DE TAPIA		Didier Acuña	100																100	1	
ESCALERA METÁLICA DE EMERGENCIAS																					
EXCAVACIÓN DE FUNDACIONES		Didier Acuña	50																50	1	
ARMADO DE PLACA Y PEDESTALES		Didier Acuña	50																50	1	
ESTRUCTURA METÁLICA		Didier Acuña	50												2				25	0	
ACABADOS SHELL																					
RESANES DE MUROS EXTERNOS		Didier Acuña	25																25	1	
RESANES DE BUQUES DE VENTANAS Y PUERTAS		Didier Acuña	50																75	1	
AJUSTE DUCTO ELEVADOR		Didier Acuña	50																50	1	
																			PAC	90	



Figura 13: Programación semanal – semana 24.
Fuente: Autoría propia (2020).

 CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A. Programación Semanal Proyecto 063																				
Proyecto EDIFICIO ROXROVA																				
Fecha de revisión 22-nov																				
Actividad	Encargado	% Porcentaje	Semana 25							Causas de No Cumplimiento								Evaluación Metas		
			22-nov	23-nov	24-nov	25-nov	26-nov	27-nov	28-nov	Actividad Predecesora	Falta materiales	Falta Diseño	Falta Mano obra	Falta equipo - herramienta	Mal rendimiento	Falla subcontratista	Falla proveeduría	Falta definición del Acance	Otras	% Ejecutado
		Meta																		
ESTRUCTURA METÁLICA DE TECHOS Y CUBIERTA																				
COLOCACIÓN DE CUBIERTA Y HOJALATERÍA	Didier Acuña	95																95	1	
ESCALERA PRINCIPAL DE CONCRETO																				
RESANIE DE GRADAS	Didier Acuña	50																50	1	
ESCALERA METÁLICA DE EMERGENCIAS																				
RESOLDADO Y ACABADO DE PINTURA ESTRUCTURA	Didier Acuña	90																90	1	
ACABADOS SHELL																				
RESANES DE MUROS EXTERNOS	Didier Acuña	50												1				50	1	
RESANES DE MUROS N 0+0.700 - N 0+12.000	Didier Acuña	95												1				95	1	
VENTENERÍA Y ALUMINIO FACHADAS	Didier Acuña	20													1			20	1	
PARQUEOS Y ZONA EXTERIOR																				
BASE	Didier Acuña	50												1				0	0	
														2	2				PAC	85.7142857

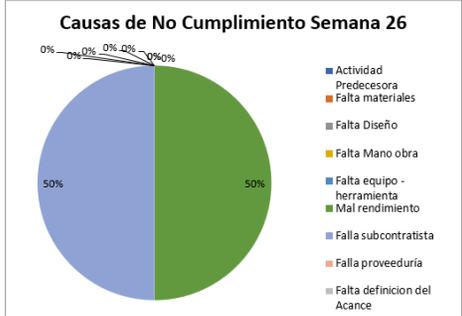


Figura 15: Programación semanal – semana 26.
Fuente: Autoría propia (2020).

		CIVIL DESARROLLO E INGENIERIA S.A.																	
		Programación Semanal																	
		Proyecto 063																	
Proyecto		EDIFICIO ROXROVA																	
Fecha de revisión		30-nov																	
Actividad	Encargado	% Porcentaje	Semana 25						Causas de No Cumplimiento						Evaluación Metas				
			30-nov	1-dic	2-dic	3-dic	4-dic	5-dic	6-dic	Actividad Predecesora	Falta materiales	Falta Diseño	Falta Mano obra	Falta equipo - herramienta			Mal rendimiento	Falta subcontratista	Falta proveeduría
		Meta																% Ejecutado	Condicion
ESTRUCTURA METÁLICA DE TECHOS Y CUBIERTA																			
COLOCACIÓN DE CUBIERTA Y HOJALATERÍA		Didier Acuña	100															100	1
ESCALERA PRINCIPAL DE CONCRETO																			
RESANE DE GRADAS		Didier Acuña	100															100	1
BARANDAS Y PASAMANOS EN HN		Didier Acuña	25							1				1				0	0
ESCALERA METÁLICA DE EMERGENCIAS																			
COLOCACIÓN DE GRADAS DE EMERGENCIA		Didier Acuña	50															50	1
ACABADOS SHELL																			
RESANES DE MUROS N 0+0.700 - N 0+12.000		Didier Acuña	100															100	1
PULIDO DE PISOS DE CONCRETO		Didier Acuña	0														1	0	1
VENTENERÍA Y ALUMINIO FACHADAS		Didier Acuña	75															75	1
SELLADO DE PAREDES DE CONCRETO		Didier Acuña	0														1	0	1
DETALLADO GENERAL		Didier Acuña	50															60	1
PARQUEOS Y ZONA EXTERIOR																			
BASE		Didier Acuña	50															100	1
										1				1			2	PAC	90

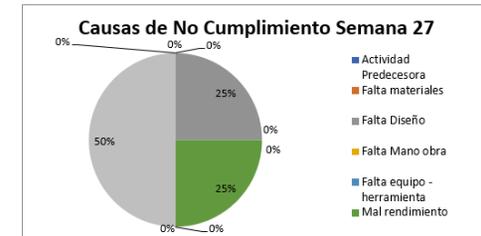


Figura 16: Programación semanal – semana 27.
Fuente: Autoría propia (2020).



CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.
PORCENTAJE DE ACTIVIDADES COMPLETADAS
Proyecto 063

Proyecto	EDIFICIO ROXROVA
Fecha de revisión	15-nov

SEMANA	Tareas Comprometidas	Tareas Realizadas	%PAC
Semana 18	7.0	6.0	86%
Semana 19	7.0	6.0	86%
Semana 20	10.0	8.0	80%
Semana 21	15.0	9.0	60%
Semana 22	23.0	16.0	70%
Semana 23	8.0	8.0	100%
Semana 24	10.0	9.0	90%
Semana 25	12.0	11.0	92%
Semana 26	7.0	6.0	86%
Semana 27	10.0	9.0	90%

Evaluacion del PAC*		
PAC	PAC >85%	Green
PAC	85% > PAC > 70%	Yellow
PAC	70% > PAC	Red

Figura 17: Porcentaje de actividades completas del proyecto.
Fuente: Autoría propia (2020).

	CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.
	PORCENTAJE DE ACTIVIDADES COMPLETADAS ACUMULADAS
	Proyecto 063

Proyecto	EDIFICIO ROXROVA
Fecha de revisión	15-nov

SEMANA	% PAC	% PAC ACUMULADO	%PAC MÍNIMO	ESTADO DEL PROYECTO
28-sep	85.71	85.71	70	85.71
5-oct	85.71	85.71	70	85.71
12-oct	80.00	83.81	70	83.81
19-oct	60.00	77.86	70	77.86
26-oct	69.57	76.20	70	76.20
2-nov	100.00	80.17	70	80.17
9-nov	90.00	81.57	70	81.57
16-nov	91.67	82.83	70	82.83
23-nov	85.71	83.15	70	83.15
30-nov	90.00	83.84	70	83.84
Promedio				82.09

Evaluacion del PAC*		
PAC	PAC >85%	
PAC	85% > PAC > 70%	
PAC	70% > PAC	

Figura 18: Porcentaje de actividades completas acumulado del proyecto.
Fuente: Autoría propia (2020).

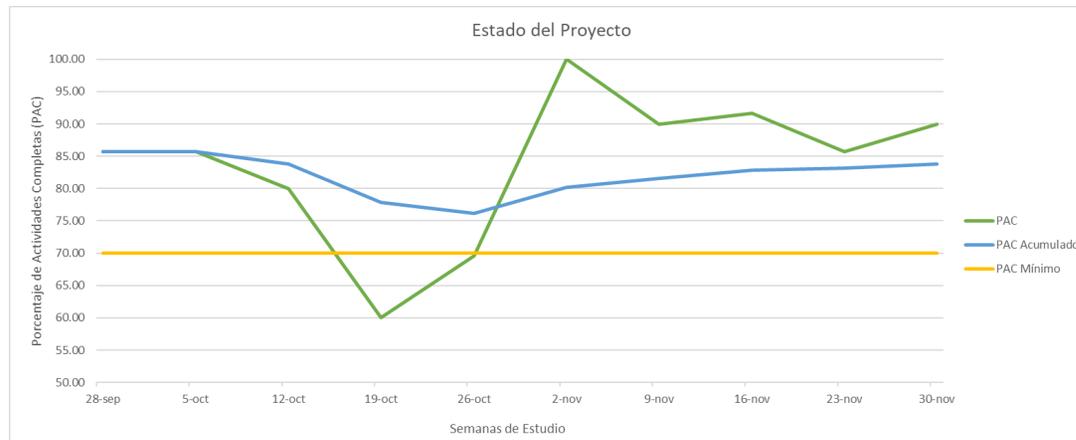


Figura 18: Gráfico del estado del proyecto.
Fuente: Autoría propia (2020).

	CIVIL DESARROLLO E INGENIERÍA S.A.
	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO ACUMULADAS
	Proyecto 063

Proyecto	EDIFICIO ROXROVA
Fecha de revisión	15-nov

Semana	Causas de No Cumplimiento									
	Actividad Predecesora	Falta materiales	Falta Diseño	Falta Mano obra	Falta equipo - herramienta	Mal rendimiento	Falla subcontratista	Falla proveeduría	Falta definición del Alcance	Clima u Otras
SEMANA 18	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
SEMANA 19	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SEMANA 20	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0
SEMANA 21	0	2	1	1	0	2	0	2	1	3
SEMANA 22	3	0	2	1	0	1	1	0	2	4
SEMANA 23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
SEMANA 24	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
SEMANA 25	2	0	0	0	0	0	4	1	0	0
SEMANA 26	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0
SEMANA 27	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0
Total	9	3	4	2	0	8	9	4	5	10

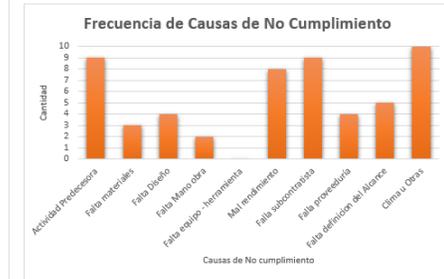
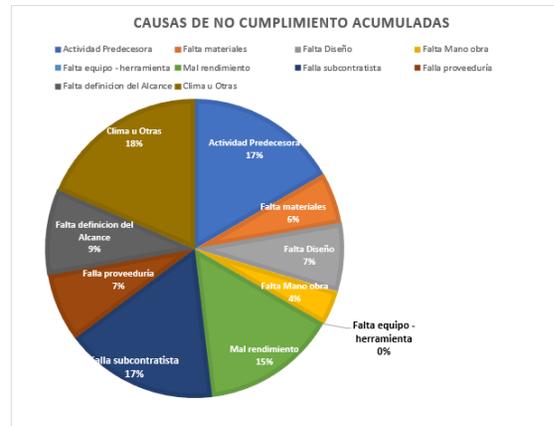


Figura 18: Resumen de las causas de no cumplimiento del proyecto.
Fuente: Autoría propia (2020).

Anexos

Planificación Tradicional y Planificación “Last Planner”.

Enfoque Tradicional



Figura 1: Modelo tradicional para la planificación de proyectos.
Fuente: Leandro (2020).

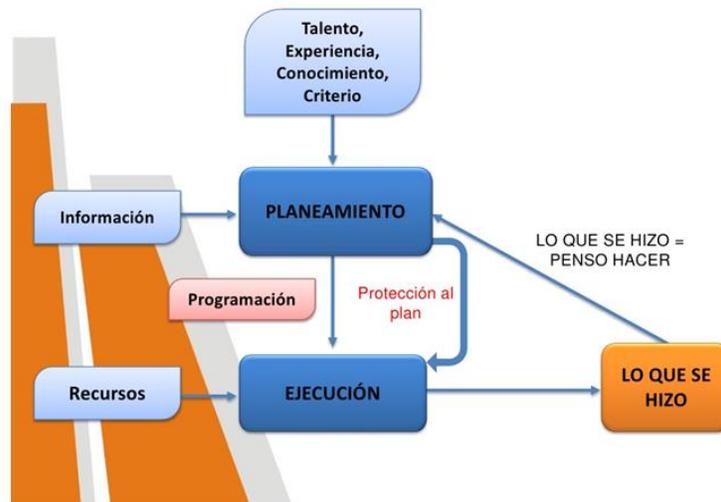


Figura 2: Modelo “Last Planner” para la planificación de proyectos.
Fuente: Leandro (2020).

Referencias

- Alpízar, G. (2017). Aplicación de Lean Construction a través de la metodología "Last Planner" a proyectos de vivienda social de FUPROVI. *Instituto Tecnológico de Costa Rica.*, 119.
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/7272/Aplicacion_lean_construction_metodologia_last_planner.pdf?sequence=1
- Artavia, M. (2020). Técnicas y herramientas para el control de costos: "obras" Obtenido de presentaciones de clase.
- Aiteco Consultores. (2015). Lo que no se mide, no se puede mejorar. Recuperado 3 de enero de 2021, de <https://www.aiteco.com/lo-que-no-se-mide/>
- Behar, D. (2008). Introducción a la metodología de la investigación: parte I Y II. *Arch. Argent. Dermatol*, 94.
- Botero, L; Álvarez, M. 2005. Last Planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción Estudio del caso de la ciudad de Medellín. *Ingeniería y Desarrollo*. Colombia. No 17:148-159.
- Cortés, M., y Iglesias, M. (2004). *Generalidades sobre metodología de la investigación*. 105. http://www.unacar.mx/contenido/gaceta/ediciones/metodologia_investigacion.pdf
- Díaz, A. (2007). "Aplicación del sistema de planificación "Last Planner" a la construcción de un edificio habitacional de Mediana altura" *Universidad de Chile*, 5(1) 84.
- Niño, V. (2011). *Metodología de la Investigación* (Vol. 1). <https://doi.org/10.1515/botm.1980.23.2.117>
- Leandro, A. (2020). *¿Qué es Construcción LEAN?*. Obtenido de presentaciones de clase.
- Pons, F. (2014). Introducción a Lean Construction. *Fundación Laboral de La Construcción*. www.fundacionlaboral.org
- Porras, H., Sánchez, O., y Galvis, J. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción. *Avances Investigación En Ingeniería*, 11(1), 32. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.298>
- Rubio, I., y Pons, J. (2019). *LEAN CONSTRUCTION y la planificación colaborativa*. (1st ed.). Consejo General de la Arquitectura técnica de España (CGATE). https://www.cgate.es/pdf/LEAN_CONSTRUCTION_PDF_Web.pdf