

**Propuesta de mejora en la
planificación y control de los
proyectos mediante la
implementación de la
metodología Last Planner para
DICOMA Construcción.**

ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN
CONSTANCIA DE PRESENTACIÓN PÚBLICA DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

Propuesta de mejora en la planificación y control de los proyectos mediante la implementación de la metodología Last Planner para DICOMA Construcción

Llevado a cabo por el estudiante:

Brenes Montero Franco

Carné: 2018179622

Proyecto de Graduación presentado públicamente ante el Tribunal Evaluador el martes 22 de agosto de 2023 como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En fe de lo anterior firman los siguientes integrantes del Tribunal evaluador:

ROMMEL LEZING
CUEVAS
KAUFFMANN
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
ROMMEL LEZING CUEVAS
KAUFFMANN (FIRMA)
Fecha: 2023.08.24 09:51:47
-06'00'

Ing. Rommel Cuevas Kauffmann
Representante Director de la Escuela

MILTON ANTONIO
SANDOVAL
QUIROS (FIRMA)

Firmado digitalmente por
MILTON ANTONIO
SANDOVAL QUIROS (FIRMA)
Fecha: 2023.08.22 13:50:20
-06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós, MBA
Profesor Guía

MIGUEL FRANCISCO
ARTAVIA ALVARADO
(FIRMA)

Firmado digitalmente por MIGUEL
FRANCISCO ARTAVIA ALVARADO
(FIRMA)
Fecha: 2023.08.23 08:54:04 -06'00'

Ing. Miguel Artavia Alvarado, MAP
Profesor Lector

MARIA
FERNANDA
ARIAS PORRAS
(FIRMA)

Firmado digitalmente
por MARIA FERNANDA
ARIAS PORRAS (FIRMA)
Fecha: 2023.08.22
13:27:11 -06'00'

Ing. Fernanda Arias Porras, MGP
Profesora Observadora

Resumen

El presente trabajo final de graduación consistió en la implementación de una mejora en el método actual que aplica la empresa DICOMA Construcción para la planificación y control de proyectos de construcción. El proyecto tiene como base para el objetivo general la integración de los conceptos y procesos que componen la metodología Last Planner.

Para cumplir el objetivo planteado en el proyecto se analizó el estado actual de la empresa respecto a los procesos de planificación y control que se aplican durante la ejecución de los proyectos con el fin de aplicar los procedimientos adecuados que establece la metodología Last Planner.

Como resultado, se obtuvo una herramienta de planificación y control bajo la metodología Last Planner en el software Ms Excel, la cual se aplicó al proyecto Remodelación PALI Cañas y se evaluó su desempeño durante la ejecución del proyecto.

Como conclusión más importante se tiene que, el método de planificación semanal que brinda la herramienta permite obtener el rendimiento presentado en el proyecto según la cantidad de actividades que se planificaron de manera inicial respecto a las que fueron completadas en su totalidad, además se obtienen las causas de no cumplimiento que permiten tomar medidas correctivas para las planificaciones futuras.

Palabras clave: Last Planner, planificación, control, ejecución de proyectos.

Abstract

This final graduation work consisted of the implementation of an improvement in the current planning and control method applied by the company DICOMA Construcción in construction projects. The project's general objective is based on the integration of the concepts and processes that make up the Last Planner methodology.

In order to meet the objective set out in the project, the current state of the company was analyzed with respect to the planning and control processes applied during the execution of the projects in order to apply the appropriate procedures established by the Last Planner methodology.

As a result, a planning and control tool was obtained under the Last Planner methodology in the Ms Excel software, which was applied to the PALI Cañas Remodeling project and its performance was evaluated during the execution of the project.

The most important conclusion is that the weekly planning method provided by the tool allows obtaining the performance presented in the project according to the number of activities that were initially planned with respect to those that were completed in their entirety, in addition to obtaining the causes of non-compliance that allow taking corrective measures for future planning.

Keywords: Last Planner, planning, control, construction project

**Propuesta de mejora en la
planificación y control de los
proyectos mediante la
implementación de la metodología
Last Planner para DICOMA
Construcción.**

Propuesta de mejora en la planificación y control de los proyectos mediante la implementación de la metodología Last Planner para DICOMA Construcción.

FRANCO EZEQUIEL BRENES MONTERO.

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

Septiembre del 2023

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Resumen ejecutivo	1
Introducción	3
Marco teórico	6
Metodología	10
Resultados y análisis	15
Referencias bibliográficas	72
Anexos	80

Resumen ejecutivo

El presente documento corresponde al informe final del proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción. El principal objetivo de la práctica fue implementar la metodología Last Planner en la Empresa DICOMA Construcción como método de mejora en la planificación y control de proyectos.

La empresa DICOMA Construcción pertenece a la corporación DICOMA, la cual cuenta con 15 años de experiencia en el ámbito de la construcción en Costa Rica, Panamá, Nicaragua, Honduras, Guatemala, El Salvador y México. El fuerte de la empresa corresponde a proyectos de remodelación y construcción de naves industriales, diseño y construcción de viviendas, sistemas metalmecánicos y electromecánicos. Entre sus principales clientes se destacan Arcos Dorados y Corporación de Supermercados Unidos.

En la actualidad, la empresa no cuenta con un procedimiento completo de planificación y control de proyectos bajo la metodología Last Planner. Para la planificación de actividades utilizan un cronograma detallado, el cual se emplea durante el desarrollo de cada proyecto y de manera semanal programan las actividades según el avance presentado hasta la fecha. La planificación es incompleta y no se analizan los procesos intermedios que permiten una programación mas acertada, esto ha generado que las actividades no se realicen a tiempo y que la duración total de los proyectos sea mayor a la estimado, lo cual genera pérdidas económicas importantes.

Debido al problema que presenta la empresa, se planteó de forma inicial, analizar la situación actual de la empresa respecto a los procesos que aplica para la planificación y control de proyectos, de manera que se identificó la estructura que siguen los ingenieros en la ejecución de los proyectos. La planificación inicia desde el proceso de licitación de los proyectos con el desarrollo del presupuesto y el cronograma inicial, en esta etapa se discute la complejidad de las actividades y se determina de forma preliminar la manera en que serán realizadas, esto con el fin de lograr estimar tanto la duración como el costo de forma precisa. Por otro lado, respecto al control de los proyectos, antes de iniciar el proyecto se genera el cronograma final, el cual es utilizado como medio para planificar y ejecutar las actividades de forma semanal. La obtención de la estructura que sigue la empresa durante el desarrollo de los proyectos permitió determinar las técnicas por implementar y que procesos se pueden mantener o mejorar.

Una vez obtenidos los métodos que sigue DICOMA Construcción para la planificación y control de proyectos, se propusieron los procesos a implementar de la metodología Last Planner. Se identificaron procesos a implementar en la herramienta, los cuales son: planificación intermedia, análisis de restricciones, inventario de trabajo ejecutable, planificación semanal con sus respectivos gráficos de desempeño y una hoja específica para el porcentaje de actividades completadas para la fase completa, la cual se compone de cuatro semanas del proyecto, es decir, el proceso debe repetirse cada mes.

Se desarrollo una herramienta Last Planner mediante el software Ms Excel, la cual se aplica sobre los procesos actuales e implementa las técnicas de planificación y control faltantes, además, se generó una guía de uso que permite al usuario seguir paso por paso todo el proceso de planificación y control de actividades.

Por último, se evaluó el desempeño de la herramienta al aplicarse en el proyecto Remodelación PALI Cañas. Se formuló la planificación intermedia de acuerdo con las actividades seleccionadas del plan maestro (cronograma) y se clasificaron las actividades según su disponibilidad de ser ejecutadas. Se crearon las secciones de análisis de restricciones e inventario de trabajo ejecutable. En la sección de análisis de restricciones se determinó cuáles causas de no cumplimiento impiden que las actividades puedan dar inicio.

Se planificó de manera semanal durante cuatro semanas y se determinó las actividades que fueron completadas al 100%, así como aquellas que no pudieron culminarse, además, esta sección cuenta con gráficos de causas de no cumplimiento y porcentaje de actividades completadas semanales que se utilizó como medio para aplicar acciones correctivas en planificaciones futuras. Como último paso, se generó el gráfico de porcentaje de actividades completadas para las cuatro semanas que componen la primera fase de planificación, lo cual permitió comparar el avance obtenido en el total de actividades según lo programado de manera inicial.

Como principales conclusiones, se identificó que la empresa DICOMA Construcción no aplica de manera completa la metodología Last Planner para la planificación y control de proyectos. Se identificaron los procesos necesarios que no son aplicados por la empresa y que son necesarios para que la metodología Last Planner pueda ser aplicada de forma efectiva. Se desarrolló una herramienta para la planificación y control de proyectos bajo la metodología Last Planner, la cual contiene una guía de uso para que cualquier usuario pueda completar las técnicas implementadas. Finalmente, se validó el funcionamiento de la herramienta al aplicarla en un proyecto en proceso de ejecución.

La importancia del desarrollo de la práctica profesional radica en que la implementación de una mejora en los procesos actuales de planificación y control se refleja en múltiples beneficios, tanto para la empresa en términos económicos, como para los clientes que requieren que sus proyectos sean completados lo antes posible. De igual manera, para la Escuela de Ingeniería en Construcción es importante que sus estudiantes promuevan el desarrollo del sector construcción en el país al implementar metodologías muy poco utilizadas por las empresas, como es el caso de Last Planner.

Introducción

Los proyectos de la industria de la construcción se han caracterizado por presentar problemas en cuanto a la planificación y control. Los métodos tradicionales se basan en métodos lineales de planificación y control llamados *push*, los cuales son ineficientes y por lo general, imposibilitan el cumplimiento del plazo de los proyectos. Para ello, en los últimos años se han desarrollado mecanismos que permiten ejecutar los proyectos de una manera eficiente, evitando reprocesos, tiempos muertos y aumentando la productividad general del proyecto.

Respecto a la planificación y control de proyectos, Angeli (2017) explica que son dos herramientas esenciales para la construcción y son realizadas por distintas personas, en sitios diferentes dentro de la organización y durante varias veces dentro de la vida del proyecto. Una buena planificación debe ser enfocada hacia los objetivos globales y sus restricciones. Por lo tanto, es esencial el desarrollo de una metodología que permita a las empresas planificar y tener un control de sus proyectos de construcción.

Last Planner System es uno de los métodos más aplicados en la actualidad por las empresas constructoras. En este nuevo sistema se introducen, de forma adicional a la planificación general de la obra (plan maestro), planificaciones intermedias y semanales y el seguimiento de lo planificado a través del indicador PAC (Porcentaje de asignaciones completadas), además, se cuentan con secciones específicas de análisis de restricciones para las actividades que aún no pueden desarrollarse, así como un inventario de trabajo ejecutable que permite tener a disposición las actividades que se encuentran disponibles para dar inicio.

La empresa planifica y controla sus proyectos de acuerdo con lo indicado en un cronograma detallado, el cual es elaborado mediante la herramienta Microsoft Project y utilizado como base para la planificación semanal de actividades. Según indica el Departamento de Ingeniería, los procesos que se siguen actualmente no permiten que se lleve a cabo de manera eficiente el desarrollo de los proyectos, esto debido a que a través de los años se ha evidenciado que son ineficientes e incompletos.

En general, la planificación de actividades ha resultado no ser la más adecuada debido a que se presentan atrasos e incoherencias respecto a lo que realmente se realiza durante la ejecución de los proyectos, además, no se tiene un control que permita tomar medidas correctivas, lo cual se ha reflejado en muchas ocasiones en la necesidad de extender los tiempos de la ruta crítica que se planifica en el cronograma, extendiendo así la duración total del proyecto. Estos problemas han representado grandes pérdidas económicas para la empresa,

Por lo tanto, se evidencia la necesidad de elaborar un procedimiento de planificación y control para la empresa DICOMA Construcción basado en la metodología Last Planner que permita mejorar los resultados que se obtienen durante la ejecución de los proyectos.

Objetivos

Para el desarrollo de este proyecto se presentan los siguientes objetivos.

Objetivo general

- Implementar la metodología Last Planner para la mejora de la planificación y control de los proyectos constructivos en la empresa DICOMA Construcción.

Objetivos específicos

- Realizar un análisis de la metodología actual utilizada en DICOMA Construcción para la planificación y control de los proyectos para la identificación de oportunidades de mejora.
- Identificar mediante una revisión bibliográfica las actividades o procedimientos que son los más adecuados para la aplicación de la metodología Last Planner en los proyectos de construcción.
- Diseñar los métodos y herramientas necesarias para la mejora de los procesos actuales de planificación y control de proyectos mediante la implementación de la metodología Last Planner.
- Implementar los métodos y herramientas diseñados en un proyecto de construcción para la determinación de su efectividad y posibilidades de mejora.

Alcance y limitaciones

La propuesta de mejora en la planificación y control de los proyectos mediante la implementación de la metodología Last Planner para DICOMA Construcción tiene como alcance los puntos mencionados a continuación.

Primeramente, se analiza la situación actual de la empresa respecto a las técnicas y procesos que se aplican como medio de planificación y control de los proyectos. Posteriormente, se propone el procedimiento para implementar Last Planner y se definen los nuevos procesos por implementar o mejorar en caso de que ya se apliquen. Se desarrollará una herramienta Last Planner por medio de Ms® Excel que pueda ser aplicada durante las fases de planificación y control en los proyectos que ejecuta la empresa, además, debe contar con una guía de uso para el usuario en la que se explicarán todos los pasos necesarios para utilizar de manera correcta la herramienta y que puedan ser aplicados todos los procesos integrados. Por último, se verificará el funcionamiento de la herramienta al aplicarla en un proyecto que se encuentre en proceso de ejecución.

La identificación de los procesos actuales que aplica DICOMA Construcción para la planificación y control de proyectos se realizará por medio de encuestas y entrevistas personales al Departamento de Ingeniería, además, se solicitará información sobre las necesidades que presenta la empresa respecto a los nuevos procesos Last Planner por implementar.

La revisión bibliográfica de los desafíos que se presentan y de las recomendaciones que deben seguirse como equipo para alcanzar el éxito en las fases de implementación y aplicación Last Planner permite proponer los procesos a implementar que serán desarrollados en una herramienta que pueda ser utilizada por los ingenieros.

El desarrollo de la herramienta se realizará en Ms® Excel con la implementación de hojas de trabajo que permiten planificar desde un nivel macro como lo es cronograma hasta un nivel detallado y por fases, como lo es la planificación semanal de actividades. Se contará con una interfaz sencilla y fácil de usar por medio de botones y colores específicos que funcionarán por medio de macros que ejecutarán una serie de pasos de manera automática, esto con el fin de que optimizar el tiempo que se dedica a la planificación de actividades. Respecto al control de los proyectos, la herramienta contará con indicadores por medio de gráficos que permiten a los ingenieros conocer el estado de las actividades, así como las causas que no permiten su ejecución, además, se podrán tomar medidas correctivas de acuerdo con los resultados semanales que se obtienen en cada caso.

Por último, para evaluar el desempeño de la herramienta se aplicará a un proyecto que se encuentre en proceso de ejecución. Se trabajará en conjunto con los ingenieros para planificar las actividades durante un periodo de tiempo, de manera que se logre tener un control de lo que se ejecutará semanalmente en el proyecto.

Por cuestiones de tiempo y de los largos periodos que implica la culminación de los proyectos que desarrolla la empresa, no fue posible aplicar la planificación y control mediante la herramienta diseñada para la totalidad del proyecto analizado. Esto generó que los datos obtenidos no sean completamente representativos. Por otro lado, la disponibilidad de los ingenieros fue muy limitada, por lo que, en cortos periodos de tiempo fue necesario abarcar muchos aspectos tanto para la obtención de información de la situación actual de la empresa como para la aplicación de la herramienta como medio de planificación y control de proyectos.

Agradecimientos

Primeramente, quiero agradecer a toda mi familia por el apoyo que me han brindado durante mis años de estudio, en especial a mi madre Beatriz y mi padre Mauro que han sido mi mayor inspiración y siempre han estado presentes para ayudarme a cumplir mis metas. Agradezco a mi novia Dahiana que siempre ha estado a mi lado apoyándome y a mis amigos de carrera que estuvieron presentes en todo momento.

También agradezco al Instituto Tecnológico de Costa Rica y a los profesores de la carrera de Ingeniería en Construcción por toda la enseñanza brindada y por haber sido los guías que permitieron convertirme en un profesional. De igual forma, a mi profesor guía Milton Sandoval Quirós por su apoyo y disposición durante el desarrollo del presente proyecto de graduación.

Por último, quiero agradecer a la empresa DICOMA Construcción por permitirme realizar la práctica profesional y por haberme brindado experiencia y conocimiento en el ámbito laboral. De igual forma, quiero agradecer a todo el personal de la empresa por todo el apoyo y tiempo brindado hacia mi persona.

Marco teórico

La planificación y control son fases que se presentan en todos los proyectos de construcción, por lo que, la aplicación de una metodología que permita ejecutar estas fases de manera correcta representa el éxito de cualquier proyecto constructivo.

Planificación y control de proyectos

Según lo indicado por Mattos & González (2014) los procesos de planificación y control desempeñan un papel principal en las empresas, ya que tienen un fuerte impacto en el rendimiento de la producción. Por lo tanto, es importante que las empresas inviertan en aplicar procesos de planificación y control que permitan aumentar la productividad durante la ejecución de los proyectos.

Planificar adecuadamente se convierte en uno de los más efectivos métodos para incrementar la productividad, lo cual mejora la producción mediante la eliminación de esperas, se realizan las actividades en la secuencia más conveniente y coordina la interdependencia de las múltiples actividades por realizar (Álvarez & Botero, 2005).

Método tradicional

La gestión de tareas tradicional supone un cierto proceso de producción. En la práctica, debido a la variabilidad inherente de la producción en la construcción, la gestión de tareas prevista degenera en un ajuste mutuo por parte de los equipos en el sitio (Koskela, 1999).

El método tradicional de planificación y control de proyectos, según Ballard (2000) se centra en una estrategia llamada *pull*, en el que el propósito del control es hacer que los eventos se ajusten a un plan, siendo el tiempo y los recursos la variable de control. Se puede decir que este método prioriza los procesos antes que el flujo de las actividades, además, no es preventivo, es decir, solo identifica tareas previas realizadas para seguir avanzando. El problema radica en que se sigue una única línea de control, un único flujo que fácilmente se desactualiza.

La importancia de investigar el método tradicional de planificación y control de proyectos proviene de la necesidad de identificar malos hábitos de control en la empresa y que, de esta manera, se puedan aplicar medidas de corrección.

Last Planner

El sistema Last Planner, según Sanchis (2013), se define como un método de trabajo basado en la filosofía Lean, cuyo objetivo es conseguir un flujo de trabajo continuo y una disminución de las pérdidas o tareas que no aportan valor. El Last Planner pretende llevar los objetivos generales de proyecto a la realidad del día a día, transformando las ideas generales a programas reales subdividiendo la programación por ámbito y zonas aplicando herramientas de programación en cascada.

Last Planner incorpora la programación llamada *pull*, en la que los planificadores prometen solo el trabajo que puede realizarse en las reuniones semanales del plan de trabajo, a diferencia de la programación convencional, donde el trabajo que debe realizarse se planifica en reuniones semanales y el énfasis está en adherirse a un programa maestro (Porwal et al. 2010).

Mediante este sistema, se pretende que el flujo de trabajo no se vea afectado por falta de materiales, incumplimiento de subcontratistas, falta de mano de obra, entre otros. Por lo tanto, debe existir una planificación constante durante todo el desarrollo del proyecto, esto se logra mediante tres niveles de programación: plan maestro, plan intermedio y plan semanal.

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 intermedia (Rojas, 2021).

En esta fase inicial se planifica de forma general, se deben definir hitos clave, los cuales funcionan como referencia para poder planear de forma *pull*. Algunos de los procesos a seguir para el planeamiento *pull* son: definir las actividades necesarias para cada fase del proyecto, se debe agregar las duraciones respectivas para cada actividad. Se debe verificar la secuencia lógica constructiva de lo que se va planeando para reducir tiempos, además, importante analizar las posibles fechas tardías y tempranas, esto con el fin de determinar el mejor tiempo de inicio.

Plan intermedio

Esta programación toma las actividades que se van a desarrollar y las observa más al detalle, lo que se hace es observar en la programación que actividades se iniciarán en un periodo de 6 a 12 semanas, dependiendo de qué tan ajustado este el cronograma, con el fin de definir que se “puede” hacer (García, 2012).

Las actividades son exploradas con más detalle, lo cual permite determinar las subtareas para su ejecución, y que pueden entenderse como prerrequisitos de trabajo, directrices o recursos necesarios para su realización, que se conocen como restricciones (Álvarez & Botero, 2005). Esta es la fase de planificación en la que las actividades entran en un proceso para que puedan ser liberadas de cualquier restricción y que, posteriormente, puedan ser ejecutadas.

Análisis de restricciones

El análisis de restricciones proviene de la planificación intermedia, las actividades que no puedan ser ejecutadas por alguna condición específica deben entrar en un proceso de liberación de restricciones con una fecha límite, en donde, las personas que se asignen a dicha actividad deben encargarse de que la actividad se encuentre lista para su ejecución para la fecha propuesta de manera inicial.

La función principal del análisis de restricciones es analizar las condiciones necesarias para que una actividad pueda ser ejecutada, identificando cuáles son las restricciones que impidan realizarla. Esto hay que acompañarlo con una estrategia que permita resolverlas a tiempo para que las actividades puedan ser ejecutadas según lo planificado (Pons & Rubio, 2019).

Inventario de trabajo ejecutable

Luego de que se realizaron las diligencias y gestiones requeridas para eliminar las restricciones que pudiesen tener las actividades, dichas actividades pasan inmediatamente a una lista de actividades que se pueden ejecutar. Esta lista es el llamado inventario de trabajo ejecutable. En esta etapa, 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 no puedan ser ejecutadas en el momento que se desee (Alpizar, 2017)

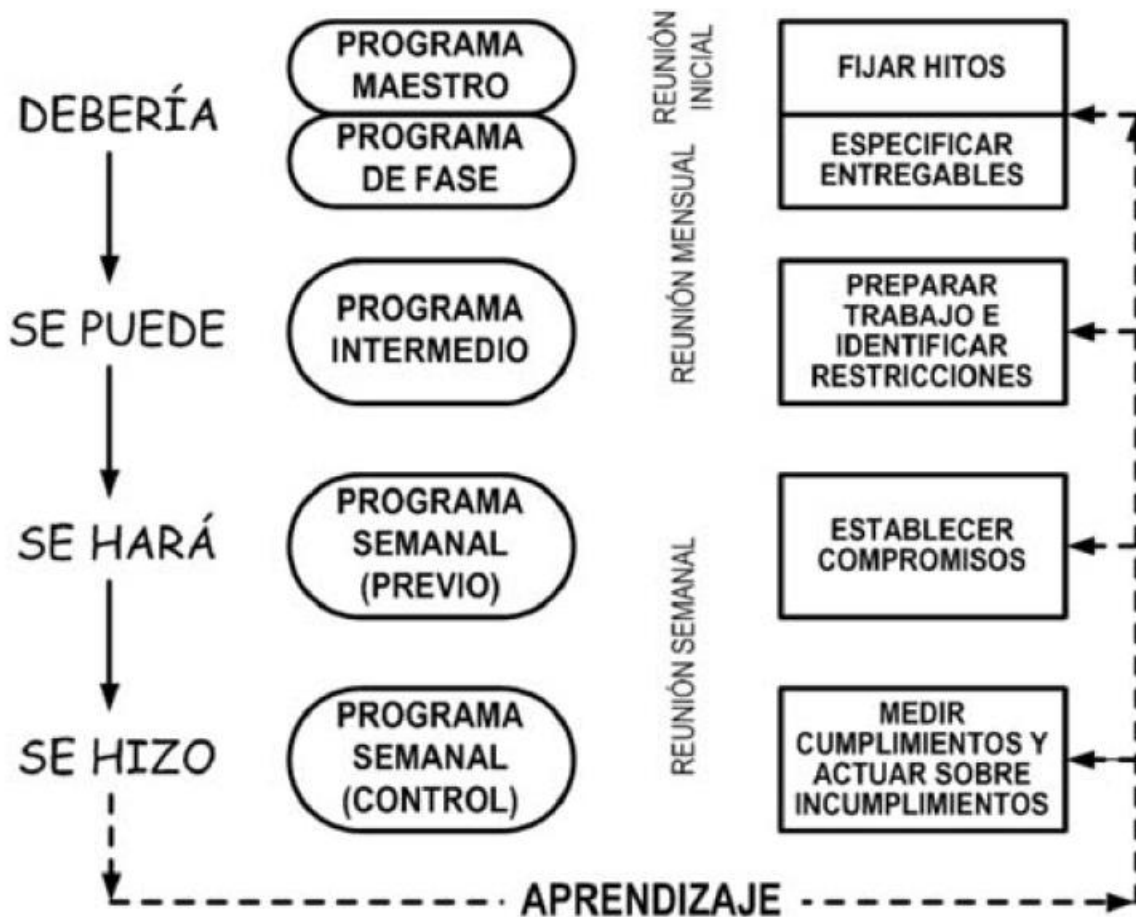
Plan semanal

La programación semanal es la encargada de definir lo que “se hará” durante la semana entrante en función de los objetivos cumplidos en la planificación semanal finalizada, de los previstos en la planificación intermedia y de las restricciones existentes (Rodríguez, 2011).

Al finalizar o iniciar la semana siguiente se programa una nueva reunión en la que primero se hace una evaluación del Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) y se observan las causas de no cumplimiento con el fin de tomar acciones correctivas y retroalimentar el sistema, y segundo se elabora la programación para la siguiente semana (García, 2012).

En la siguiente figura se resumen los niveles de planificación del sistema Last Planner.

Figura 1. Niveles de planificación en Last Planner.



Fuente: Rodríguez (2011).

Indicadores Last Planner

Los indicadores son datos que se recolectan durante el desarrollo de cada proyecto, estos permiten mantener un control del equipo de trabajo y ayudan a identificar los procesos y puntos por mejorar durante la ejecución de los proyectos.

Porcentaje de actividades completadas

El porcentaje de actividades completadas corresponde a evaluar las actividades semanales completadas al cien por ciento con respecto a las que se planificaron inicialmente, esto con el fin de analizar la confiabilidad del equipo de trabajo. El porcentaje de actividades completadas no es un indicador de avance sino más bien un indicador que mide qué tan confiable somos cuando asumimos compromisos como equipo (Pons & Rubio, 2019).

Causas de no cumplimiento

Las causas de no cumplimiento representan las razones por las cuales el plan de trabajo semanal no es completado en un 100%, o sea, porqué algunas de las actividades programadas para la semana no pudieron ser ejecutadas, o sólo una parte ellas (Alpízar, 2017).

Algunas causas de no cumplimiento que pueden presentarse durante la ejecución de los proyectos, se presentan a continuación:

- Mala planificación
- Falta de mano de obra (tanto en calidad como en cantidad)
- Incumplimiento por parte de los subcontratistas.
- Falta de materiales
- Falta de equipos
- Problemas de diseño.

El ataque sistemático a las causas de no cumplimiento puede aumentar la confiabilidad de la planificación futura (Rodríguez, 2011). La identificación de las causas correctas de no cumplimiento y de su porcentaje de ocurrencia en un proyecto es vital para poder reforzar los puntos débiles durante el desarrollo de las actividades.

Proceso de mejora

Es importante destacar que para cerrar el ciclo de planificación se deben tomar acciones correctivas que ayuden a mejorar el desempeño del sistema de planificación y de la obra en general. La metodología de Last Planner no será tan eficiente si no se toman acciones rápidas en base al conocimiento y si no se genera aprendizaje en base a los errores cometidos (Pons & Rubio, 2019).

Metodología

En la siguiente sección se muestran los mecanismos aplicados para cumplir los objetivos de la práctica profesional. El tipo de investigación empleado, los sujetos y fuentes de información, las técnicas e instrumentos de recolección, la forma de análisis y procesamiento de la información son los conceptos principales que se desarrollan a continuación.

Tipos de investigación

La investigación científica se concibe como un conjunto de procesos sistemáticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno; es dinámica, cambiante y evolutiva (Hernández, 2014). El enfoque de la investigación permite adquirir la información adecuada, de forma que pueda ser aplicada para solucionar los distintos problemas planteados. De acuerdo con lo mencionado por Monje (2011), el método más importante conocido por el ser humano para conocer, explicar, interpretar y transformar la realidad es la investigación.

Los tres tipos de investigación que se explican en este apartado son, principalmente, las que fueron utilizadas para el desarrollo de esta práctica profesional.

Investigación cualitativa

La investigación cualitativa intenta hacer una aproximación global de las situaciones sociales para explorarlas, describirlas y comprenderlas de manera inductiva. Es decir, a partir de los conocimientos que tienen las diferentes personas involucradas en ellas y no deductivamente, con base en hipótesis formuladas por el investigador externo (Monje, 2011).

Este tipo de investigación se utiliza en la práctica profesional para entender la situación actual de DICOMA construcción y poder relacionarlo con lo que se indica en la teoría de la aplicación de la metodología Last Planner.

Investigación aplicada

La investigación aplicada tiene por objetivo la generación de conocimiento con aplicación directa y a mediano plazo en la sociedad o en el sector productivo. Este tipo de estudios presenta un gran valor agregado por la utilización del conocimiento que proviene de la investigación básica (Lozada, 2014).

El uso de este tipo de investigación se da mediante la aplicación de la metodología Last Planner sobre los procesos actuales de planificación y control de los proyectos con los que cuenta la empresa DICOMA Construcción, esto mediante el conocimiento adquirido en el desarrollo de la práctica profesional.

Investigación descriptiva

Según lo indicado por Monge (2011), la investigación descriptiva busca describir de modo sistemático las características de una población, situación o área de interés.

En este caso, la investigación descriptiva es utilizada en los análisis que se realizan en la empresa DICOMA Construcción sobre la situación actual en cuanto a planificación y control de los proyectos, esto con el fin de identificar la forma más eficiente de aplicar la metodología Last Planner.

Sujetos y fuentes de información

Una fuente de información es todo aquello que proporciona datos para reconstruir hechos y las bases del conocimiento (Rivera y González, 2015). En esta sección se exponen los principales sujetos y fuentes de información, tanto primarias como secundarias, utilizadas para la recolección de datos.

Fuentes primarias

Son todos aquellos usuarios y acompañantes a quienes se les aplicó un instrumento de investigación. En este caso, los datos provienen directamente de la población o una muestra. (Miranda y Acosta, 2009).

Entre en las principales fuentes de información primarias existentes para el correcto desarrollo de la investigación se pueden destacar las siguientes:

- Resultados de las entrevistas a los ingenieros DICOMA Construcción encargados de la ejecución de los proyectos constructivos.
- Resultados de las encuestas formuladas a los profesionales de DICOMA Construcción.
- Libros y documentos con información relacionada a la aplicación de Last Planner en proyectos de construcción.
- Resultados de las entrevistas a ingenieros con conocimiento en Last Planner, planificación y control de proyectos.

Fuentes secundarias

Son las que contienen información primaria, sintetizada y reorganizada. Están especialmente diseñadas para facilitar y maximizar el acceso a las fuentes primarias o a sus contenidos (Miranda y Acosta, 2009).

Las fuentes de información secundarias que se aplican en esta práctica profesional son, en su mayoría, documentos donde se evidencie la aplicación y resultados de la metodología Last Planner en proyectos de construcción, las cuales, se detallan a continuación:

- Mejorando la práctica de gestión de la construcción con el sistema Last Planner: estudio de un caso (Tzortzopoulos y Koskela, 2014).
- Implementación del sistema Last Planner en edificación en altura en una empresa constructora: Estudio de casos de dos edificios en las comunas de Las Condes y San Miguel (Angeli, 2017).
- Last Planner System. Un Caso de Estudio (Sanchis, 2013).

Sujetos de información

Se considera fuentes de información a los materiales o productos, originales o elaborados, que aportan información o testimonios a través de los cuales se accede al conocimiento (Castillo, 2002). Los ingenieros de DICOMA Construcción a los que se pretende entrevistar, son los principales sujetos de información de

esta práctica profesional. A continuación, se detallan los sujetos de información a los cuales se le realizaron entrevistas personales, los cuales se seleccionaron debido a que son los ingenieros más experimentados y con más tiempo siendo parte de la empresa.

- Ing. Luis Diego Espinoza Montero – Gerente de ingeniería.
- Ing. Juan José Espinoza Montero – Coordinador de presupuesto.
- Roberto Rodríguez Orozco – Ingeniero de proyectos.
- Ing. Gerardo Alfaro Nietzen – Ingeniero Civil.

Con respecto a los demás ingenieros de la empresa, se pretende formular un cuestionario general con preguntas sobre Last Planner y con la planificación y control de proyectos.

Técnicas e instrumentos de recolección

En la investigación se dispone de múltiples tipos de instrumentos para medir las variables de interés y en algunos casos llegan a combinarse varias técnicas de recolección de los datos (Hernández, 2014). En esta sección se describen las técnicas y el desarrollo de los instrumentos utilizados para la recolección de información.

Descripción de técnicas e instrumentos

Las técnicas e instrumentos seleccionados para obtener la información necesaria para el desarrollo de la metodología Last Planner se presenta en la siguiente sección.

Encuestas

Las encuestas o cuestionarios se realizan a los funcionarios de DICOMA Construcción por medio de la herramienta de Google, la cual, permite enviar de manera rápida a una gran cantidad de personas y permite la obtención de datos útiles en muy poco tiempo.

Por otro lado, se van a formular encuestas para los profesionales externos a la empresa, con el fin de obtener conocimiento de personas expertas en cuanto a la aplicación de la metodología Last Planner en proyectos de construcción.

Las encuestas realizadas se presentan en la sección de resultados. Para el caso del cuestionario de Google realizado al departamento de ingeniería se consulta sobre el conocimiento general de planificación y control de proyectos, además, se consulta sobre las técnicas y herramientas que aplica la empresa para su desarrollo. Por otro lado, se consulta sobre el conocimiento y uso que se da sobre la metodología Last Planner, con el fin de conocer que procesos mejorar en la herramienta por desarrollar.

Entrevistas

Las entrevistas se coordinan con los ingenieros de DICOMA Construcción, de forma que, se pueda obtener información de experiencias y recomendaciones sobre la planificación y control durante la ejecución de los proyectos. Las respuestas obtenidas se presentan en la sección de resultados, de igual forma, las preguntas realizadas se encuentran en el apéndice 2.

El método de aplicación de las entrevistas puede variar según conveniencia de los ingenieros, se busca que su mayoría sean directamente en oficinas o en las visitas de proyecto, pero, de igual forma, se tiene considerado realizarlas también por alguna plataforma de manera virtual. En las entrevistas personales se utiliza una guía de preguntas e información a solicitar que permite abarcar todos los temas necesarios. La guía se presenta a continuación:

1. ¿Cuál es el funcionamiento interno de la empresa durante la ejecución de los proyectos?

2. Solicitar información acerca de la teoría que aplica la empresa durante los procesos de planificación y control.
3. Solicitar información sobre los procesos que ha intentado implementar la empresa para dar uso a la metodología Last Planner.
4. ¿Cuáles técnicas que se pueden implementar para que la herramienta Last Planner a desarrollar abarque las deficiencias que se necesitan reforzar por parte de la empresa?

Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica es de suma importancia para el desarrollo de la práctica profesional, puesto que, con esto se busca ampliar los conocimientos sobre Last Planner y que, de esta forma, se aplique de forma adecuada la metodología en los proyectos.

Esta técnica se utiliza en la presente práctica profesional para conocer las buenas prácticas por implementar a la hora de aplicar Last Planner en una empresa y para identificar cuales procesos fueron implementados en otros casos de éxito en donde se haya aplicado Last Planner para la planificación y control de los proyectos, de forma que puedan ser integrados a la herramienta por desarrollar.

Análisis y procesamiento de la información

A continuación, se indica la forma en que se presentaran los resultados, así como la descripción del proceso de análisis.

Presentación de los resultados

La información obtenida y necesaria para aplicar los conceptos de Last Planner puede llegar a ser muy extensa, esto debido a la gran cantidad de variables y datos que pueden presentarse en los distintos proyectos.

Los resultados de cuestionarios y entrevistas se presentan mediante gráficos y tablas que permiten visualizar las respuestas de manera sencilla para su interpretación. Durante las entrevistas personales se obtienen figuras e información relacionada con el proceso actual de planificación y control que realiza la empresa. Respecto al procedimiento de implementación para la metodología Last Planner se realizan tablas comparativas entre los procesos que se aplican en la actualidad durante la ejecución de proyectos y las técnicas que serán puestas en práctica. Para el diseño de la herramienta se utiliza el software Ms Excel, que se compone de hojas de trabajo con una serie de pasos que abarca una planificación completa y permite mantener un control de las actividades desde un punto de vista macro, como es el caso de la planificación intermedia, hasta un nivel mas específico como lo es la planificación semanal, de igual forma, se presentan gráficos circulares e histogramas con información necesaria durante el desarrollo del proyecto, además, la herramienta cuenta con una guía de uso integrada que permite al usuario aprovechar todas las técnicas implementadas. Por último, por medio de tablas, diagramas y gráficos se evalúa el desempeño de la herramienta al aplicarla a un proyecto que se encuentre en proceso de ejecución.

Descripción del proceso de análisis.

Con respecto al análisis de la información para lograr el cumplimiento de los productos planteados en los objetivos específicos, se pretende, mediante las técnicas e instrumentos de recolección, describir la situación actual de la empresa con respecto a la planificación y control de los proyectos, lo cual, permite, en primera instancia, realizar un diagnóstico para entender que se realiza de manera correcta y qué se debe mejorar o

cambiar, de forma que, sea posible implementar la metodología a desarrollar de forma adecuada y que logre adaptarse a los procesos actuales que implementa DICOMA Construcción. Para el desarrollo de la metodología se debe, primeramente, desarrollar una búsqueda de bibliografía que permita entender todos los conceptos de Last Planner y los problemas que pueden presentarse en su aplicación en la empresa. Por último, se coordina con los ingenieros de la empresa para aplicar la metodología desarrollada en algún proyecto que se encuentre en ejecución, de forma que, se pueda evaluar su efectividad y las posibilidades de mejora que se presenten en los proyectos.

El procesamiento y el análisis de información obtenidos en esta práctica profesional se realizará por medio de tablas, figuras, gráficos y cuadros comparativos, con el fin de que los datos puedan ser interpretados y analizados de forma clara, lo cual permite el correcto desarrollo de los procesos por implementar en la empresa.

Resultados y análisis

En este apartado se presentan los resultados y su respectivo análisis, los cuales corresponden al desarrollo de los objetivos planteados en la presente práctica profesional.

1. Análisis de la metodología actual utilizada en DICOMA Construcción para la planificación y control de los proyectos.

En esta sección se muestran los resultados obtenidos correspondientes al primer objetivo específico, en el cual, se busca conocer la forma en que la empresa DICOMA Construcción aplica la planificación y control de los proyectos, con el fin de identificar oportunidades de mejora. Para el desarrollo de este apartado, se realizaron encuestas al personal de la empresa, se entrevistaron ingenieros encargados de distintos departamentos y se solicitó información referente a la estructura organizativa y en la forma en que se desarrollan los proyectos.

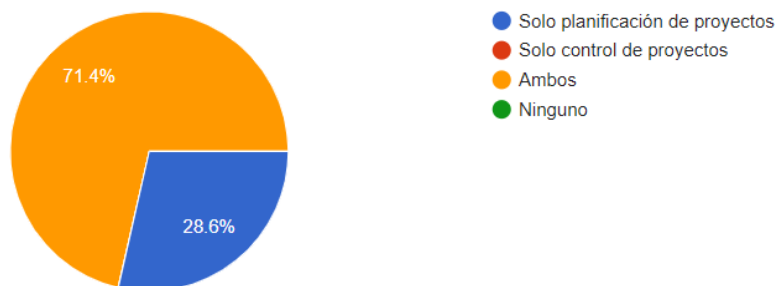
Resultado de la aplicación de cuestionarios

Para el conocimiento general sobre la manera en que la empresa aplica la planificación y control de los proyectos se aplica, inicialmente, un cuestionario al departamento de ingeniería, en el que se obtiene respuesta de todas las áreas, tales como: ingenieros electromecánicos, ingenieros de presupuesto e ingenieros de proyecto.

A continuación, se muestran las preguntas aplicadas en el cuestionario, así como la representación gráfica de los datos obtenidos.

Pregunta 1: ¿Conoce usted los conceptos de planificación y control de los proyectos de construcción?

Figura 2. Gráfico de pregunta número 1 del cuestionario



En este caso se dividen los conceptos de planificación y control, en la figura 2 se observa que, un 71,4% de los ingenieros que respondieron conocen ambos conceptos, pero el 28,6% solo conocen el concepto de planificación.

Pregunta 2: Seleccione las técnicas de planificación y control de proyectos que se utilizan en DICOMA

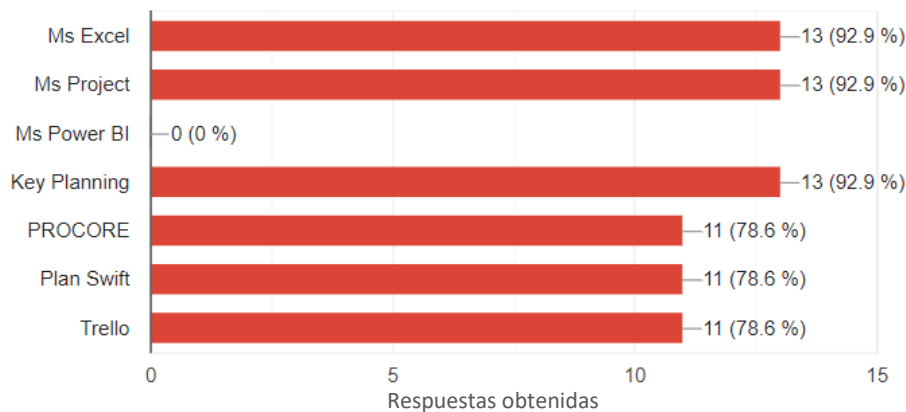
Figura 3. Gráfico de pregunta número 2 del cuestionario



Las técnicas utilizadas por la empresa se observan, gráficamente, en la figura 3, donde se tiene que, el 100% de los ingenieros participan en reuniones de seguimiento, mientras que, el menor porcentaje corresponde a la utilización de un diagrama de Gantt como método para la planificación y control de proyectos.

Pregunta 3: Con respecto a las técnicas mencionadas anteriormente. ¿Cuáles softwares o herramientas se utilizan en la empresa para aplicarlas?

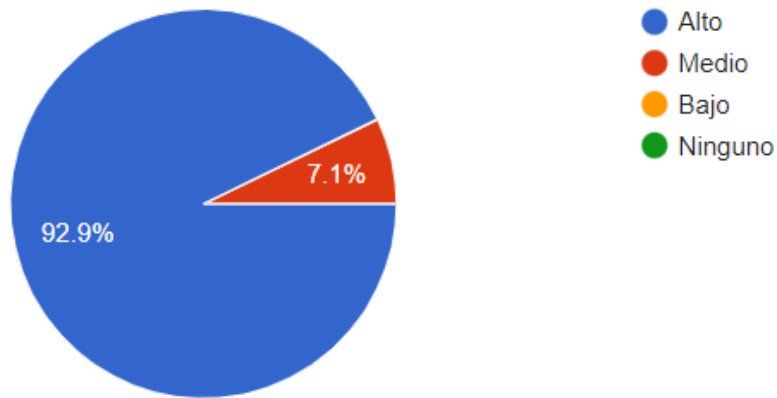
Figura 4. Gráfico de pregunta número 3 del cuestionario



Con respecto al software o herramientas utilizadas, en la figura 4 se muestra que no se utiliza por completo Ms Power BI, mientras que, herramientas como Ms Excel y Ms Project, así como Key Planning, son las herramientas más utilizadas.

Pregunta 4: ¿Qué nivel de importancia cree usted que tiene una buena planificación y control de un proyecto de construcción, para que se desarrolle de manera correcta?

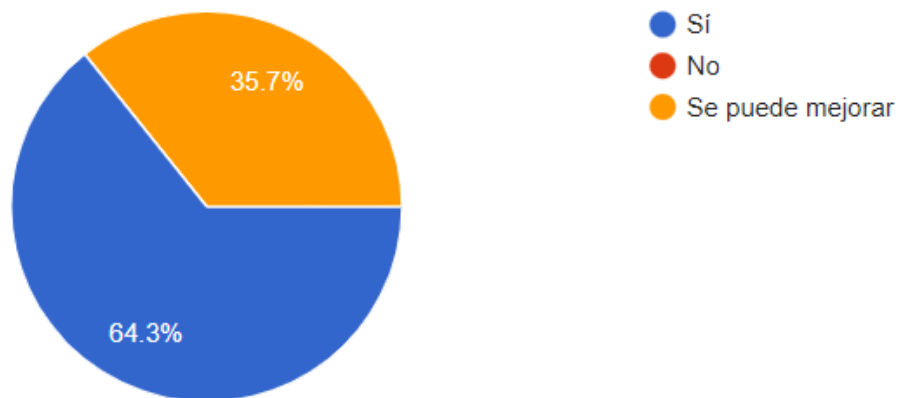
Figura 5. Gráfico de pregunta número 4 del cuestionario



En la figura 5 se aprecia que, el 92,9% afirma la importancia que tiene mantener una buena planificación y control de los proyectos para que se desarrolle de manera correcta.

Pregunta 5: ¿Cree usted que los métodos de planificación y control aplicados por la empresa permiten una ejecución adecuada de los proyectos?

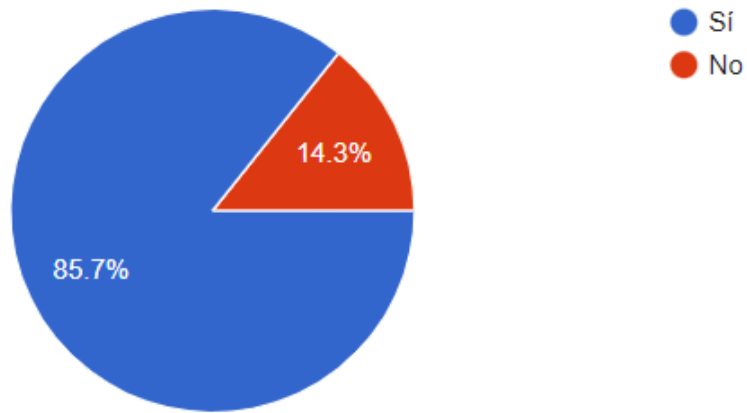
Figura 6. Gráfico de pregunta número 5 del cuestionario



Respecto a los métodos aplicados por la empresa para la planificación y control de los proyectos, en la figura 6 se evidencia que, el 64,3% de los ingenieros consideran que los métodos aplicados se pueden mejorar.

Pregunta 6: ¿Conoce usted la metodología Last Planner System?

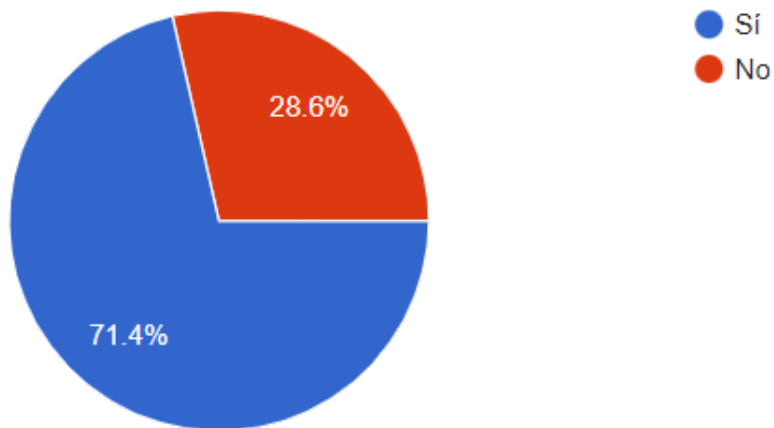
Figura 7. Gráfico de pregunta número 6 del cuestionario



Acercas de Last Planner, en la figura 7 se observa que la mayoría de los ingenieros tiene conocimiento de esta metodología, representando el 85,7% de los que realizaron el cuestionario.

Pregunta 7: ¿Ha aplicado Last Planner System en algún proyecto de la empresa?

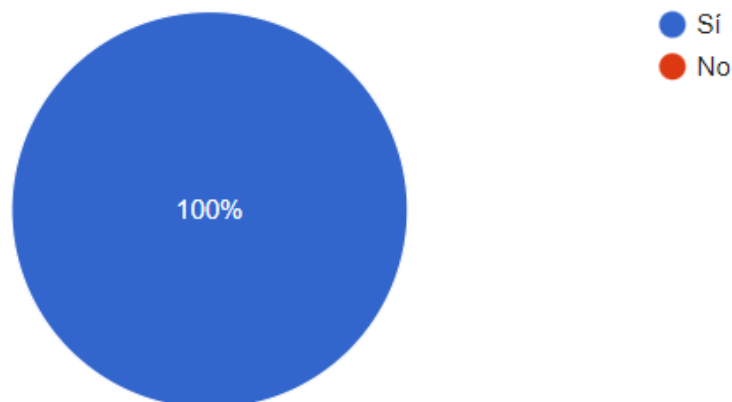
Figura 8. Gráfico de pregunta número 7 del cuestionario



Como se puede observar en la figura 8, la cantidad de respuestas positivas se reduce, con un total de 71,4% de ingenieros que consideran que se aplica la metodología Last Planner durante la ejecución de los proyectos.

Pregunta 8: ¿Cree usted que ampliar el uso de Last Planner System pueda ser favorable para la empresa?

Figura 9. Gráfico de pregunta número 8 del cuestionario



Por último, el gráfico mostrado en la figura 9 evidencia que, todo el equipo de ingenieros considera que ampliar el uso de Last Planner en los proyectos puede ser favorable para la empresa.

Situación actual de la empresa

Para determinar la situación actual de la empresa se realizaron entrevistas personales a los gerentes de proyecto y a los ingenieros encargados de los diferentes departamentos de ingeniería. En las entrevistas se solicitó información que permitió conocer la realidad con la que los ingenieros ejecutan los proyectos y en cómo se preparan desde el momento en que estos son adjudicados.

A continuación, se indican los ingenieros entrevistados, así como su ocupación como personal de la empresa.

CUADRO 1. INGENIEROS ENTREVISTADOS DE MANERA PERSONAL		
Ocupación	Profesional	Resultados
Gerente de presupuestos	Juan José Espinoza Montero	Documentos e información brindada acerca de la presupuestación de los proyectos por ejecutar.
Gerente de ingeniería	Luis Diego Espinoza Montero	Documentos e información sobre planificación y control de los proyectos por ejecutar.
Ingeniero de proyectos	Roberto Rodríguez Orozco	Información obtenida sobre la forma en que cada ingeniero ejecuta los proyectos.
Ingeniero de proyectos	Gerardo Alfaro Nietzen	Información obtenida sobre la administración y control de costos de los proyectos.

Proceso actual de planificación de la empresa

En la actualidad, cerca del 90% del trabajo realizado por DICOMA es en el sector privado, los proyectos son identificados por los gerentes de la empresa y se hacen reuniones de factibilidad para verificar la capacidad de la empresa con respecto a la complejidad de los proyectos y que, de esta manera, se pueda iniciar el proceso de licitación.

El proceso de planificación se compone de la elaboración del presupuesto detallado, el cronograma inicial, adjudicación del proyecto y la planificación inicial de los ingenieros seleccionados para ejecutar el proyecto.

Todo proyecto se inicia en el Departamento de presupuesto, en el cual se elabora el presupuesto detallado de acuerdo con el diseño presentado por el cliente, su ejemplo se muestra en la figura 10. Se utilizan plantillas elaboradas por la propia empresa mediante el uso de la herramienta Ms Excel®, estas plantillas difieren según el tipo de proyecto, ya sea construcción total o remodelación y en ocasiones deben adaptarse según las necesidades del cliente, tal como se muestra en la figura 11. El manejo adecuado de todos los elementos que componen las plantillas de presupuesto se muestra en la figura 12, es de gran importancia mantener la respectiva clasificación para su posterior uso en la ejecución del proyecto, puesto que, las cantidades destinadas para materiales, mano de obra, subcontratos, entre otros, son utilizadas para planificar de acuerdo con lo que se encuentre contemplado en esta fase del proyecto.

El presupuesto final debe ser revisado por el Departamento de ingeniería, una vez aprobado, se procede con la creación y presentación de la oferta al cliente.

Figura 10. Desglose de actividades en el presupuesto.

CENTRO DE COSTOS	Descripción	Cantid	Unidad	ELEC		1		1		1	
				mat.	I-V _{neg}	1	1	1	1	1	1
	Mano de obra demolición de cerámica baños		m2								
	Mano de demolición de paredes livianas		m2								
SUBCONTRATOS	ALQUILER DE EQUIPOS										
SUBCONTRATOS	Zonas a demoler y reparar plano C-0500		und								
	FUNDACIONES TIPO PILOTES DE GRAVA										
	FUNDACIONES CORRIDAS PC1										
	FUNDACIONES CORRIDAS PC2										
	FUNDACIONES AISLADAS PA1										
	FUNDACIONES AISLADAS PA2										
	FUNDACIONES AISLADAS PA3										
	PEDESTALES PD1										
	Concreto estructural de columnas	2.53	m3								
MANO DE OBRA	Mano de obra concreto estructural de columnas	2.53	m3								
MANO DE OBRA	Peón	20.23	hr								€1,400.00
MANO DE OBRA	Ayudante	15.17	hr								€1,700.00
MANO DE OBRA	Operario albañil	15.17	hr								€2,100.00
	Materiales concreto estructural de columnas	2.53	m3								
MATERIALES CIVILES	Concreto directo 280 kg/cm2	2.53	m3								€74,764.76
MATERIALES CIVILES	Cemento (50 kg)	0.00	sacos								€5,441.00
MATERIALES CIVILES	Arena de toja	0.00	m3								€15,000.00
MATERIALES CIVILES	Piedra cuartillo	0.00	m3								€19,000.00
MATERIALES CIVILES	Activo	0.00	tr								€847.50
	Acero estructural de columnas	413.52	kg								
MANO DE OBRA	Mano de obra acero estructural de columnas	413.52	kg								
MANO DE OBRA	Peón	0.00	hr								€1,400.00
MANO DE OBRA	Ayudante	39.28	hr								€1,700.00
MANO DE OBRA	Operario armador	39.28	hr								€2,100.00
	Materiales acero estructural de columnas	1.00	global								

Fuente: (DICOMA Corporación, 2023).

Figura 11. Tabla cliente en el presupuesto.

300	Obras en edificio					₡ 183,124,559.97
301	Concreto estructural					₡ 3,924,332.59
302	COLUMNAS					
303	Columnas (unión columna de acero con mampostería)	m3	4.20	₡ 738,846.34		₡ 3,101,381.38
304	VIGAS					
305	Vigas de concreto VC2	m3	1.53	₡ 366,449.64		₡ 559,348.73
306	Vigas de concreto VC3	m3	0.27	₡ 985,658.28		₡ 263,602.48
307	Concreto de fundaciones					₡ 19,828,719.65
308	Concreto de sello de fundaciones 105 kg/cm2	m3	8.94	₡ 126,288.99		₡ 1,129,301.38
309	PLACAS AISLADAS					
310	Concreto 280 kg/cm2 para fundaciones PA1	m3	3.72	₡ 252,061.92		₡ 937,821.60
311	Concreto 280 kg/cm2 para fundaciones PA2	m3	5.25	₡ 244,135.22		₡ 1,280,977.50
312	Concreto 280 kg/cm2 para fundaciones PA3	m3	1.33	₡ 242,898.29		₡ 321,840.23
313	PLACAS CORRIDAS					
314	Concreto 280 kg/cm2 para fundaciones PC1	m3	27.83	₡ 316,495.31		₡ 8,806,481.92
315	Concreto 280 kg/cm2 para fundaciones PC2	m3	19.75	₡ 250,354.82		₡ 4,943,956.92
316	PEDESTALES					
317	Concreto 280 kg/cm2 para pedestal PD1	m3	2.53	₡ 549,027.44		₡ 1,388,345.46
318	Concreto 280 kg/cm2 para pedestal PD2	m3	0.60	₡ 562,691.92		₡ 338,785.55
319	VIGAS DE AMARRE					
320	Concreto 280 kg/cm2 para viga de amarre de fundación VF1	m3	1.27	₡ 535,541.74		₡ 681,209.09
321	Concreto de losa de piso					₡ 75,059,824.95
322	Losa de concreto para piso en edificio PV1	m2	898.00	₡ 58,488.72		₡ 52,522,874.17

Fuente: (DICOMA Corporación, 2023).

Figura 12. Centro de costos en el presupuesto.

Cédula Jurídica 3-101-491190 / TEL: (506) 4404-0800	
www.dicomacr.com	
info@dicomacr.com	
CENTRO DE COSTOS DE OBRA	
Proyecto:	CONSTRUCCION PROTOTIPO MAYCA
Ubicación:	SAN JOSE
Fecha:	30/04/2023
Realizado por:	Franco Brenes



VERIFICACION
₡0.00000

Row Labels	Suma de SUBTOTAL C.D.
MANO DE OBRA	₡36,094,235.31
MATERIALES CIVILES	₡102,799,866.84
SUBCONTRATOS	₡113,694,417.68
ALQUILERES	₡272,250.00
ADMINISTRACION	₡16,217,482.87
OTROS COSTOS INDIRECTOS	₡4,873,333.33
SEGURIDAD OCUPACIONAL	₡0.00
MATERIALES ELECTRICOS	₡0.00
IMPREVISTOS	₡5,847,087.38
UTILIDAD	₡10,571,895.39
Grand Total	₡290,370,568.80
	₡301,985,391.55

Fuente: (DICOMA Corporación, 2023).

Todos los proyectos ofertados entran en un proceso de revisión en el que se ajustan costos y se modifican actividades hasta obtener la versión final, el cliente toma la decisión de adjudicar el proyecto a la empresa, ya sea por medio de subastas o simplemente seleccionando la mejor opción.

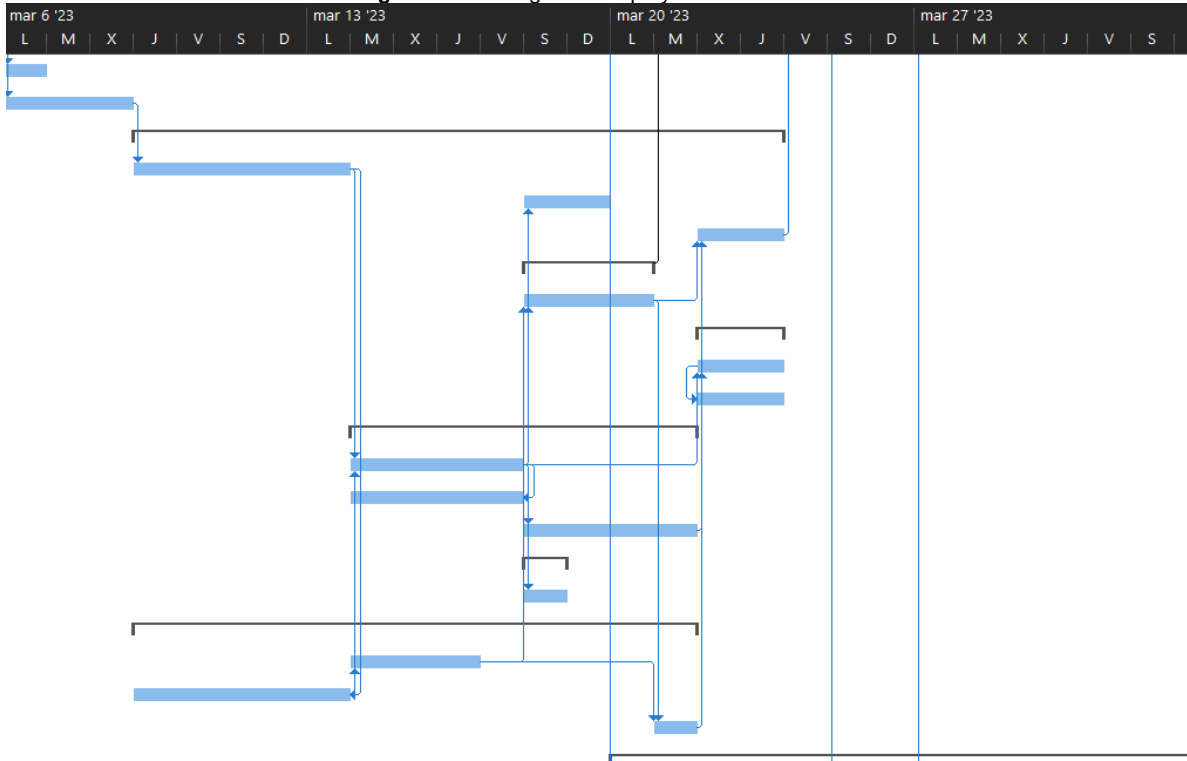
Una vez adjudicado cualquier proyecto, se asigna un ingeniero encargado, el cual, en conjunto con los demás ingenieros que estarán ejecutando el proyecto y con base en la experiencia, desarrollan el cronograma detallado tal y como se muestra en las figuras 13 y 14, contemplando todas las actividades planteadas en el presupuesto mediante el uso de la herramienta Ms Project®. El cronograma que se realiza en esta fase es el utilizado para dividir por fases el proyecto en el momento de su ejecución y es propenso a cambios según criterio del ingeniero de proyecto.

Figura 13. Cronograma del proyecto.

	i	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
79			▸ Puertas	1 día	sáb 3/18/23	sáb 3/18/23	
80			▸ Puertas de madera	1 día	sáb 3/18/23	sáb 3/18/23	76
81			▸ Sistema Eléctrico	13 días	jue 3/9/23	mar 3/21/23	
82			▸ Salidas Iluminación	3 días	mar 3/14/23	jue 3/16/23	83
83			▸ Salidas potencia	5 días	jue 3/9/23	lun 3/13/23	67FF
84			▸ Colocación de lámparas	1 día	mar 3/21/23	mar 3/21/23	71,82
85			▸ AREA DE EMPAQUE	16 días	lun 3/20/23	mar 4/4/23	
86			▸ PAREDES	16 días	lun 3/20/23	mar 4/4/23	
87			▸ Cierres de buques	6 días	lun 3/20/23	sáb 3/25/23	34FC+15 días
88			▸ Resane de Paredes	6 días	dom 3/26/23	vie 3/31/23	87
89			▸ Acabado de paredes	4 días	sáb 4/1/23	mar 4/4/23	88
90			▸ AREA DE CARRITOS	22 días	mié 3/1/23	mié 3/22/23	
91			▸ PAREDES	3 días	lun 3/20/23	mié 3/22/23	
92			▸ Cierres de buques	1 día	lun 3/20/23	lun 3/20/23	34FC+15 días
93			▸ Resane de Paredes	1 día	mar 3/21/23	mar 3/21/23	92
94			▸ Acabado de paredes	1 día	mié 3/22/23	mié 3/22/23	93
95			▸ SISTEMA ELECTRICO	1 día	mié 3/1/23	mié 3/1/23	
96			▸ Traslados de gabinetes	1 día	mié 3/1/23	mié 3/1/23	
97			▸ COMEDOR ASOCIADOS	22 días	dom 3/5/23	dom 3/26/23	
98			▸ Movimientos	1 día	dom 3/5/23	dom 3/5/23	
99			▸ Cerramiento provicional	1 día	dom 3/5/23	dom 3/5/23	34
100			▸ Demoliciones	5 días	lun 3/6/23	vie 3/10/23	

Fuente: (DICOMA Corporación, 2023).

Figura 14. Cronograma del proyecto PALI Cañas.

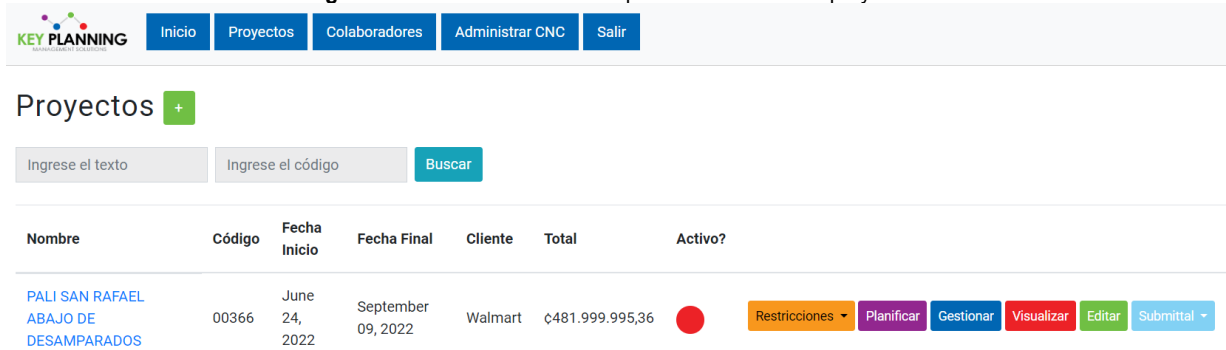


Fuente: (DICOMA Corporación, 2023).

Proceso actual de control de la empresa

Para la fase de ejecución de los proyectos se cuenta con una herramienta llamada KeyPlanning, mostrada en la figura 15, la cual fue desarrollada propiamente por la empresa, en ella se tiene el control de avance de los proyectos, donde, semana a semana, el ingeniero residente y el ingeniero de proyecto se reúnen con el gerente de proyectos e informan sobre las actividades realizadas. El gerente de proyectos es el encargado de manejar la herramienta con los datos brindados, pero para la propia ejecución de las actividades, cada ingeniero de proyecto tiene sus propios métodos, basados en su propia experiencia e independientes a la herramienta. Por lo tanto, KeyPlanning es considerado como el método de comunicación entre los ingenieros y la gerencia.

Figura 15. Herramienta utilizada para el control de los proyectos.



The screenshot shows the KeyPlanning software interface. At the top, there is a navigation bar with buttons for 'Inicio', 'Proyectos', 'Colaboradores', 'Administrar CNC', and 'Salir'. Below this, the 'Proyectos' section is active, with a search bar containing 'Ingrese el texto' and 'Ingrese el código', and a 'Buscar' button. The main content is a table with the following columns: 'Nombre', 'Código', 'Fecha Inicio', 'Fecha Final', 'Cliente', 'Total', and 'Activo?'. A single project is listed: 'PALI SAN RAFAEL ABAJO DE DESAMPARADOS' with code '00366', start date 'June 24, 2022', end date 'September 09, 2022', client 'Walmart', and total value '¢481.999.995,36'. The 'Activo?' column shows a red circle. To the right of the table, there are several action buttons: 'Restricciones', 'Planificar', 'Gestionar', 'Visualizar', 'Editar', and 'Submittal'.

Nombre	Código	Fecha Inicio	Fecha Final	Cliente	Total	Activo?
PALI SAN RAFAEL ABAJO DE DESAMPARADOS	00366	June 24, 2022	September 09, 2022	Walmart	¢481.999.995,36	●

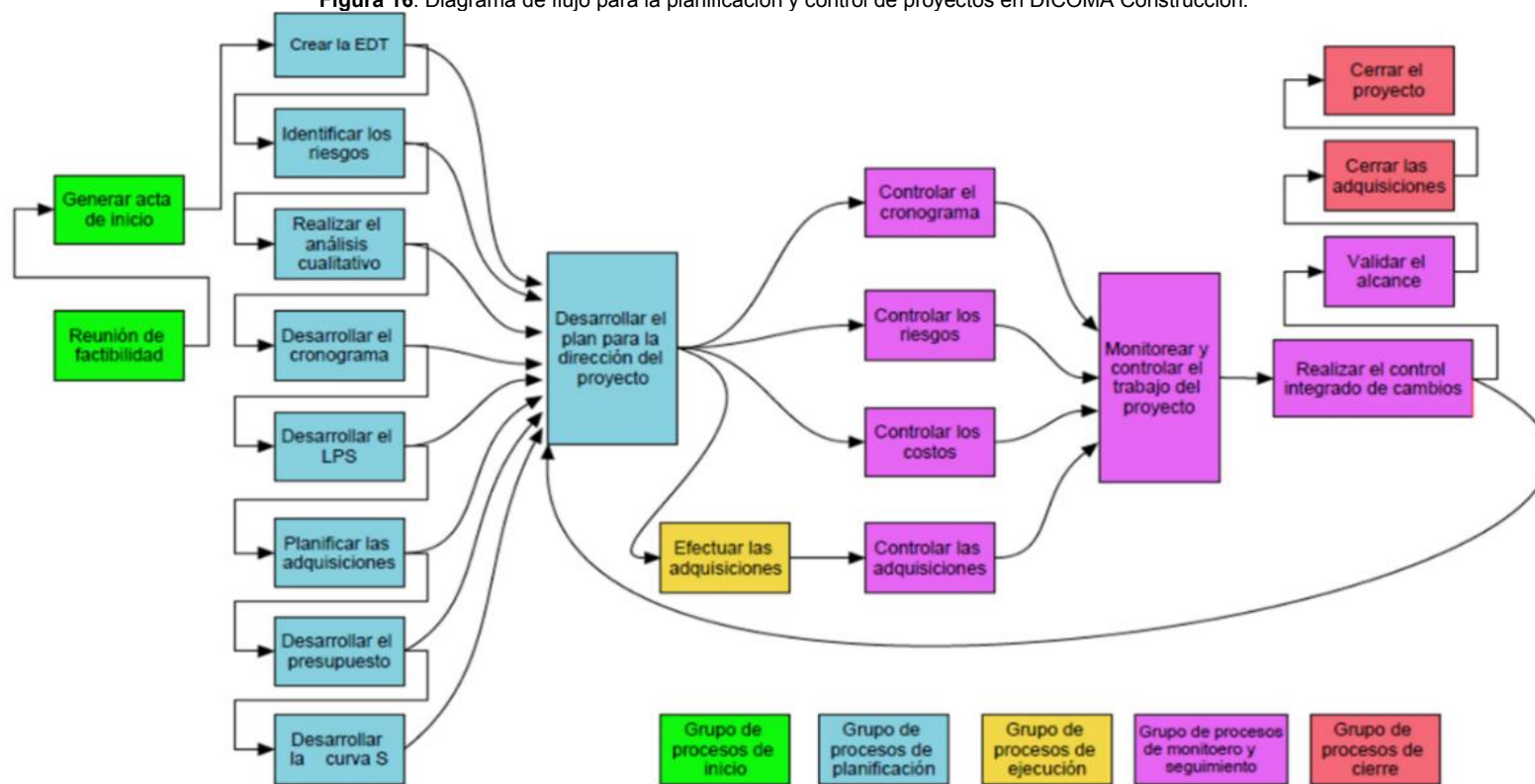
Fuente: (DICOMA Corporación, 2023).

Según el ingeniero de proyecto entrevistado, la programación semanal de actividades se realiza a su propio criterio, se analizan las actividades que están por empezar según el cronograma y se anticipa a su liberación de restricciones para que pueda ejecutarse sin problemas. En este caso, al utilizar el cronograma inicial para la selección de actividades, queda descartado el uso de planificación intermedia por parte de la empresa.

Los procedimientos por seguir para el control de los proyectos, según la información obtenida en la entrevista al gerente de proyectos, se presentan en las figuras 16 y 17. De igual forma, algunos procesos indicados no son realizados, como es el caso de la EDT, esto se debe a que cada ingeniero de proyecto tiene su forma de desarrollar los proyectos y queda a criterio de ellos mismos el aplicar todos los pasos indicados.

En el caso de la implementación de Last Planner, según el ingeniero de proyectos Roberto Rodríguez, no se siguen los lineamientos necesarios para que sea el sistema principal de control de proyectos, puesto que, no se elabora el plan maestro, tampoco existe planificación intermedia y los indicadores Last Planner no son tomados en cuenta durante la ejecución y quedan almacenados una vez finaliza cada proyecto.

Figura 16. Diagrama de flujo para la planificación y control de proyectos en DICOMA Construcción.



Fuente: (DICOMA Corporación, 2023).

Figura 17. Procesos realizados por la empresa para la ejecución de proyectos.

	Grupo de Proceso de Inicio	Grupo de Proceso de Planificación	Grupo de Proceso de Ejecución	Grupo de Proceso de Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre
Gestión de la Integración del Proyecto	Reunión de Factibilidad	Desarrollar el plan para la dirección del proyecto		Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto Realizar el Control	Cerrar Proyecto o Fase
	Desarrollar el Acta de Inicio del Proyecto			Realizar el Control Integrado de Cambios	
Gestión del Alcance del Proyecto		Crear la EDT		Validar el Alcance	
Gestión del Tiempo del Proyecto		Desarrollar LPS		Controlar el Cronograma	
		Desarrollar el Cronograma		Monitoreo del Progreso	
Gestión de los Costes del Proyecto		Determinar el Presupuesto		Controlar los Costos	
		Desarrollar la curva S			
Gestión de los Riesgos del Proyecto		Identificar los Riesgos.		Controlar los Riesgos	
		Realizar el Análisis Cualitativo de los Riesgos			
Gestión de las Adquisiciones del Proyecto		Planificar la Gestión de las Adquisiciones	Efectuar las Adquisiciones	Controlar las Adquisiciones	Cerrar las Adquisiciones
Gestión de la Calidad del Proyecto		Planificar la Gestión de la Calidad	Realizar el Aseguramiento de la Calidad	Controlar la Calidad	

Fuente: (DICOMA Corporación, 2023).

Análisis de resultados de la metodología actual utilizada en DICOMA Construcción para la planificación y control de los proyectos.

En esta sección se presenta el análisis de los resultados obtenidos con respecto a la situación actual de DICOMA Construcción con respecto a la planificación y control de los proyectos.

Resultado de la aplicación de cuestionarios

Las preguntas realizadas a los ingenieros de la empresa se aplicaron por medio de la herramienta Formularios de Google y se muestran de forma completa en el apéndice 2. Se obtuvieron respuestas de 14 ingenieros en total, todos ellos relacionados con la ejecución de proyectos, los cuales, participan en las actividades de planificación y control realizados por la empresa.

De manera inicial, se tiene en la figura 2 que la mayoría conoce los conceptos de planificación y control de proyectos, en el que, el 28,6% indica únicamente conocer la planificación de proyectos. La importancia de conocer el manejo de estos conceptos por parte de los ingenieros se centra en el poder identificar qué procesos aplicar para implementar de manera correcta la planificación y control de proyectos y los puntos específicos que pueden ser reforzados. Con respecto a las técnicas que son aplicadas en la empresa durante la ejecución de proyectos, se evidencia en la figura 3 que la programación de reuniones de seguimiento, la creación de un presupuesto y cronograma detallado bajo la metodología Last Planner son los procesos que se aplican en mayor medida para la planificación y control de los proyectos. Para entender la manera en que estas actividades son realizadas, se identifican las herramientas que son aplicadas para el desarrollo de las técnicas mencionadas anteriormente, entre ellas se encuentran: KeyPlanning, Ms Excel y Ms Project, las cuales son las más utilizadas por los ingenieros, según las respuestas mostradas en el gráfico de la figura 4.

Es importante mencionar que, según información brindada de manera personal por algunos de los ingenieros entrevistados, la herramienta Key Planning es la utilizada para planificar bajo la metodología Last Planner en la empresa, pero que, únicamente es utilizada por el gerente de ingeniería como método de control administrativo de los proyectos. Por lo tanto, (no se aplica directamente durante la ejecución de los proyectos) la afirmación de los ingenieros que realizaron el cuestionario e indicaron que se utiliza Last Planner, no aplica en este caso, puesto que, los encargados de realizar la planificación y control son el ingeniero residente y maestros de obra de acuerdo con la experiencia según la ejecución de proyectos similares.

Con respecto al conocimiento de la metodología Last Planner, la mayoría indica comprender el concepto según se muestra en la figura 7, pero el porcentaje de ingenieros que afirman haberla aplicado en la empresa se reduce a un valor de 71,4% según se evidencia en la figura 8. Estos aspectos deben ser mejorados, puesto que, Last Planner se basa en procesos colaborativos en los que deben participar todos los encargados de la ejecución de los proyectos. Además, en la figura 6 se muestra que cerca de la mitad de los ingenieros considera que los métodos de planificación y control que aplica la empresa se pueden mejorar, lo que indica la necesidad de ampliar el uso y la forma que en se aplica Last Planner durante la planificación y control de los proyectos.

Situación actual de los procesos de planificación

La planificación de proyectos que realiza DICOMA Construcción inicia desde el proceso de licitación, se realizan reuniones para determinar la factibilidad, respecto a la capacidad de la empresa de acuerdo a la complejidad que presente cada proyecto, en esta fase se inicia el presupuesto detallado mostrado en las figuras 10 y 11 junto con un plan de ejecución para todas las actividades que componen al proyecto, se

discuten todas las actividades con la finalidad de comprender la forma en que serán realizadas y que de esta manera, se pueda estimar su costo de forma correcta, para ello, la empresa cuenta con un departamento que se dedica únicamente a la presupuestación de los proyectos. En ocasiones, el departamento de presupuesto es el encargado de formular el cronograma inicial en conjunto con los ingenieros de proyecto, aunque en su mayoría, el cronograma se inicia en el momento que los proyectos son adjudicados a la empresa como primer paso de planificación para el inicio del proyecto. Es importante que una empresa cuente con personal dedicado al presupuesto de los proyectos y que se encuentre en constante comunicación con los ingenieros dedicados a la ejecución de los proyectos, puesto que, se da un proceso de mejora entre lo que se presupuesta de manera inicial y en el costo real de las actividades durante el desarrollo del proyecto.

De forma inicial, los ingenieros se basan en el centro de costos presentado en la figura 12 de la sección de resultados, el cual, se presenta en una hoja de Excel que se genera junto con el presupuesto, en ella se encuentran los montos totales que son destinados para: mano de obra, materiales civiles, subcontratos, alquileres, administración, costos indirectos, seguridad ocupacional, materiales eléctricos, imprevistos y utilidad. Contemplar los montos establecidos en el centro de costos para planificar las actividades en el cronograma es parte de las acciones que son tomadas en cuenta por los ingenieros en las etapas tempranas del proyecto.⁹⁸

El cronograma es el proceso oficial de planificación en DICOMA Construcción tal y como se muestra en el ejemplo de las figuras 13 y 14, se aplica de forma inicial y es utilizado en toda la etapa de ejecución del proyecto. Todas las actividades que se planifican semana a semana son realizadas de acuerdo con lo que se presenta en el cronograma. Es decir, se aplica el método “push”, puesto que, se sigue de manera lineal todo lo formulado en un inicio, sin presentar cambios en la programación de las actividades.

Situación actual de los procesos de control

El control de los proyectos es realizado mediante la herramienta KeyPlanning, la cual, cuenta con varias secciones para obtener información acerca del avance de cada proyecto según se observa en la figura 15. La plataforma es utilizada semana a semana por los ingenieros para establecer las actividades que serán realizadas según el avance que se tenga en el momento. Esta herramienta es vital para la coordinación de los ingenieros, puesto que, es el único medio formal con el que se cuenta para establecer actividades a ejecutar.

La empresa cuenta con un diagrama de flujo en el que se representan los procesos que deberían seguir todos los ingenieros durante la ejecución de cada proyecto, estos se presentan en las figuras 16 y 17, sin embargo, cada ingeniero sigue procesos diferentes y por lo general no se siguen todos los pasos indicados en el diagrama de flujo, esto se debe a que cada ingeniero aplica los procesos que considere necesarios y se basan más en la propia experiencia que en lo que indica la teoría de la empresa. Un proceso importante que no es realizado según los ingenieros entrevistados es la EDT del proyecto, este proceso permite delimitar el alcance del proyecto de forma estructurada, “consiste en subdividir los entregables y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y fáciles de dirigir” (Project Management Institute, 2017).

Respecto al uso actual de Last Planner, la empresa ha estado en un proceso de implementación de la metodología que, por lo general, se ha realizado de manera incompleta al no aplicar todos los procesos necesarios para que resulte beneficioso el uso de Last Planner. Los procesos que no se aplican son los siguientes: plan maestro, planificación intermedia, inventario de trabajo ejecutable y análisis de restricciones. Estos procesos son de suma importancia que sean implementados, por lo que, en la herramienta a desarrollar en la presente práctica profesional todos estos procesos faltantes serán incorporados de manera que su uso sea interactivo y sencillo de usar y que, además, se generen gráficos que permita a los encargados del proyecto analizar los datos planificados con el fin de poder tomar acciones correctivas y que funcione como método de mejora para futuros proyectos.

2. Identificación de las actividades o procedimientos adecuados para implementar Last Planner en DICOMA.

En este apartado se muestra el desarrollo del segundo objetivo específico, el cual consiste en identificar las actividades y procedimientos más adecuados para implementar Last Planner como medio de planificación y control de proyectos en DICOMA Construcción.

Primeramente, se mencionan consejos prácticos que deben ser tomados en consideración para que la implementación de Last Planner se logre de manera exitosa en los proyectos. Posteriormente, se identifican los procedimientos que aplica actualmente la empresa que puedan mejorarse según las buenas prácticas que componen a la metodología Last Planner y, de igual forma, se proponen actividades y procedimientos nuevos que en la actualidad no son aplicados por la empresa.

Porwal et al. (2010) propone ciertos desafíos que se presentan en las fases de implementación y en la propia aplicación de Last Planner en una empresa. Es de importancia detectar los desafíos y problemas que se presentan en la empresa y que de esta manera puedan ser mitigados. A continuación, se presentan los desafíos:

- Falta de formación.
- Falta de compromiso o liderazgo por parte de la gerencia.
- Resistencia al cambio (pensamiento de que así es como lo he hecho siempre y no voy a cambiar).
- Implementación parcial o tardía de Last Planner.
- Falta de comprensión del nuevo sistema, dificultad para realizar asignaciones de calidad, habilidades y experiencia del capital humano.
- Falta de compromiso para usar Last Planner y actitud hacia el nuevo sistema.
- Falta de colaboración.
- Recursos adicionales, más papeleo, personal adicional, más reuniones, más participantes.

Recomendaciones a la hora de implementar Last Planner

Con respecto a las buenas prácticas, es de suma importancia definir que procesos pueden ser aplicados para que la aplicación de Last Planner sea exitosa, esto con el fin de que puedan ser aplicados sobre el método actual de planificación y control de proyectos. Para ello, primeramente, se presentan los siguientes consejos prácticos que, según Pons & Rubio (2019), deben seguirse para la correcta implementación de Last Planner en una empresa:

- Es fundamental la implicación del equipo directivo, el cual tiene que proporcionar los medios necesarios para una implementación efectiva.
- El rol de los gerentes es también fundamental. En el caso de la construcción, claramente nos referimos al papel que juegan los jefes de obra y encargados. Ellos deben confiar en el sistema y aplicarlo sin ningún tipo de reserva.
- El tipo de liderazgo que se vaya a ejercer juega un papel clave. No va a ser un liderazgo tradicional de “mando y control”, sino que requerirá habilidades de *coach* y mentor más que de jefe, facilitando y apoyando todos los recursos necesarios y siendo un vínculo efectivo entre la dirección y los equipos productivos.
- Las habilidades de comunicación son fundamentales.

- En los proyectos más grandes, puede que sea necesario destinar recursos de tiempo y de personas a la aplicación de Last Planner, el sistema puede decaer con el surgir de las urgencias de cada día.
- Toda la cadena de mando bajo el jefe de obra (encargados, capataces, jefes de producción, etc.) van a tener que jugar también un papel diferente al típico papel "bombero apaga fuegos" Este es un rol en el que muchos se sienten cómodos porque no han conocido otro, pero ha demostrado ser inefectivo y perjudicial para los intereses a medio-largo plazo de las empresas.
- Las agendas de los jefes de obra, encargados y jefes de producción deben estar definidas. Se pueden incluir algunos tiempos extra para imprevistos, pero la mayor parte del día su actividad debe estar agendada para apoyar de manera efectiva al sistema de control de producción.
- Last Planner ayuda a aumentar la comprensión, el enfoque en el valor añadido y favorece el aprovechamiento de la creatividad y el esfuerzo de toda la organización. También puede proporcionar un mecanismo para el empoderamiento del personal (especialmente del personal de primera línea) y la propiedad del rendimiento. Esto quiere decir que los líderes deberán estar preparados para escuchar y apoyar al equipo, y ser ellos los primeros en dar ejemplo respecto a la implantación.

Una vez conociendo los consejos prácticos obtenidos por medio de una revisión bibliográfica, se presentan las buenas prácticas identificadas por medio de las entrevistas personales realizadas a los ingenieros de DICOMA Construcción.

CUADRO 2. BUENAS PRÁCTICAS POR REALIZAR PARA IMPLEMENTAR LAST PLANNER		
Buena práctica		Método de implementación
Capacitación del equipo	Es importante que todos los miembros del equipo comprendan el concepto y la importancia del sistema, y cómo pueden contribuir a su éxito.	La herramienta Last Planner debe contar con un manual de uso.
Establecer una cultura de colaboración	Fomentar una cultura de colaboración y trabajo en equipo desde el principio del proyecto.	Trabajar con una visión compartida en los proyectos, fomentar participación e intercambio de ideas.
Establecimiento de objetivos	Se deben establecer objetivos claros y medibles para el proyecto y para cada etapa.	Definir los objetivos, tanto del proyecto en general como los de cada integrante de manera individual. Estos objetivos deben tener un plazo por cumplir y deben medirse por medio de indicadores.
Reuniones de planificación	Se deben llevar a cabo reuniones de planificación periódicas para asegurarse de que el equipo sigue el plan establecido y actualizarlo según sea necesario.	Establecer un horario y frecuencia definida. Deben participar todos los integrantes del proyecto. Debe prepararse una agenda con los temas a abordar para cada reunión.

CUADRO 2. BUENAS PRÁCTICAS POR REALIZAR PARA IMPLEMENTAR LAST PLANNER		
Buena práctica		Método de implementación
Seguimiento y control	Es importante realizar un seguimiento continuo del progreso del proyecto y compararlo con el plan establecido. De esta manera, se pueden identificar desviaciones y tomar medidas para corregirlas.	Establecer un plan de trabajo detallado con todos los procesos necesarios para completar el proyecto, con plazos claros y reuniones periódicas para identificar desviaciones de los objetivos planteados inicialmente, de manera que puedan abordarse oportunamente.
Mejora continua	Es fundamental que se realice una evaluación periódica de la metodología Last Planner, para identificar oportunidades de mejora y ajustar la planificación y programación	Obtener oportunidades de mejora de los procesos y actividades de cada proyecto mediante revisiones, análisis de datos de desempeño. Es importante comparar los resultados de los proyectos culminados con los objetivos planteados inicialmente.

Análisis comparativo entre la metodología a implementar y los procesos actuales de la empresa

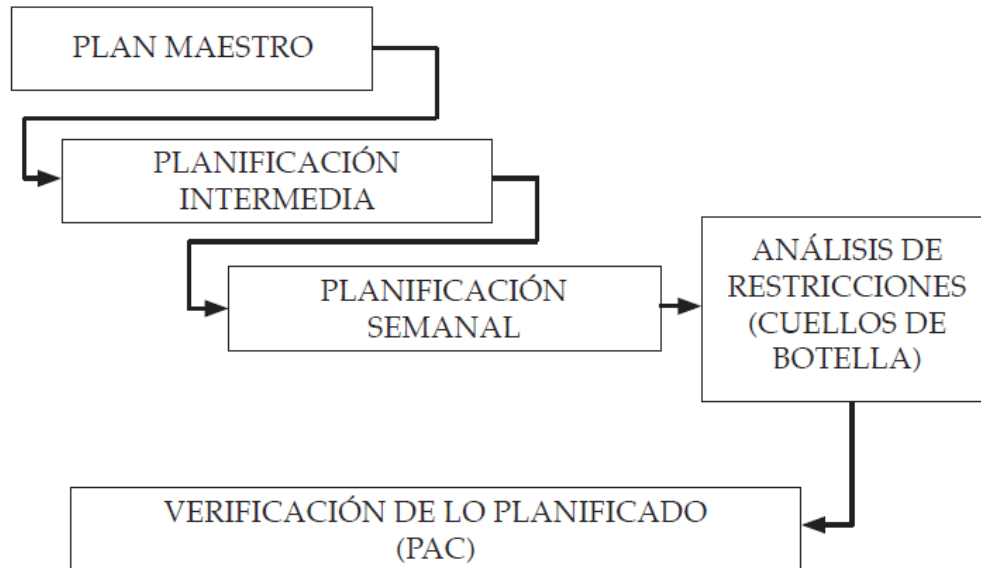
Una vez obtenidas las buenas prácticas para la aplicación de Last Planner en una empresa, se presentan a continuación los procesos por aplicar en DICOMA Construcción, de forma que, se compara lo que se hace actualmente con lo que se pretende implementar mediante la herramienta de Last Planner.

CUADRO 3. COMPARATIVA DE PROCESOS A APLICAR ENTRE PROCESOS ACTUALES DE LA EMPRESA		
Proceso de mejora	¿Se aplica en la empresa?	Acción por realizar
Plan maestro	Se aplica un cronograma detallado.	Utilizar el cronograma detallado desarrollado por los ingenieros como un plan maestro.

CUADRO 3. COMPARATIVA DE PROCESOS A APLICAR ENTRE PROCESOS ACTUALES DE LA EMPRESA		
Proceso de mejora	¿Se aplica en la empresa?	Acción por realizar
Planificación intermedia	No se realiza.	Sección específica en la herramienta de planificación intermedia de acuerdo con lo establecido en el cronograma.
Análisis de restricciones	No se realiza.	Sección específica en la herramienta de análisis de restricciones de acuerdo con las actividades que no puedan realizarse según la planificación intermedia.
Inventario de trabajo ejecutable	No se realiza.	Sección específica en la herramienta de inventario de trabajo ejecutable según actividades listas para su ejecución.
Programación semanal	Se realizan reuniones semanales donde se identifican las tareas por realizar.	Análisis de todas las secciones de la herramienta Last Planner en cada reunión semanal. Todos los integrantes del proyecto deben estar presentes.
Porcentaje de actividades completadas	No se realiza.	Gráficos para identificar el porcentaje de actividades ejecutadas según lo planificado.

En la figura 18 se presenta un diagrama que indica la forma correcta en que se debe desarrollar la planificación y control de un proyecto de construcción mediante la metodología Last Planner. Este orden debe seguirse hasta la culminación del proyecto.

Figura 18. Diagrama del proceso de aplicación de Last Planner



Fuente: Álvarez & Botero (2005).

Análisis de resultados del procedimiento para implementar Last Planner en DICOMA Construcción

En esta sección se presenta el análisis de las buenas prácticas y los procesos necesarios por implementar en DICOMA Construcción para la planificación y control de los proyectos de acuerdo con la información obtenida de la revisión bibliográfica y las entrevistas personales realizadas al personal encargado de la ejecución de proyectos.

Consejos prácticos

De acuerdo con los desafíos y consejos prácticos planteados en la sección de resultados, se establece en el cuadro 2 las buenas prácticas por implementar durante el desarrollo y la aplicación de los procesos para que la planificación y control de proyectos se realice de manera correcta y eficiente.

Inicialmente, se debe establecer un medio de capacitación del equipo para la aplicación de Last Planner en la planificación y control de proyectos, esto con el fin de que los encargados de la ejecución de proyectos conozcan todos los procesos que se son implementados en la herramienta desarrollada. La guía de uso de la herramienta comprende todos los aspectos necesarios para que los encargados de utilizarla puedan seguir el paso a paso de todos los procesos integrados en las hojas de trabajo.

Por otro lado, establecer una cultura de colaboración que permita fomentar la colaboración y trabajo en equipo es de suma importancia, puesto que, Last Planner es una metodología que se basa en procesos colaborativos entre los encargados de un proyecto, además, de esta forma se logra el establecimiento de objetivos claros, tanto de manera individual como para todo el equipo de trabajo. Para lograr la comunicación planteada se propone mantener activos los medios de comunicación disponibles para el proyecto de ejecución en el que será aplicado la herramienta, esto con el fin de que todos los integrantes tengan metas

claras y que, día con día, compartan los problemas que se presentan de manera que puedan ser abarcados de manera conjunta.

De igual forma, las reuniones de planificación funcionan como medio de comunicación para mantener al equipo de trabajo con una cultura colaborativa. Se deben programar las reuniones cada semana en un día y hora específica en la que deben participar todos los encargados del proyecto, para ello, se propone que la reunión de Last Planner para el proyecto serán realizadas todos los lunes a las 3 p.m. con la estricta participación de los ingenieros encargados y los maestros de obra. Es importante que se preparen previamente los temas y actividades por abordar en cada reunión para que pueda ser realizada de manera rápida y concreta. En las reuniones semanales deben tratarse los temas de seguimiento y control de actividades, así como la identificación de los procesos de mejora continua por medio de un plan detallado en el que se indique semana a semana los procesos a seguir para abarcar las deficiencias que se han presentado durante la ejecución del proyecto.

Comparación de procesos por implementar y los actuales

La comparación de los procesos actuales que aplica DICOMA Construcción con respecto a lo que se pretende implementar mostrado en el cuadro 3 permite conocer qué acciones implementar de manera que logren adaptarse y que puedan ser aplicadas de manera conjunta en la planificación y control de los proyectos. Se identifican todos los procesos Last Planner que serán implementados en la herramienta y se comparan según la forma en que estos son abarcados por la empresa o si, por el contrario, no son aplicados.

Primeramente, respecto al plan maestro, este proceso es aplicado por la empresa como un cronograma realizado en Ms® Project, el cual es utilizado al largo de la ejecución de los proyectos como medio de planificación para las actividades que deben ser realizadas semanalmente. Este método se mantiene debido a que, presenta un alto nivel de detalle que permite ser utilizado como medio para elaborar la planificación intermedia en etapas posteriores.

La planificación intermedia no es realizada por la empresa, los ingenieros se basan únicamente en una programación semanal sin contemplar una planificación a futuro que contemple posibles cambios durante el avance del proyecto. Por lo tanto, se desarrollará una sección específica para planificación intermedia de acuerdo con las actividades planteadas en el cronograma, donde se pueda identificar si las actividades se encuentran libres de restricciones o, de forma contraria, seleccionar cuales restricciones se encuentran presentes antes de su liberación.

La sección de análisis de restricción e inventario ejecutable no son procesos que aplique la empresa de manera directa durante la planificación y control de los proyectos, por lo que, serán secciones nuevas que se van a implementar en la herramienta Last Planner. Para este caso, según la clasificación que se brinde en la planificación intermedia, las actividades se encontraran disponibles para ser analizadas según sea conveniente para el avance del proyecto. Este apartado es de suma importancia, puesto que, permite seccionar desde una planificación macro como lo es la planificación intermedia hasta el punto en que se tengan las actividades que se encuentran completamente listas para ser ejecutadas.

Respecto a la planificación semanal, la empresa realiza reuniones semanales para definir las actividades que van a ejecutarse, pero que, según observaciones de campo, no se realiza el 100% de las veces y en ocasiones la única planificación existente durante la semana es lo que el ingeniero encargado plantee de forma improvisada. Obtener un plan semanal que se respete en todo momento es de suma importancia, puesto que, es el proceso más cercano entre la planificación y la ejecución. Para solucionar este problema se realiza una sección específica en la herramienta para colocar las actividades por realizar según la disponibilidad que se obtenga del inventario de trabajo ejecutable. Además, se busca que este apartado brinde información gráfica que permita a los ingenieros tener un control del avance del proyecto según lo planificado.

Por último, se tiene el apartado de porcentaje de actividades completadas, el cual, tampoco es aplicado por la empresa, por lo que, como sección final de la herramienta se tendrán gráficos que permitan analizar el desarrollo de las actividades según lo planificado para cuatro semanas que compone a cada fase de la planificación Last Planner. Estos procesos son indispensables para que el proceso de mejora pueda ser aplicado en las futuras planificaciones.

3. Diseño de método y herramienta de planificación y control de proyectos para DICOMA Construcción

En este apartado se muestra la herramienta Last Planner desarrollada para la planificación y control de los proyectos para DICOMA Construcción, el cual corresponde al tercer objetivo de la presente práctica profesional. La herramienta Last Planner fue desarrollada en Ms® Excel, la cual se compone de distintas hojas de trabajo que corresponden a todos los procesos necesarios para la planificación y control de los proyectos.

Guía de uso de la herramienta

En el siguiente apartado se presenta la guía de uso para la herramienta Last Planner desarrollada, se explican todas las hojas de trabajo que la componen, así como el respectivo manejo de datos que debe aplicarse para su correcto funcionamiento.

Uso general de la herramienta

La herramienta cuenta con un formato que debe respetarse en todas las hojas de trabajo, esto con el fin de que el uso sea el más intuitivo posible. Las celdas cuentan con un color de acuerdo con el manejo que se le puede dar, únicamente deben rellenarse las que presenten el color indicado en la figura 19. Con respecto a los botones, estos pueden ser de tres tipos, los azules corresponden a acciones que deben ser aplicadas por el usuario, mientras que los negros con borde rojo corresponden a botones para trasladarse entre todas las hojas de la herramienta, además, en todas las hojas se encuentra un botón gris que puede ser utilizado para volver al menú de forma inmediata, los colores indicados se muestran en la figura 20.

Figura 19. Celdas por rellenar en la herramienta

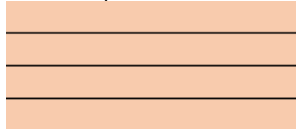
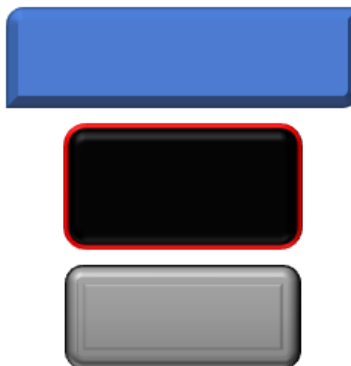


Figura 20. Tipos de botones en la herramienta



Información del proyecto y menú

Al abrir la herramienta, se despliega la primera hoja de trabajo, la cual corresponde a la información general del proyecto y al menú, tal como se muestra en la figura 22. Como primer paso, se debe aceptar la advertencia de seguridad con el mensaje “Habilitar contenido”, la cual se muestra en la figura 21, esto con el fin de que todas las funciones puedan ser utilizadas correctamente. Además, se recomienda guardar una copia nueva del documento en su respectiva carpeta, que incluya el nombre del proyecto por analizar.

Esta hoja debe completarse con los datos generales del proyecto en ejecución, en ella se encuentran todos los botones necesarios para trasladarse a todas las demás hojas de trabajo que componen a la herramienta, se recomienda utilizar el botón llamado “GUÍA DE USO” para obtener información sobre el uso correcto de la herramienta Last Planner.

Figura 21. Advertencia de seguridad de la herramienta

Figura 22. Menú de la herramienta

PROPUESTA DE MEJORA EN LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LOS PROYECTOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LAST PLANNER PARA DICOMA CONSTRUCCIÓN

35

Códigos

El siguiente paso corresponde a la hoja de trabajo llamada “código”, la cual se muestra en la figura 23, la mayoría de los datos en esta sección se generan de forma automática conforme se avanza con la planificación y el control del proyecto, únicamente debe llenarse la columna con el nombre de “Encargados del proyecto” con los integrantes que componen al proyecto en ejecución. Además, se presenta un panel a la izquierda con siete botones, los cuales son utilizados en conjunto con las otras hojas de trabajo, por lo que su uso se explicará en su sección respectiva.

Figura 23. Hoja de código de la herramienta

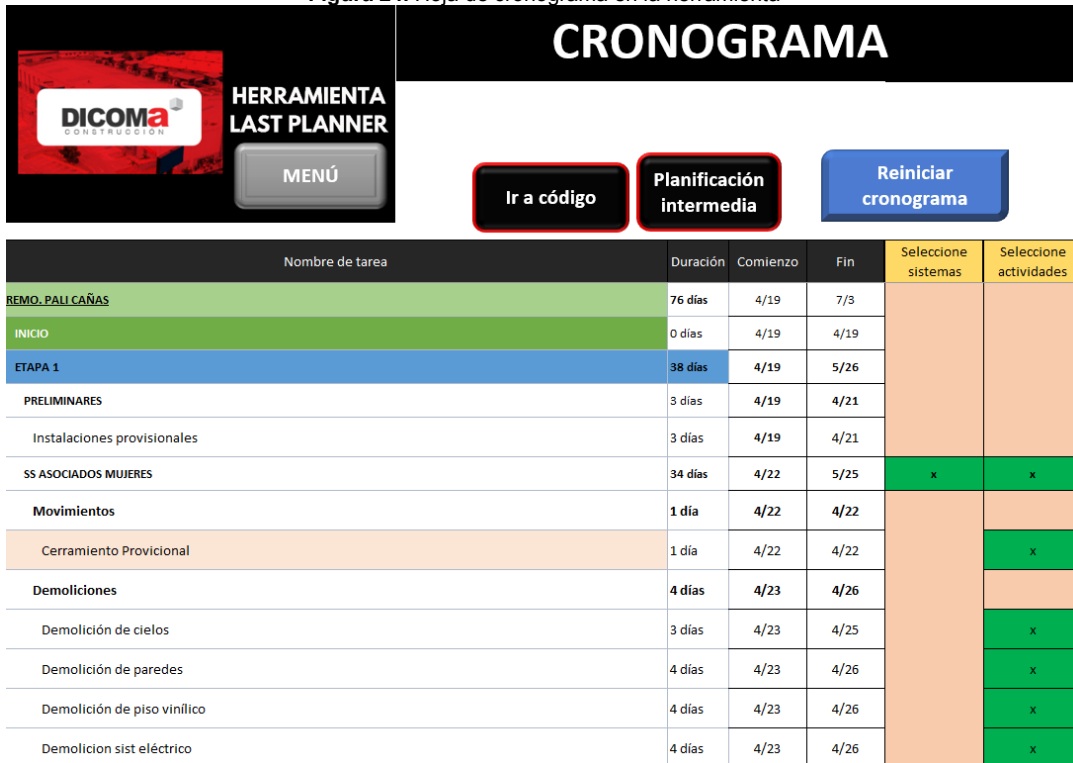
Encargados del proyecto	Sistemas del proyecto	Actividades	Actividades	Actividades	Restricciones	Restricciones	ITE	ITE
Ing. Roberto Rodriguez	SS ASOCIADOS MUJERES	SS ASOCIADOS MUJERES	4/22	5/25				
Ing. Delmer Castillo	COMEDOR ASOCIADOS 1ERA ET	Cerramiento Provisional	4/22	4/22				
Eduardo Tellez	PASILLO DE MEZZANINE	Demolición de cielos	4/23	4/25				
Williams José Calix Venegas	CARNICERÍA	Demolición de paredes	4/23	4/26				
Brian Gonzalez	CUARTO DE CARNES	Demolición de piso vinilico	4/23	4/26				
	CTO FRÍO VERDURAS	Demolición sist eléctrico	4/23	4/26				
	SS CLIENTE MUJERES	Previstas potable	4/27	4/29				
	AREA DE CARRITOS	Previstas aguas negras	4/27	4/30				
	AREA DE EMPAQUE	Colocacion de piso ceramico	5/1	5/6				
	CTO ELÉCTRICO	Fragua de piso	5/7	5/7				
	ACABADO ESTRUCTURA METÁ	Estructurado de paredes	5/8	5/10				
	CUBIERTA TECHO	Forrado de paredes	5/11	5/14				
	BASURERO	COMEDOR ASOCIADOS 1ERA ETAPA	4/22	5/26				
	PROTOAIRE	Cerramiento provisional	4/22	4/22				
	ACERAS Y CERRAMIENTO	Demolición de Piso	4/23	4/28				
	BODEGA DE JABAS Y CARTON	Demolición de cielos	4/23	4/28				
		Demolición de paredes	4/23	4/28				
		Prevista aguas grises	4/29	5/3				
		Prevista potable	4/29	5/3				
		Colocacion de piso ceramico	5/4	5/9				
		Fragua de piso	5/10	5/10				
		Estructura de Paredes	5/11	5/14				
		PASILLO DE MEZZANINE	4/27	5/22				
		Demolición de Piso	4/27	4/30				
		Instalacion de Piso	5/1	5/8				
		Fraguado de piso	5/9	5/10				
		Estructurado de Paredes	5/9	5/12				
		Forro de Paredes	5/13	5/18				
		Sistema de potencia	5/13	5/17				
		CARNICERÍA	4/24	5/29				
		Mampara de protección	4/24	4/24				
		Reubicación de previstas electromecánicas	4/24	4/24				
		Movimiento de urnas hacia el frente	4/24	4/24				
		Demolición de contrapiso	4/25	5/1				
		Demolición de estructura de cielo	4/25	4/26				
		Demolición de cielos	4/25	4/25				
		Demolición de enchapes	4/25	4/26				
		Colado de contrapiso pendientes	5/7	5/8				
		Piso Quarry tyle	5/12	5/18				
		Paredes durock	5/10	5/16				
		Adecuación de estructura metálica	4/27	5/6				
		Previstas aguas grises	5/2	5/3				
		Previstas potables	5/4	5/4				
		Colocación de parrillas	5/4	5/4				
		Previstas potencia	5/2	5/8				
		Previstas iluminación	5/5	5/8				
		Previstas datos	5/9	5/13				

Cronograma

DICOMA Construcción planifica sus proyectos mediante un cronograma detallado, por lo que, la herramienta se realizó de manera que pueda incluirse el cronograma como reemplazo de un plan maestro. Para incluirlo en la hoja correspondiente, se deben copiar todas las actividades incluidas en Ms® Project con las columnas: nombre de tarea, duración, fecha de inicio y fecha de finalización.


Una vez incluidas todas las actividades, se deben seleccionar las actividades que los ingenieros encargados consideren que pueden realizarse en un plazo de cuatro semanas, de manera que puedan ser incluidas en la planificación intermedia, para ello, se tienen las columnas “seleccione sistemas” y “seleccione actividades” que despliegan una lista o bien, pueden llenarse manualmente con una “x”. La selección de actividades que el usuario indique permite asignar los datos en la hoja de código, para ello, se debe trasladarse a la hoja de código y utilizar los botones indicados en la figura 24. Al realizar los pasos indicados, se observa que la hoja de código se rellena automáticamente con los datos necesarios para proceder con la planificación intermedia. Es importante mencionar que, la hoja de cronograma cuenta con un botón específico para eliminar por completo los datos en la hoja, lo que permite usar de manera eficiente la herramienta si se quisiera usar con algún otro proyecto.

Figura 24. Hoja de cronograma en la herramienta



Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Seleccione sistemas	Seleccione actividades
REMO. PALL CAÑAS	76 días	4/19	7/3		
INICIO	0 días	4/19	4/19		
ETAPA 1	38 días	4/19	5/26		
PRELIMINARES	3 días	4/19	4/21		
Instalaciones provisionales	3 días	4/19	4/21		
SS ASOCIADOS MUJERES	34 días	4/22	5/25	x	x
Movimientos	1 día	4/22	4/22		
Cerramiento Provisional	1 día	4/22	4/22		x
Demoliciones	4 días	4/23	4/26		
Demolición de cielos	3 días	4/23	4/25		x
Demolición de paredes	4 días	4/23	4/26		x
Demolición de piso vinílico	4 días	4/23	4/26		x
Demolicion sist eléctrico	4 días	4/23	4/26		x

Figura 25. Botones por presionar en hoja código para el cronograma



Sistemas del proyecto	Actividades	Actividades	Actividades
SS ASOCIADOS MUJERES	SS ASOCIADOS MUJERES	4/22	5/25
COMEDOR ASOCIADOS 1ERA ETAPA	Cerramiento Provisional	4/22	4/22
PASILLO DE MEZZANINE	Demolición de cielos	4/23	4/25
CARNICERÍA	Demolición de paredes	4/23	4/26
CUARTO DE CARNES	Demolición de piso vinílico	4/23	4/26
CTO FRÍO VERDURAS	Demolición sist eléctrico	4/23	4/26
SS CLIENTE MUJERES	Previstas potable	4/27	4/29
AREA DE CARRITOS	Previstas aguas negras	4/27	4/30
AREA DE EMPAQUE	Colocacion de piso ceramico	5/1	5/6
CTO ELÉCTRICO	Fragua de piso	5/7	5/7
ACABADO ESTRUCTURA METÁLICA	Estructurado de paredes	5/8	5/10
CUBIERTA TECHO	Forrado de paredes	5/11	5/14
BASURERO	COMEDOR ASOCIADOS 1ERA ETAPA	4/22	5/26
PROTOAIRE	Cerramiento provisional	4/22	4/22
ACERAS Y CERRAMIENTO	Demolición de Piso	4/23	4/28
BODEGA DE JABAS Y CARTONES	Demolición de cielos	4/23	4/28
	Demolición de paredes	4/23	4/28
	Prevista aguas grises	4/29	5/3
	Prevista potable	4/29	5/3
	Colocacion de piso ceramico	5/4	5/9
	Fragua de piso	5/10	5/10
	Estructura de Paredes	5/11	5/14

Planificación intermedia

La asignación anterior habilita las funciones del botón de la hoja de planificación intermedia, llamado “Asignar actividades seleccionadas”, el cual coloca automáticamente las actividades necesarias para una planificación a futuro de cuatro semanas, con sus fechas de inicio y final correspondientes. En esta sección, el usuario debe colocar el estado de cada actividad como se muestra en la figura 26, lo cual, depende de si la actividad se encuentra lista o no para su ejecución, además debe rellenar las casillas como se muestra en la figura 27 para visualizar la duración de cada actividad con respecto de otras, además, por temas de orden, se recomienda colocar los sistemas en la columna correspondiente.

En esta hoja de trabajo es de suma importancia colocar si la actividad se encuentra con o sin restricciones, puesto que, las actividades que se encuentren con la condición “RESTRICCIÓN PEND.” podrán ser colocadas de manera automáticamente en la hoja de análisis de restricciones.

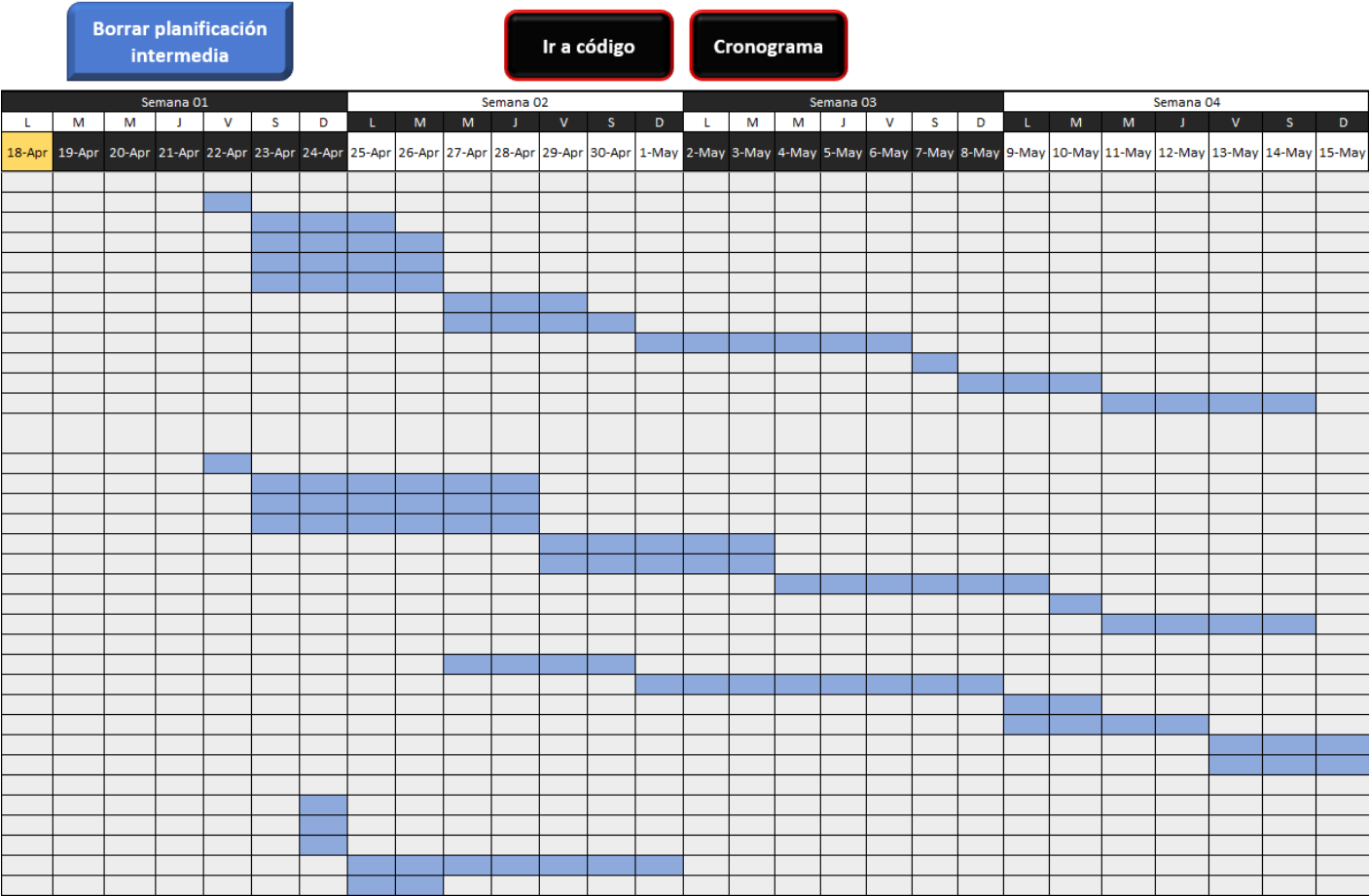
Figura 26. Sección de ejemplo de actividades de la planificación intermedia



Sistemas	Actividad	Comienzo	Fin	Estado
SS ASOCIADOS MUJERES	SS ASOCIADOS MUJERES	4/22	5/25	
	Cerramiento Provisional	4/22	4/22	SIN RESTRICCIÓN
	Demolición de cielos	4/23	4/25	SIN RESTRICCIÓN
	Demolición de paredes	4/23	4/26	SIN RESTRICCIÓN
	Demolición de piso vinílico	4/23	4/26	SIN RESTRICCIÓN
	Demolición sist eléctrico	4/23	4/26	SIN RESTRICCIÓN
	Previstas potable	4/27	4/29	RESTRICCIÓN PEND.
	Previstas aguas negras	4/27	4/30	RESTRICCIÓN PEND.
	Colocacion de piso ceramico	5/1	5/6	RESTRICCIÓN PEND.
	Fragua de piso	5/7	5/7	RESTRICCIÓN PEND.
	Estructurado de paredes	5/8	5/10	RESTRICCIÓN PEND.
	Forrado de paredes	5/11	5/14	RESTRICCIÓN PEND.
COMEDOR ASOCIADOS 1ERA ETAPA	COMEDOR ASOCIADOS 1ERA ETAPA	4/22	5/26	
	Cerramiento provisional	4/22	4/22	SIN RESTRICCIÓN
	Demolición de Piso	4/23	4/28	SIN RESTRICCIÓN
	Demolición de cielos	4/23	4/28	SIN RESTRICCIÓN
	Demolición de paredes	4/23	4/28	SIN RESTRICCIÓN
	Prevista aguas grises	4/29	5/3	RESTRICCIÓN PEND.
	Prevista potable	4/29	5/3	RESTRICCIÓN PEND.
	Colocacion de piso ceramico	5/4	5/9	RESTRICCIÓN PEND.
	Fragua de piso	5/10	5/10	RESTRICCIÓN PEND.
	Estructura de Paredes	5/11	5/14	RESTRICCIÓN PEND.
PASILLO DE MEZZANINE	PASILLO DE MEZZANINE	4/27	5/22	
	Demolición de Piso	4/27	4/30	SIN RESTRICCIÓN
	Instalacion de Piso	5/1	5/8	RESTRICCIÓN PEND.
	Fraguado de piso	5/9	5/10	RESTRICCIÓN PEND.
	Estructurado de Paredes	5/9	5/12	RESTRICCIÓN PEND.
	Forro de Paredes	5/13	5/18	RESTRICCIÓN PEND.
	Sistema de potencia	5/13	5/17	RESTRICCIÓN PEND.
CARNICERÍA	CARNICERÍA	4/24	5/29	
	Mampara de protección	4/24	4/24	SIN RESTRICCIÓN
	Reubicación de previstas electromecánicas	4/24	4/24	SIN RESTRICCIÓN
	Movimiento de urnas hacia el frente	4/24	4/24	SIN RESTRICCIÓN
	Demolición de contrapiso	4/25	5/1	SIN RESTRICCIÓN
	Demolición de estructura de cielo	4/25	4/26	SIN RESTRICCIÓN
	Demolición de cielos	4/25	4/25	SIN RESTRICCIÓN
	Demolición de enchapes	4/25	4/26	SIN RESTRICCIÓN
	Colado de contrapiso pendientes	5/7	5/8	RESTRICCIÓN PEND.

Figura 27. Sección de ejemplo de diagrama en hoja de planificación intermedia

PLANIFICACIÓN INTERMEDIA



Análisis de restricciones

En la hoja de código se encuentra el botón de “Asignar actividades con restricción” mostrado en la figura 28, el cual permite colocar automáticamente las actividades que se encuentran con restricción en la hoja de planificación intermedia. Una vez obtenidas las actividades con su respectiva fecha, se puede trabajar directamente desde la hoja de análisis de restricciones, donde se debe presionar el botón “Asignar actividades con restricciones”, mostrado en la figura 29.

La hoja de análisis de restricciones permite identificar las causas de no cumplimiento para cada actividad, las cuales deben marcarse de forma manual, al igual que el responsable de su liberación y el estado en que se encuentra actualmente. La fecha límite de liberación se encuentra programada dos días antes de la fecha de inicio, pero en caso de necesitarse, el usuario puede cambiarla con el calendario mostrado en la figura 29. Además, en esta hoja se genera un gráfico de forma automática, como se puede observar en la figura 30, el cual permite al usuario identificar que causas de no cumplimiento se presentaron en la etapa de planificación.

Figura 28. Botones por presionar en hoja código para el análisis de restricciones


	Restricciones	Restricciones
	SS ASOCIADOS MUJERES	4/22
Previstas potable	4/27	
Previstas aguas negras	4/27	
Colocacion de piso ceramico	5/1	
Fragua de piso	5/7	
Estructurado de paredes	5/8	
Forrado de paredes	5/11	
COMEDOR ASOCIADOS 1ERA ETAPA	4/22	
Prevista aguas grises	4/29	
Prevista potable	4/29	
Colocacion de piso ceramico	5/4	
Fragua de piso	5/10	
Estructura de Paredes	5/11	
PASILLO DE MEZZANINE	4/27	
Instalacion de Piso	5/1	
Fraguado de piso	5/9	
Estructurado de Paredes	5/9	
Forro de Paredes	5/13	
Sistema de potencia	5/13	
CARNICERÍA	4/24	
Colado de contrapiso pendientes	5/7	
Piso Quarry tyle	5/12	
Paredes durock	5/10	
Adecuación de estructura metálica	4/27	
Previstas aguas grises	5/2	
Previstas potables	5/4	

Figura 29. Ejemplo de análisis de restricciones en la herramienta



Figura 30. Ejemplo de gráfico de análisis de restricciones



Inventario de trabajo ejecutable

El inventario de trabajo ejecutable es posible realizarlo, al igual que el paso anterior, desde que se indica en la planificación intermedia las actividades que se encuentran libres de restricciones. De igual forma, la hoja de código cuenta con un botón específico para cargar todas las actividades disponibles, el cual se presenta en la figura 31, con el nombre de “Asignar inventario de trabajo ejecutable”.

La figura 32 muestra la hoja de inventario de trabajo ejecutable, con el botón respectivo para cargar las actividades que se encuentran listas para su ejecución. Para este caso, el usuario debe ingresar el encargado de la actividad.

Figura 31. Botones por presionar en hoja código para el inventario de trabajo ejecutable

ITE	ITE
SS ASOCIADOS MUJERES	4/22
Cerramiento Provisional	4/22
Demolición de cielos	4/23
Demolición de paredes	4/23
Demolición de piso vinílico	4/23
Demolición sist eléctrico	4/23
COMEDOR ASOCIADOS 1ERA ETAPA	4/22
Cerramiento provisional	4/22
Demolición de Piso	4/23
Demolición de cielos	4/23
Demolición de paredes	4/23
PASILLO DE MEZZANINE	4/27
Demolición de Piso	4/27
CARNICERÍA	4/24
Mampara de protección	4/24
Reubicación de previstas electromecánicas	4/24
Movimiento de urnas hacia el frente	4/24
Demolición de contrapiso	4/25
Demolición de estructura de cielo	4/25
Demolición de cielos	4/25
Demolición de enchapes	4/25
CUARTO DE CARNES	4/25
Demolición de panel	4/25
Demolición de contrapiso	4/27
CTO FRÍO VERDURAS	4/25
Deshalajo Cto Congelado	4/25
Demolición de panel cto congelado	4/26
Demolición de contrapiso	4/29
SS CLIENTE MUJERES	4/22
Cerramiento Provisional	4/22
Demolición de cielos	4/23
Demolición de paredes	4/23
Demolición de piso vinílico	4/23
Demolición sist eléctrico	4/23

Figura 32. Ejemplo de inventario de trabajo ejecutable en la herramienta

HERRAMIENTA LAST PLANNER

INVENTARIO DE TRABAJO E.

Nombre de la tarea por realizar	Inicio de actividad según PI	Encargado
SS ASOCIADOS MUJERES	4/22	
Cerramiento Provisional	4/22	Ing. Deimer Castillo
Demolición de cielos	4/23	Williams José Calix Venegas
Demolición de paredes	4/23	Williams José Calix Venegas
Demolición de piso vinílico	4/23	Williams José Calix Venegas
Demolición sist eléctrico	4/23	Williams José Calix Venegas
COMEDOR ASOCIADOS 1ERA ETAPA	4/22	
Cerramiento provisional	4/22	Ing. Deimer Castillo
Demolición de Piso	4/23	Williams José Calix Venegas
Demolición de cielos	4/23	Williams José Calix Venegas
Demolición de paredes	4/23	Williams José Calix Venegas
PASILLO DE MEZZANINE	4/27	
Demolición de Piso	4/27	Williams José Calix Venegas
CARNICERÍA	4/24	
Mampara de protección	4/24	Ing. Deimer Castillo
Reubicación de previstas electromecánicas	4/24	Eduardo Tellez
Movimiento de urnas hacia el frente	4/24	Eduardo Tellez
Demolición de contrapiso	4/25	Williams José Calix Venegas
Demolición de estructura de cielo	4/25	Williams José Calix Venegas
Demolición de cielos	4/25	Williams José Calix Venegas
Demolición de enchapes	4/25	Williams José Calix Venegas
CUARTO DE CARNES	4/25	
Demolición de panel	4/25	Williams José Calix Venegas
Demolición de contrapiso	4/27	Williams José Calix Venegas

Ir a código Cronograma

Asignar actividades al inventario de trabajo ejecutable

Plan semanal

Una vez realizados los pasos anteriores es posible realizar el plan semanal, el cual surge del análisis de las actividades que pueden ser realizadas según el inventario de trabajo. Para completar esta sección, debe asistirse a las reuniones semanales del proyecto, en la cual, los ingenieros y los maestros de obra deciden que actividades realizar, según la disponibilidad de actividades. La herramienta cuenta con cuatro hojas disponibles para trasladar todas las actividades que se definen en cada reunión, mostrado en la figura 33, en ella deben colocarse los sistemas del proyecto, todas las actividades, el encargado de la actividad y el porcentaje completado se completa según se indique en las reuniones posteriores, lo cual permite generar de manera automática el rendimiento que se presentó en la semana según lo planificado inicialmente.

Los gráficos que se generan en esta sección permiten obtener información sobre el desempeño de ejecución de las actividades y funciona como medio para tomar medidas correctivas para futuras planificaciones semanales. En la figura 34 se muestra un gráfico pastel de las causas de no cumplimiento que se presentaron al ejecutar las actividades planificadas en la semana y en la figura 35 se presenta un gráfico de barras que permite analizar el porcentaje de actividades semanal.

Figura 33. Ejemplo de plan semanal en la herramienta

Semana 01				Causas de no cumplimiento							¿Se cumplió?		
Sistema del proyecto	Actividad	Encargado	% Ejecutado	Falta de material	Falta de equipos	Falta de mano de obra	Clima desfavorable	Cliente	Diseño	Rendimiento	Falta de pagos	Ninguna	Si/No
PROTOAIRE	PRELIMINARES												-
	Trazo	Ing. Deimer Castillo	100%										Si
	LOSA DE PROTOAIRE												-
	Excavación un 100%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Armado de malla para losa un 50%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
CTO ELÉCTRICO	PRELIMINARES												-
	Trazo	Ing. Deimer Castillo	100%										Si
	FUNDACIONES												-
	Excavación de fundaciones al 100%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Armado de placa al 100%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	colado de sello	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Colado de placa corrida	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	PAREDES												-
	Armado de acero de pared un 50%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
SISTEME ELÉCTRICO GEN.	SOPORTERÍA												-
	70% de soportaría de ducto	Eduardo Tellez	100%										Si
	CANALIZACIONES												-
	90% de canalización de abanicos	Eduardo Tellez	100%										Si
	50% de Canalización de inyectores	Eduardo Tellez	100%										Si
ACABADO ESTRUCTURA METÁLICA	ESTRUCTURA METÁLICA												-
	Limpieza de Estructura principal un 20%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
SS CLIENTE MUJERES	PRELIMINARES												-
	Cerramiento provisional	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Demoliciones de paredes internas	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	DEMOLICIONES												-
	Demoliciones de paredes internas	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Demolición de cielo suspendido	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Demoliciones de Accesorios de baño	Williams José Calix Venegas	100%										Si

Figura 34. Ejemplo de gráfico de causas de no cumplimiento semanal

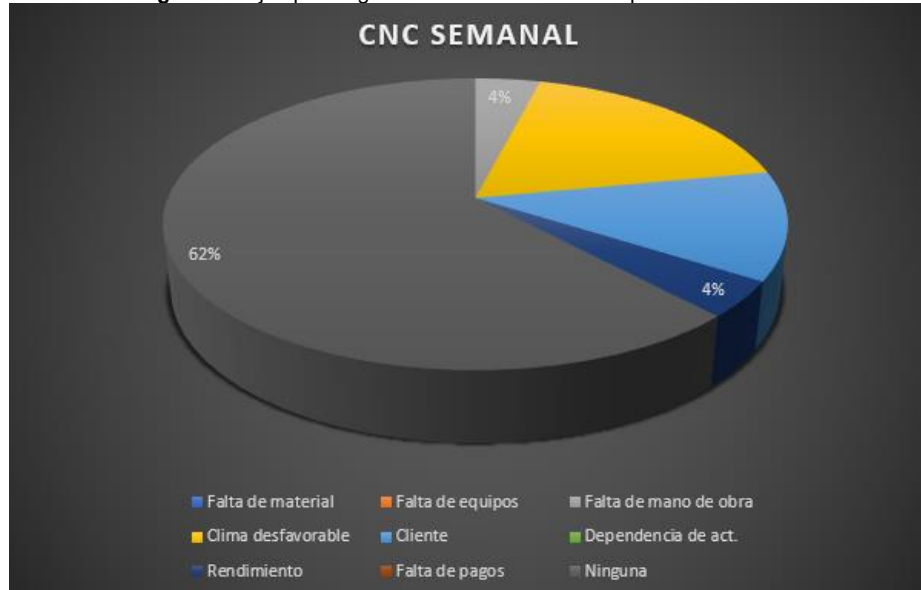


Figura 35. Ejemplo de gráfico de actividades completadas semanal



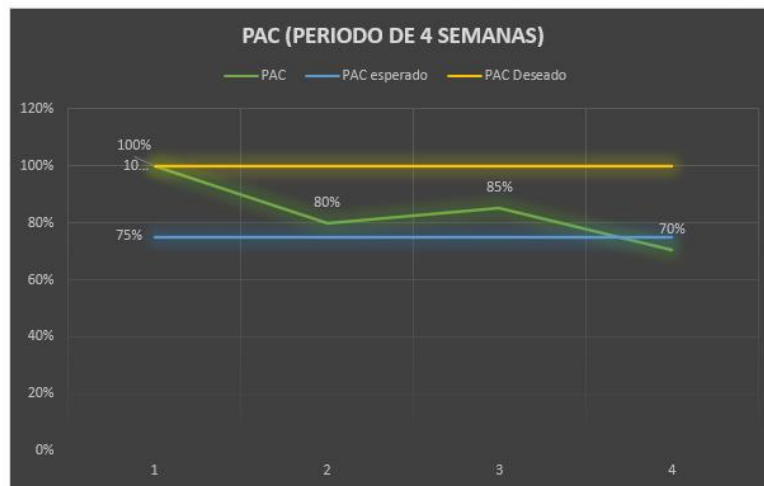
Porcentaje de actividades completadas

En esta última sección se almacena de forma automática el porcentaje de actividades completadas según lo planificado para un total de cuatro semanas, el cual corresponde a una fase de aplicación de Last Planner para un proyecto de ejecución. En esta sección se debe colocar el PAC esperado y el PAC deseado para cada semana, de forma que, puedan analizarse los datos reales obtenidos con respecto a un valor esperado de actividades completadas. Como se observa en la figura 36, en esta hoja de trabajo se genera un gráfico de porcentaje de actividades completadas para un periodo de cuatro semanas.

Figura 36. Ejemplo de hoja de porcentaje de actividades completadas



Planificado S.	Completado S.	NO Completado	PAC	PAC esperado	PAC deseado
33	31	2	100%	75%	100%
33	24	9	80%	75%	100%
19	15	4	85%	75%	100%
44	31	13	70%	75%	100%



Análisis de resultados del diseño de método y herramienta de planificación y control de proyectos para DICOMA Construcción

En esta sección se presenta el análisis de resultados correspondiente al tercer objetivo, el cual corresponde al desarrollo de una herramienta Last Planner que pueda ser utilizada en la empresa DICOMA Construcción para la planificación y control de los proyectos. Se presenta el análisis de todos los procesos que componen a la herramienta, así como su funcionamiento junto con su guía de uso.

Herramienta propuesta

La herramienta fue desarrollada mediante el software Ms® Excel con la incorporación de 12 hojas de trabajo que corresponden a todos los procesos que componen a la metodología Last Planner, las cuales se enumeran a continuación:

1. Menú/Información de proyecto
2. guía de uso
3. Código
4. Cronograma
5. planificación intermedia
6. Análisis de restricciones
7. Inventario de trabajo ejecutable
8. planificación de primera semana
9. Planificación de segunda semana
10. Planificación de tercera semana
11. planificación de cuarta semana
12. Porcentaje de actividades completadas

El objetivo de esta herramienta es ser utilizada como medio de planificación y control de proyectos, donde los ingenieros y los diferentes encargados del proyecto puedan gestionar las actividades que serán desarrolladas, desde un nivel macro hasta un nivel específico para cada semana.

Es una herramienta de uso intensivo por lo que se busca que su uso sea amigable con el usuario, esto se logra mediante la implementación de macros que realizan una serie de pasos de manera instantánea y automática al presionar los botones disponibles en las hojas de trabajo, según se necesite en cada caso. Además, se presentan botones en todas las hojas, que funcionan como un medio para acceder a las demás hojas de forma automática y de visualización sencilla. De igual forma, las hojas en las que se trabaja la información cuentan con botones para borrar la información, lo cual permite modificar los datos o eliminarse por completo si es necesario.

Los procesos integrados en la herramienta fueron analizados según las necesidades de la empresa, respecto a los procesos faltantes para que la implementación de Last Planner sea completa y efectiva, además, el manejo de datos que se da en cada hoja de trabajo se adecua al tipo de datos e información que maneja la empresa de manera normal durante la ejecución de los proyectos.

Funcionamiento de la herramienta

La herramienta cuenta con sistemas automáticos de manejo de datos, pero, de igual manera, el usuario debe insertar algunos datos de forma manual. Las celdas cuentan con colores específicos para que el usuario pueda identificar cuales celdas debe llenar y cuales son automáticas, esto con el fin de que la herramienta funcione en todo momento de manera óptima, puesto que, si se modifican celdas que no están diseñadas para introducir datos se pueden alterar las fórmulas que la componen. Por lo tanto, las celdas color gris son las que no deben ser modificadas y las celdas color naranja mostradas en la figura 19 son las que deben ser modificadas de forma manual.

Inicialmente, el usuario cuenta con los espacios para rellenar información general del proyecto en la sección de menú mostrado en la figura 22, además, se presentan todos los botones para ingresar a cualquier sección de la herramienta, junto con la guía de uso integrada directamente en una hoja específica en caso de que sea necesario repasar aspectos de uso durante su uso.

Por otro lado, se tiene la hoja de código en la figura 23, la cual, es utilizada como medio para almacenar y acomodar información necesaria para completar de forma automática las demás hojas de trabajo. Esta sección debe trabajarse en conjunto con las demás hojas de trabajo en el momento que se necesite obtener información. Su desarrollo inicia en el momento que el usuario indique las actividades que

serán colocadas en la planificación intermedia y que, por medio de botones, se registren la información en el código, lo cual, habilita el uso de la información en las siguientes páginas. De igual forma, la sección de código presenta celdas de llenado manual para el caso de los encargados del proyecto, siendo estos los únicos datos que el usuario debe digitar en este apartado.

La planificación y control del proyecto que se realiza en la herramienta corresponde a cuatro semanas del avance total, por lo que, el proceso deberá repetirse de acuerdo con las nuevas actividades que se encuentren disponibles para su ejecución en las siguientes semanas. Durante estas cuatro semanas, los ingenieros pueden llevar un control del avance mediante los gráficos que genera de forma automática la herramienta, lo cuales corresponden al análisis de las causas de no cumplimiento y al porcentaje de actividades completadas, tanto de manera semanal como para el periodo de cuatro semanas, en el que se puede comparar con el porcentaje deseado.

Guía de uso

La guía de uso contempla una serie de pasos que deben seguirse para que la herramienta se utilice de forma correcta, esto con el fin de que los encargados de utilizarla conozcan todos los pasos que deben de realizarse para completar todos los procesos de planificación y control que ofrecen las hojas de trabajo incluidas en la herramienta. El acceso a la guía de uso se da desde la propia herramienta en una hoja específica en la que se presenta el paso por paso para que cualquier funcionario y encargado de ejecución de proyectos de DICOMA Construcción pueda completar todos los procesos implementados en las hojas de trabajo.

Se tienen nueve pasos en la guía de uso, los cuales explican el manejo general que se debe seguir en la herramienta y los pasos a seguir desde la formulación del cronograma hasta la planificación semanal de actividades de manera que puedan completarse todos los procesos Last Planner. La guía de uso se presenta en forma completa en el apéndice 3.

4. Implementación de la herramienta Last Planner en un proyecto en ejecución

En esta sección se presenta el desarrollo del cuarto objetivo específico, el cual corresponde a la aplicación de la herramienta Last Planner realizada para la planificación y control de proyectos de construcción para el proyecto Remodelación PALI Cañas, ubicado en Guanacaste, el cual inició el 19 de abril del 2023.

Elaboración de cronograma

El cronograma es elaborado, inicialmente, por el ingeniero de proyecto, el cual es utilizado como plan maestro y como medio de planificación y control en la totalidad del proyecto. Con base a las actividades presentes en este cronograma se formula la planificación intermedia de acuerdo con la posibilidad de ejecución de cada actividad. En la figura 37 se presenta una sección del cronograma utilizado del proyecto en análisis, el cronograma completo se presenta en el anexo 01.

Figura 37. Cronograma parcial del proyecto Remodelación PALI Cañas

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
REMO. PALI CAÑAS	76 días	4/19	7/3
INICIO	0 días	4/19	4/19
ETAPA 1	38 días	4/19	5/26
PRELIMINARES	3 días	4/19	4/21
Instalaciones provisionales	3 días	4/19	4/21
SS ASOCIADOS MUJERES	34 días	4/22	5/25
Movimientos	1 día	4/22	4/22
Cerramiento Provisional	1 día	4/22	4/22
Demoliciones	4 días	4/23	4/26
Demolición de cielos	3 días	4/23	4/25
Demolición de paredes	4 días	4/23	4/26
Demolición de piso vinílico	4 días	4/23	4/26
Demolicion sist eléctrico	4 días	4/23	4/26
Sistema mecánico	4 días	4/27	4/30
Previstas potable	3 días	4/27	4/29
Previstas aguas negras	4 días	4/27	4/30
Pisos	7 días	5/1	5/7
Colocacion de piso ceramico	6 días	5/1	5/6
Fragua de piso	1 día	5/7	5/7
Paredes	7 días	5/8	5/14
Estructurado de paredes	3 días	5/8	5/10
Forrado de paredes	4 días	5/11	5/14

Desarrollo de planificación intermedia

La planificación intermedia se realiza para las primeras cuatro semanas del proyecto (fase 1), en esta planificación se identifican las actividades planteadas en el plan maestro y se seleccionan las que pueden ser ejecutadas en este plazo. A continuación, se presenta la planificación intermedia inicial para el proyecto Remodelación PALI Cañas.

Figura 38. Planificación intermedia para las cuatro primeras semanas (fase 1), parte 1

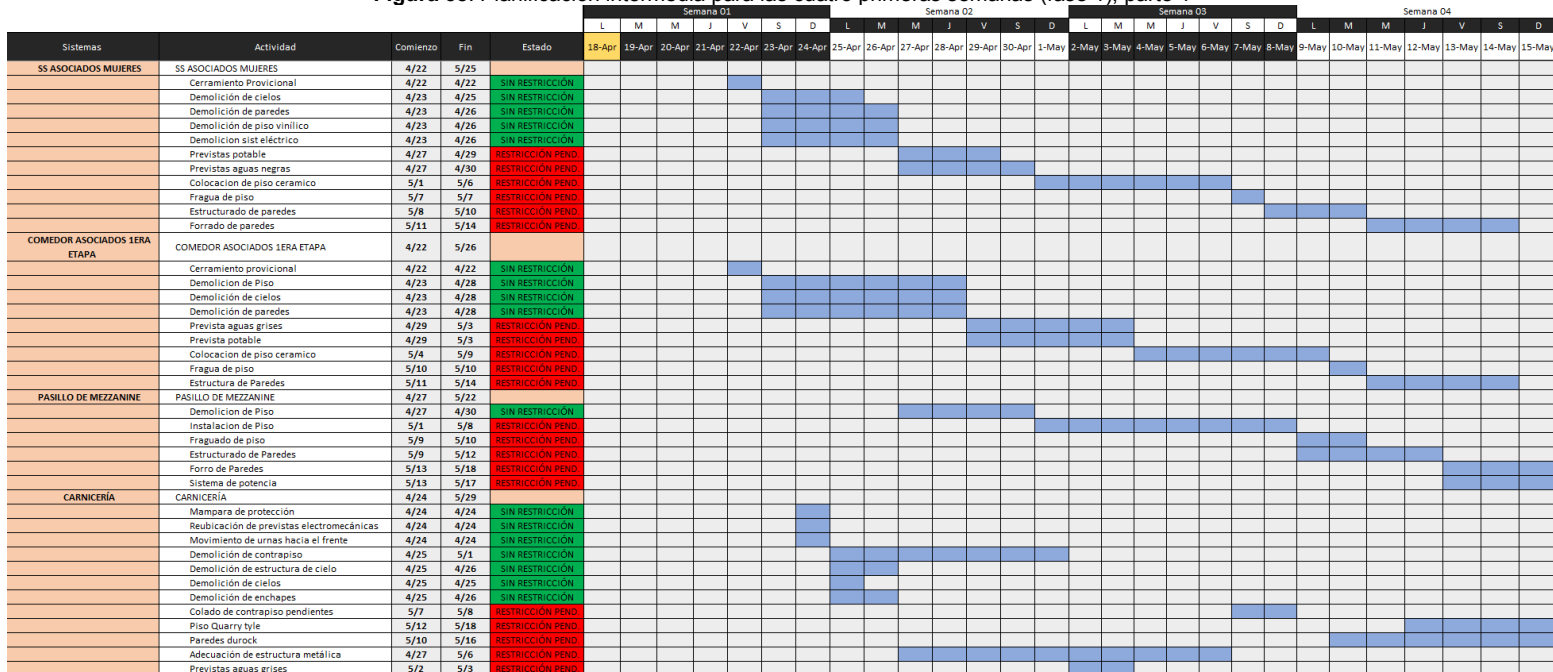


Figura 39. Planificación intermedia para las cuatro primeras semanas (fase 1), parte 2

Sistemas	Actividad	Comienzo	Fin	Estado	Semana 01							Semana 02							Semana 03							Semana 04						
					L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
					18-Apr	19-Apr	20-Apr	21-Apr	22-Apr	23-Apr	24-Apr	25-Apr	26-Apr	27-Apr	28-Apr	29-Apr	30-Apr	1-May	2-May	3-May	4-May	5-May	6-May	7-May	8-May	9-May	10-May	11-May	12-May	13-May	14-May	15-May
	Previstas aguas grises	5/2	5/3	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Previstas potables	5/4	5/4	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Colocación de parrillas	5/4	5/4	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Previstas potencia	5/2	5/8	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Previstas iluminación	5/5	5/8	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Previstas datos	5/9	5/13	RESTRICCIÓN PEND.																												
CUARTO DE CARNES	CUARTO DE CARNES	4/25	5/27																													
	Demolición de panel	4/25	4/26	SIN RESTRICCIÓN																												
	Demolición de contrapiso	4/27	5/2	SIN RESTRICCIÓN																												
	Colocación de madera perimetral	5/3	5/4	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Colado de contrapiso	5/6	5/7	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Cambio de parrilla	5/5	5/5	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Prevista potencia	4/27	4/29	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Prevista de iluminación	5/11	5/12	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Armado de cto carnes	5/8	5/10	RESTRICCIÓN PEND.																												
CTO FRÍO VERDURAS	CTO FRÍO VERDURAS	4/25	5/24																													
	Deshalajo Cto Congelado	4/25	4/25	SIN RESTRICCIÓN																												
	Demolición de panel cto congelado	4/26	4/28	SIN RESTRICCIÓN																												
	Demolición de contrapiso	4/29	5/4	SIN RESTRICCIÓN																												
	Colocación de madera	5/5	5/5	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Colado de contrapiso	5/6	5/8	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Previstas potencia ventiladores	5/9	5/10	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Previstas potencia iluminación puertas	5/9	5/10	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Previstas resistencia de puertas	5/11	5/11	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Canalización de control	5/11	5/11	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Armado del cuarto	5/9	5/10	RESTRICCIÓN PEND.																												
SS CLIENTE MUJERES	SS CLIENTE MUJERES	4/22	5/25																													
	Cerramiento Provisional	4/22	4/22	SIN RESTRICCIÓN																												
	Demolición de cielos	4/23	4/25	SIN RESTRICCIÓN																												
	Demolición de paredes	4/23	4/26	SIN RESTRICCIÓN																												
	Demolición de piso vinílico	4/23	4/26	SIN RESTRICCIÓN																												
	Demolición sist eléctrico	4/23	4/26	SIN RESTRICCIÓN																												
	Previstas potable	4/27	4/30	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Previstas aguas negras	4/27	4/30	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Colocación de piso cerámico	5/1	5/6	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Fragua de piso	5/7	5/7	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Estructurado de paredes	5/8	5/10	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Forrado de paredes	5/11	5/14	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Salidas potencia	5/13	5/15	RESTRICCIÓN PEND.																												
AREA DE CARRITOS	AREA DE CARRITOS	5/2	5/22																													

Figura 40. Planificación intermedia para las cuatro primeras semanas (fase 1), parte 3

Sistemas	Actividad	Comienzo	Fin	Estado	Semana 01							Semana 02							Semana 03							Semana 04						
					L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
					18-Apr	19-Apr	20-Apr	21-Apr	22-Apr	23-Apr	24-Apr	25-Apr	26-Apr	27-Apr	28-Apr	29-Apr	30-Apr	1-May	2-May	3-May	4-May	5-May	6-May	7-May	8-May	9-May	10-May	11-May	12-May	13-May	14-May	15-May
AREA DE CARRITOS	AREA DE CARRITOS	5/2	5/22																													
	Cierres de buques	5/2	5/6	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Resane de Paredes	5/7	5/12	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Acabado de paredes	5/13	5/16	RESTRICCIÓN PEND.																												
AREA DE EMPAQUE	AREA DE EMPAQUE	5/7	5/22																													
	Cierres de buques	5/7	5/12	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Resane de Paredes	5/13	5/18	RESTRICCIÓN PEND.																												
CTO ELÉCTRICO	CTO ELÉCTRICO	4/25	5/25																													
	Demolición paredes	4/25	4/26	SIN RESTRICCIÓN																												
	Demolición de paredes	4/27	5/1	SIN RESTRICCIÓN																												
	Paredes durock	5/2	5/13	RESTRICCIÓN PEND.																												
ACABADO ESTRUCTURA METÁLICA	ACABADO ESTRUCTURA METÁLICA	4/25	6/8																													
	Limpieza y pintura de estructura	4/25	6/8	SIN RESTRICCIÓN																												
	CUBIERTA TECHO	5/10	6/28																													
	Cubierta y hojalatería	5/10	6/28	RESTRICCIÓN PEND.																												
BASURERO	BASURERO	5/7	5/25																													
	Demolición de enchape de pared	5/7	5/7	SIN RESTRICCIÓN																												
	Demolición de piso Existente	5/8	5/8	SIN RESTRICCIÓN																												
	Colado de piso nuevo	5/9	5/11	RESTRICCIÓN PEND.																												
	Enchape de paredes	5/12	5/17	RESTRICCIÓN PEND.																												
PROTOAIRE	PROTOAIRE	4/25	5/28																													
	Trazo	4/25	4/25	SIN RESTRICCIÓN																												
	Armado y formateado de losa	4/26	5/4	SIN RESTRICCIÓN																												
	Colado de losa	5/5	5/5	SIN RESTRICCIÓN																												
	Entrada de Equipo	5/13	5/13	RESTRICCIÓN PEND.																												
ACERAS Y CERRAMIENTOS	ACERAS Y CERRAMIENTOS	5/12	7/2																													
	Colocación de loseta táctil	5/12	5/29	RESTRICCIÓN PEND.																												
BODEGA DE JABAS Y CARTONES	BODEGA DE JABAS Y CARTONES	5/10	5/28																													
	Demoliciones de enchapes	5/10	5/10	SIN RESTRICCIÓN																												
	Demoler pared	5/10	5/11	SIN RESTRICCIÓN																												
	Demoler Puerta	5/10	5/10	SIN RESTRICCIÓN																												
	Construcción de Pared	5/12	5/14	RESTRICCIÓN PEND.																												

Análisis de restricciones

En la sección de análisis de restricciones se tienen las actividades que en la planificación intermedia se identificaron con alguna restricción en esta sección se presentan las actividades que aún no pueden ser ejecutadas debido a que, presentan una restricción que debe ser liberada. A continuación, se presentan los resultados del análisis de restricciones para el proyecto Remodelación PALI Cañas.

Figura 41. Analisis de restricciones para el proyecto Remodelación PALI cañas (parte 1)

Actividad	Inicio (según PI)	Causas de no cumplimiento						Fecha limite de liberación	Responsable	Estado
		Falta de material	Falta de equipos	Falta de mano de obra	Clima desfavorable	Cliente	Dependencia de act.			
SS ASOCIADOS MUJERES	4/22							20-Apr		
Previstas potable	4/27							25-Apr	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Previstas aguas negras	4/27							25-Apr	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Colocacion de piso ceramico	5/1							29-Apr	Ing. Deimer Castillo	PENDIENTE
Fragua de piso	5/7							5-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Estructurado de paredes	5/8							6-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Forrado de paredes	5/11							9-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
COMEDOR ASOCIADOS 1ERA ETAPA	4/22							20-Apr		
Prevista aguas grises	4/29							27-Apr	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Prevista potable	4/29							27-Apr	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Colocacion de piso ceramico	5/4							2-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Fragua de piso	5/10							8-May	Ing. Deimer Castillo	PENDIENTE
Estructura de Paredes	5/11							9-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
PASILLO DE MEZZANINE	4/27							25-Apr		
Instalacion de Piso	5/1							29-Apr		
Fraguado de piso	5/9							7-May	Ing. Deimer Castillo	PENDIENTE
Estructurado de Paredes	5/9							7-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Forro de Paredes	5/13							11-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Sistema de potencia	5/13							11-May	Eduardo Tellez	PENDIENTE
CARNICERÍA	4/24							22-Apr		
Colado de contrapiso pendientes	5/7							5-May	Ing. Deimer Castillo	PENDIENTE
Piso Quarry tyle	5/12							10-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Paredes durock	5/10							8-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Adecuación de estructura metálica	4/27							25-Apr	Brian Gonzalez	PENDIENTE
Previstas aguas grises	5/2							30-Apr	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Previstas potables	5/4							2-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Colocación de parrillas	5/4							2-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Previstas potencia	5/2							30-Apr	Eduardo Tellez	PENDIENTE
Previstas iluminación	5/5							3-May	Eduardo Tellez	PENDIENTE
Previstas datos	5/9							7-May	Eduardo Tellez	PENDIENTE
CUARTO DE CARNES	4/25							23-Apr		
Colocación de madera perimetral	5/3							1-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Colado de contrapiso	5/6							4-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Cambio de parrilla	5/5							3-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Prevista potencia	4/27							25-Apr	Eduardo Tellez	PENDIENTE

Figura 42. Analisis de restricciones para el proyecto Remodelación PALI cañas (parte 2)

Actividad	Inicio (según PI)	Causas de no cumplimiento						Fecha limite de liberación	Responsable	Estado
		Falta de material	Falta de equipos	Falta de mano de obra	Clima desfavorable	Cliente	Dependencia de act.			
Prevista potencia	4/27							25-Apr	Eduardo Tellez	PENDIENTE
Prevista de iluminación	5/11							9-May	Eduardo Tellez	PENDIENTE
Armado de cto carnes	5/8							6-May	Ing. Deimer Castillo	PENDIENTE
CTO FRÍO VERDURAS	4/25							23-Apr		
Colocación de madera	5/5							3-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Colado de contrapiso	5/6							4-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Previstas potencia ventiladores	5/9							7-May	Eduardo Tellez	PENDIENTE
Previstas potencia iluminación puertas	5/9							7-May	Eduardo Tellez	PENDIENTE
Previstas resistencia de puertas	5/11							9-May	Eduardo Tellez	PENDIENTE
Canalización de control	5/11							9-May	Eduardo Tellez	PENDIENTE
Armado del cuarto	5/9							7-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
SS CLIENTE MUJERES	4/22							20-Apr		
Previstas potable	4/27							25-Apr	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Previstas aguas negras	4/27							25-Apr	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Colocacion de piso ceramico	5/1							29-Apr	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Fragua de piso	5/7							5-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Estructurado de paredes	5/8							6-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Forrado de paredes	5/11							9-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Salidas potencia	5/13							11-May	Eduardo Tellez	PENDIENTE
AREA DE CARRITOS	5/2							30-Apr		
Cierres de buques	5/2							30-Apr	Ing. Deimer Castillo	PENDIENTE
Resane de Paredes	5/7							5-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Acabado de paredes	5/13							11-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
AREA DE EMPAQUE	5/7							5-May		
Cierres de buques	5/7							5-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Resane de Paredes	5/13							11-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
CTO ELÉCTRICO	4/25							23-Apr		
Paredes durock	5/2							30-Apr	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
ACABADO ESTRUCTURA METÁLICA	4/25							23-Apr		
CUBIERTA TECHO	5/10							8-May		
Cubierta y hojalatería	5/10							8-May	Ing. Deimer Castillo	PENDIENTE
BASURERO	5/7							5-May		
Colado de piso nuevo	5/9							7-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
Enchape de paredes	5/12							10-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE
PROTOAIRE	4/25							23-Apr		
Entrada de Equipo	5/13							11-May	Ing. Deimer Castillo	PENDIENTE

Figura 43. Analisis de restricciones para el proyecto Remodelación PALI cañas (parte 3)

Actividad	Inicio (según PI)	Causas de no cumplimiento						Fecha limite de liberación	Responsable	Estado
		Falta de material	Falta de equipos	Falta de mano de obra	Clima desfavorable	Cliente	Dependencia de act.			
ACERAS Y CERRAMIENTOS	5/12							10-May		
Colocación de loseta táctil	5/12							10-May	Ing. Deimer Castillo	PENDIENTE
BODEGA DE JABAS Y CARTONES	5/10							8-May		
Construccion de Pared	5/12							10-May	Williams José Calix Venegas	PENDIENTE

Gráficos de análisis de restricciones

En esta sección es posible realizar el grafico de análisis de restricciones, en el cual, se identifica que la mayoría de las actividades dependen de otra para poder ser ejecutadas, de igual forma que, al estar posicionadas en las últimas semanas de la planificación intermedia, los materiales aún no se encuentran en sitio, al igual que la mano de obra y equipos especiales para ciertas actividades, como lo es el caso de la instalación de cubierta.

Figura 44. Gráfico de análisis de restricciones para la fase 1.



Inventario de trabajo ejecutable

En el inventario de trabajo ejecutable se asignan las actividades que se encuentran listas para su ejecución, la lista de actividades obtenidas proviene de la clasificación brindada en la planificación intermedia, a continuación, se presentan las actividades para el inventario de trabajo ejecutable en la fase 1 para el proyecto Remodelación PALI Cañas.

Figura 45. Inventario de trabajo ejecutable de la fase 1 (parte 1)

Nombre de la tarea por realizar	Inicio de actividad según PI	Encargado
SS ASOCIADOS MUJERES	4/22	
Cerramiento Provisional	4/22	Ing. Deimer Castillo
Demolición de cielos	4/23	Williams José Calix Venegas
Demolición de paredes	4/23	Williams José Calix Venegas
Demolición de piso vinílico	4/23	Williams José Calix Venegas
Demolición sist eléctrico	4/23	Williams José Calix Venegas
COMEDOR ASOCIADOS 1ERA ETAPA	4/22	
Cerramiento provisional	4/22	Ing. Deimer Castillo
Demolición de Piso	4/23	Williams José Calix Venegas
Demolición de cielos	4/23	Williams José Calix Venegas
Demolición de paredes	4/23	Williams José Calix Venegas
PASILLO DE MEZZANINE	4/27	
Demolición de Piso	4/27	Williams José Calix Venegas
CARNICERÍA	4/24	
Mampara de protección	4/24	Ing. Deimer Castillo
Reubicación de previstas electromecánicas	4/24	Eduardo Tellez
Movimiento de urnas hacia el frente	4/24	Eduardo Tellez
Demolición de contrapiso	4/25	Williams José Calix Venegas
Demolición de estructura de cielo	4/25	Williams José Calix Venegas
Demolición de cielos	4/25	Williams José Calix Venegas
Demolición de enchapes	4/25	Williams José Calix Venegas
CUARTO DE CARNES	4/25	
Demolición de panel	4/25	Williams José Calix Venegas
Demolición de contrapiso	4/27	Williams José Calix Venegas
CTO FRÍO VERDURAS	4/25	
Deshalojo Cto Congelado	4/25	Eduardo Tellez
Demolición de panel cto congelado	4/26	Williams José Calix Venegas
Demolición de contrapiso	4/29	Williams José Calix Venegas
SS CLIENTE MUJERES	4/22	
Cerramiento Provisional	4/22	Ing. Deimer Castillo
Demolición de cielos	4/23	Williams José Calix Venegas
Demolición de paredes	4/23	Williams José Calix Venegas
Demolición de piso vinílico	4/23	Williams José Calix Venegas
Demolición sist eléctrico	4/23	Eduardo Tellez
AREA DE CARRITOS	5/2	
AREA DE EMPAQUE	5/7	
CTO ELÉCTRICO	4/25	
Demolición paredes	4/25	Williams José Calix Venegas
Demolición de paredes	4/27	Williams José Calix Venegas

Figura 46. Inventario de trabajo ejecutable de la fase 1 (parte 2)

Nombre de la tarea por realizar	Inicio de actividad según PI	Encargado
ACABADO ESTRUCTURA METÁLICA	4/25	
Limpieza y pintura de estructura	4/25	Brian Gonzalez
CUBIERTA TECHO	5/10	
BASURERO	5/7	
Demolicion de enchape de pared	5/7	Williams José Calix Venegas
Demolicion de piso Existente	5/8	Williams José Calix Venegas
PROTOAIRE	4/25	
Trazo	4/25	Ing. Deimer Castillo
Armado y formateado de losa	4/26	Ing. Deimer Castillo
Colado de losa	5/5	Ing. Deimer Castillo
ACERAS Y CERRAMIENTOS	5/12	
BODEGA DE JABAS Y CARTONES	5/10	
Demoliciones de enchapes	5/10	Williams José Calix Venegas
Demoler pared	5/10	Williams José Calix Venegas
Demoler Puerta	5/10	Williams José Calix Venegas

Planificación semanal

La programación semanal se obtiene del análisis del inventario ejecutable, donde se seleccionan los distintos sistemas del proyecto que se encuentran disponibles para ser ejecutados y en conjunto con el ingeniero de proyecto, el ingeniero residente y los maestros de obra, se formulan actividades aun mas especificas que componen a las actividades principales, esto por medio de una reunión semanal realizada cada lunes a las 3pm, en el caso del proyecto analizado.

El plan semanal permite la formulación de los indicadores Last Planner, para este caso se obtiene el grafico de causas de no cumplimiento (CNC) semanal y el porcentaje de actividades completadas (PAC) entre las actividades planificadas y las completadas a un 100%. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de planificación semanal correspondientes a la primera fase, compuesta de 4 semanas completas.

Plan de semana #1

Figura 47. Plan semanal 1 del proyecto PALI Cañas (parte 1).

Semana 01				Causas de no cumplimiento							¿Se cumplió?		
Sistema del proyecto	Actividad	Encargado	% Ejecutado	Falta de material	Falta de equipos	Falta de mano de obra	Clima desfavorable	Cliente	Diseño	Rendimiento		Falta de pagos	Ninguna
PROTOAIRE	PRELIMINARES												-
	Trazo	Ing. Deimer Castillo	100%										Si
	LOSA DE PROTOAIRE												-
	Excavación un 100%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Armado de mallá para losa un 30%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
CTO ELÉCTRICO	PRELIMINARES												-
	Trazo	Ing. Deimer Castillo	100%										Si
	FUNDACIONES												-
	Excavacion de fundaciones al 100%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Armado de placa al 100%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	colado de sello	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Colado de placa corrida	Williams José Calix Venegas	50%										No
	PAREDES												-
	Armado de acero de pared un 50%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
SISTEME ELÉCTRICO GEN.													-
	SOPORTERÍA												-
	70% de soportaría de ducto	Eduardo Tellez	100%										Si
	CANALIZACIONES												-
	90% de canalización de abanicos	Eduardo Tellez	100%										Si
	50 % de Canalización de inyectores	Eduardo Tellez	100%										Si
ACABADO ESTRUCTURA METÁLICA	ESTRUCTURA METÁLICA												-
	Limpieza de Estructura principal un 20%	Williams José Calix Venegas	80%										No
SS CLIENTE MUJERES													-
	PRELIMINARES												-
	Cerramiento provisional	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Demoliciones de paredes internas	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	DEMOLICIONES												-
	Demoliciones de paredes internas	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Demolicion de cielo suspendido	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Demoliciones de Accesorios de baño	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Demoliciones electricas	Eduardo Tellez	100%										Si

Figura 48. Plan semanal 1 del proyecto PALI Cañas (parte 2)

Semana 01				Causas de no cumplimiento							¿Se cumplió? Si/No		
Sistema del proyecto	Actividad	Encargado	% Ejecutado	Falta de material	Falta de equipos	Falta de mano de obra	Clima desfavorable	Cliente	Diseño	Rendimiento		Falta de pagos	Ninguna
COMEDOR ASOCIADOS 1ERA ETAPA	PRELIMINARES												-
	Habilitación de espacios	Ing. Deimer Castillo	100%										Si
	Cerramiento temporal	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Trazo de area	Ing. Deimer Castillo	100%										Si
	Demoliciones de paredes 80%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Demoliciones de cielo 100%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Demoliciones eléctricas 80%	Eduardo Tellez	100%										Si
SS ASOCIADOS HOMBRES	PRELIMINARES												-
	Habilitación de espacios	Ing. Deimer Castillo	100%										Si
	Cerramiento provisional	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Trazo de paredes y previstas mecánicas	Ing. Deimer Castillo	100%										Si
	DEMOLICIONES												-
	Demolición de cielos al 100%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Demolición de Paredes existentes 80%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
Demoliciones eléctricas un 80%	Eduardo Tellez	100%										Si	
INSTALACIONES PROVISIONALES	CONSTRUCCIÓN DE BODEGA												-
	Obra civil al 100%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Obras eléctricas	Eduardo Tellez	100%										Si

Figura 49. Gráfico de causas de no cumplimiento de la semana 1.

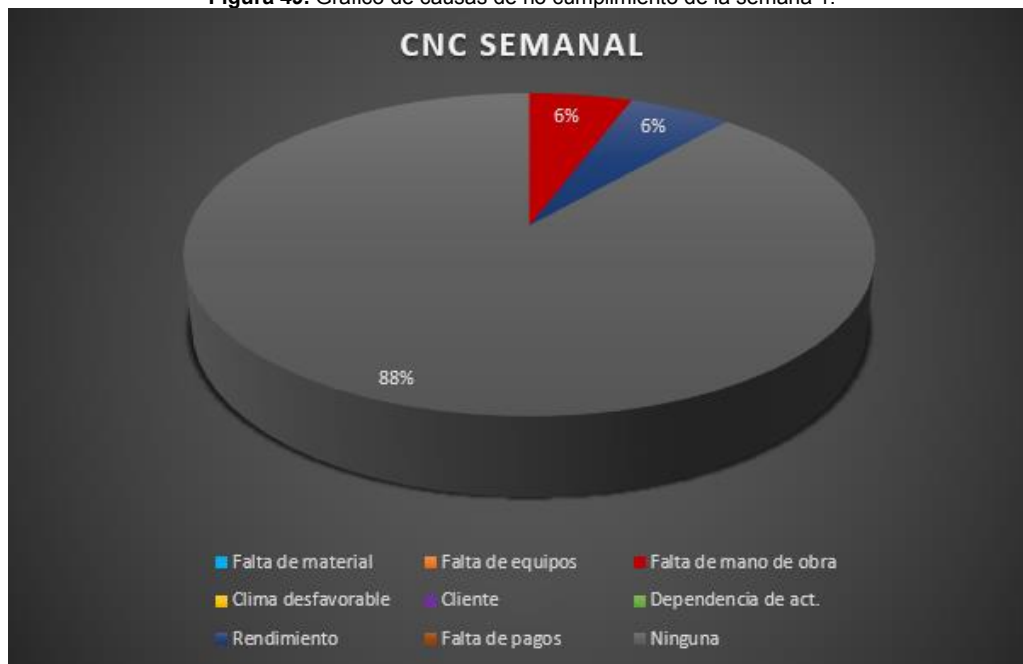
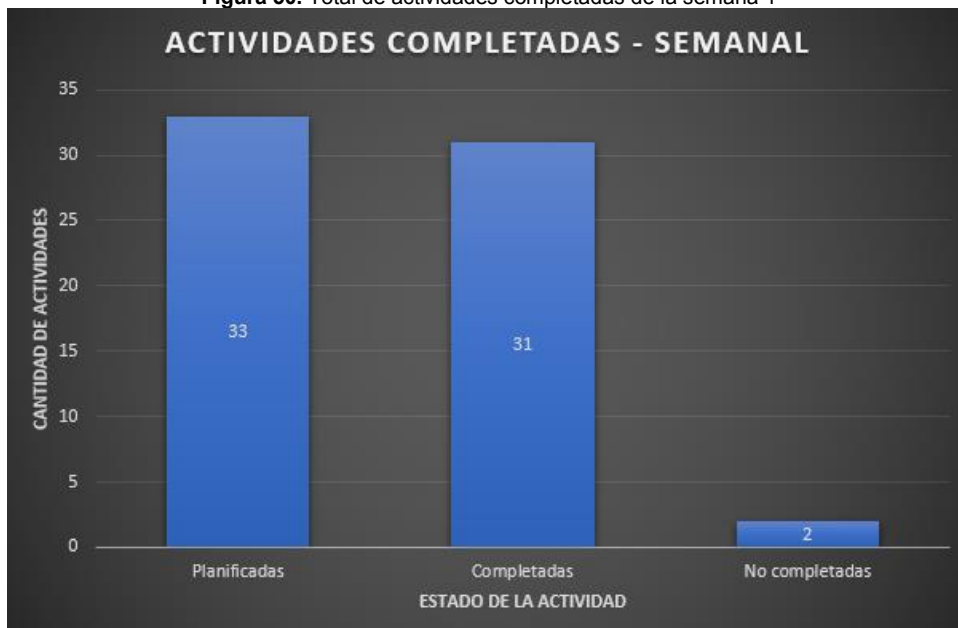


Figura 50. Total de actividades completadas de la semana 1



Plan de semana #2

Figura 51. Plan semanal 2 del proyecto PALI Cañas (parte 1).

Semana 02				Causas de no cumplimiento							¿Se cumplió?		
Sistema del proyecto	Actividad	Encargado	% Ejecutado	Falta de material	Falta de equipos	Falta de mano de obra	Clima desfavorable	Cliente	Diseño	Rendimiento	Falta de pagos	Ninguna	Si/No
CIERRE DE BUQUES	DESMONTAJE DE PUERTAS												-
	Cierre de buque	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Desmontaje de puerta área de carritos	Williams José Calix Venegas	100%										Si
CARNICERÍA	REFRIGERACIÓN												-
	Desconexión de equipos	Eduardo Tellez	0%										No
	Elaboración de mampara terminada	Williams José Calix Venegas	0%										No
	Demolición de paredes cuarto carnes	Ing. Deimer Castillo	0%										No
	Demolición de losa cuarto frío	Williams José Calix Venegas	0%										No
BASURERO	Colocación de drenaje CF Carnes	Williams José Calix Venegas	0%										No
	DEMOLICIÓN												-
	Demolición de losa	Williams José Calix Venegas	100%										Si
ACERAS Y CERRAMIENTOS	ACERAS EXTERNAS												-
	Definición de aceras a demoler y mantener	Ing. Deimer Castillo	100%										Si
	ACERA PERIMETRAL INTERNA TRASERA												-
	Conformación de acera nueva 30%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Alargamiento de bajantes un 100	Williams José Calix Venegas	100%										Si
PROTOAIRE	Demolición de acera existente un 100%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	PISO												-
	Colada de protoaire al 100%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
CTO ELÉCTRICO	Armado de pedestalitos	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	CIELO												-
	Formateado y colado de losa de techo	Williams José Calix Venegas	100%										Si
FUNDACIONES	Armado de losa de techo al 100%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	PISO												-
	Acabado Lujado de piso al 100%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	PAREDES												-
	Paredes de Mampostería al 100%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
FUNDACIONES	FUNDACIONES												-
	Colado de placa al 100%	Williams José Calix Venegas	100%										Si

Figura 52. Plan semanal 2 del proyecto PALI Cañas (parte 2).

Semana 02				Causas de no cumplimiento							¿Se cumplió? Si/No		
Sistema del proyecto	Actividad	Encargado	% Ejecutado	Falta de material	Falta de equipos	Falta de mano de obra	Clima desfavorable	Cliente	Diseño	Rendimiento		Falta de pagos	Ninguna
SISTEME ELÉCTRICO GEN.	CABLEADO												-
	cableado 100% abanicos de nave	Eduardo Tellez	70%										No
	Cableado de luces perimetrales 80%	Eduardo Tellez	50%										No
	CANALIZACIONES												-
	Canalización de iluminación y tomas en carnicería 70%	Eduardo Tellez	100%										Si
	Canalización de tomas regulados de trastienda 90%	Eduardo Tellez	100%										Si
	Canalización de iluminación perimetrales	Eduardo Tellez	100%										Si
	Canalización de lámparas de emergencia 50%	Eduardo Tellez	100%										Si
ACABADO	Montaje de ducto eléctrico 50%	Eduardo Tellez	100%										Si
	ESTRUCTURA METÁLICA												-
COMEDOR ASOCIADOS 1ERA ETAPA	PINTURA ESTRUCTURA PRINCIPAL												-
	Pinturas laterales, 50%	Williams José Calix Venegas	90%										No
	ESTRUCTURA METÁLICA												-
SS ASOCIADOS	Limpieza de estructura 40%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	ESTRUCTURA METÁLICA												-
	Canalización eléctrica	Eduardo Tellez	100%										Si
	Forrado de paredes	Williams José Calix Venegas	50%										No
HOMBRES	Estructurado de paredes 90%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	FONTANERÍA												-
	Drenajes	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Instalación de tubería potable	Williams José Calix Venegas	100%										Si

Figura 53. Gráfico de causas de no cumplimiento de la semana 2.

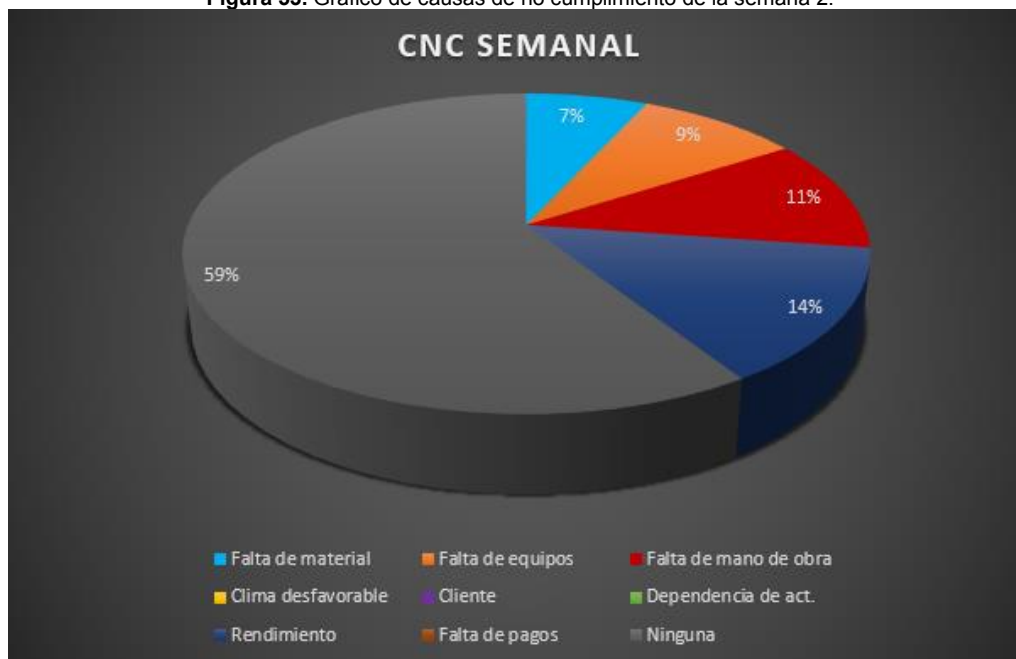
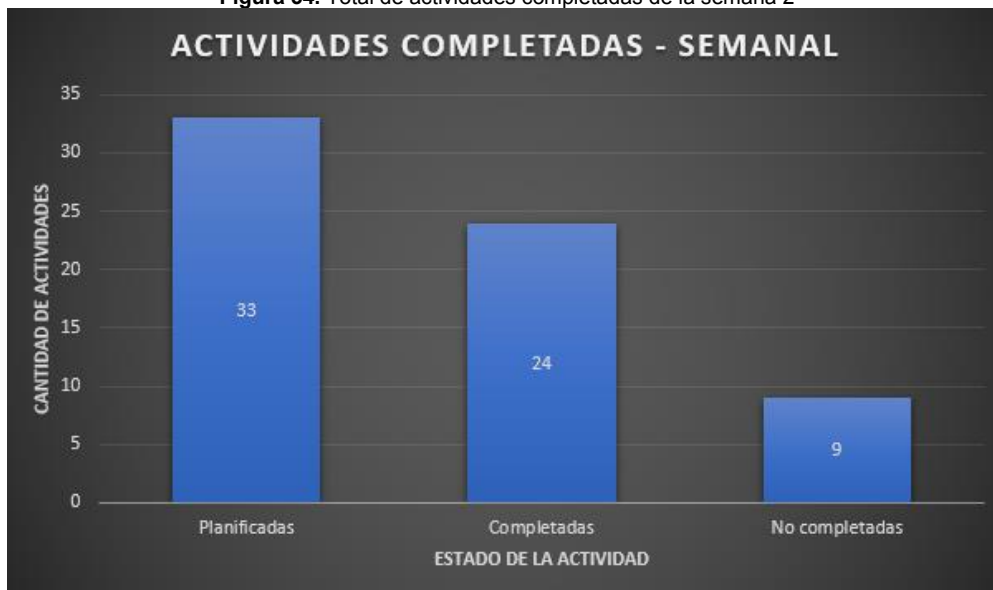


Figura 54. Total de actividades completadas de la semana 2



Plan de semana #3

Figura 55. Plan semanal 3 del proyecto PALI Cañas.

Semana 03				Causas de no cumplimiento							¿Se cumplió?		
Sistema del proyecto	Actividad	Encargado	% Ejecutado	Falta de material	Falta de equipos	Falta de mano de obra	Clima desfavorable	Cliente	Diseño	Rendimiento	Falta de pagos	Ninguna	Si/No
CARNICERÍA	REFRIGERACIÓN												-
	Elaboración de mampara terminada	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Demolición de paredes cuarto carnes	Ing. Deimer Castillo	0%										No
	Demolición de losa cuarto frío	Williams José Calix Venegas	0%										No
	Colocación de drenaje CF CARN	Williams José Calix Venegas	0%										No
BASURERO	ACABADOS												-
	Fragua de enchape	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Enchape de paredes	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Lujado de losa	Williams José Calix Venegas	100%										Si
ACERAS Y CERRAMIENTOS	ACERA TRASERA DE TIENDA												-
	Colado de losa 100%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Armadura y formaleta	Williams José Calix Venegas	100%										Si
CTO ELÉCTRICO	ARMADO DE CUARTO												-
	Cierre de ductos a tablero	Eduardo Tellez	100%										Si
	Montaje de tableros	Eduardo Tellez	100%										Si
SISTEME ELÉCTRICO GEN.	ÁREA EXTERNA												-
	Canalización de generador	Eduardo Tellez	100%										Si
	ÁREA TIENDA												-
	Movimiento de acometidas subterráneas trastienda	Eduardo Tellez	100%										Si
	Soportería para ductos de tablero de bodega	Eduardo Tellez	100%										Si
	Cableado camara de embutidos y cámara de lácteos	Eduardo Tellez	100%										Si
	Bajantes de tubería para cámaras de refrigeración	Eduardo Tellez	100%										Si
ACABADO ESTRUCTURA METÁLICA	LIMPIEZA												-
	limpieza estructura principal 100%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	PINTURA ESTRUCTURA PRINCIPAL												-
	Pintura principal 50%	Williams José Calix Venegas	70%										No
	ESTRUCTURA METÁLICA												-
	Sustitución de columnas 50%	Williams José Calix Venegas	100%										Si

Figura 56. Gráfico de causas de no cumplimiento de la semana 3

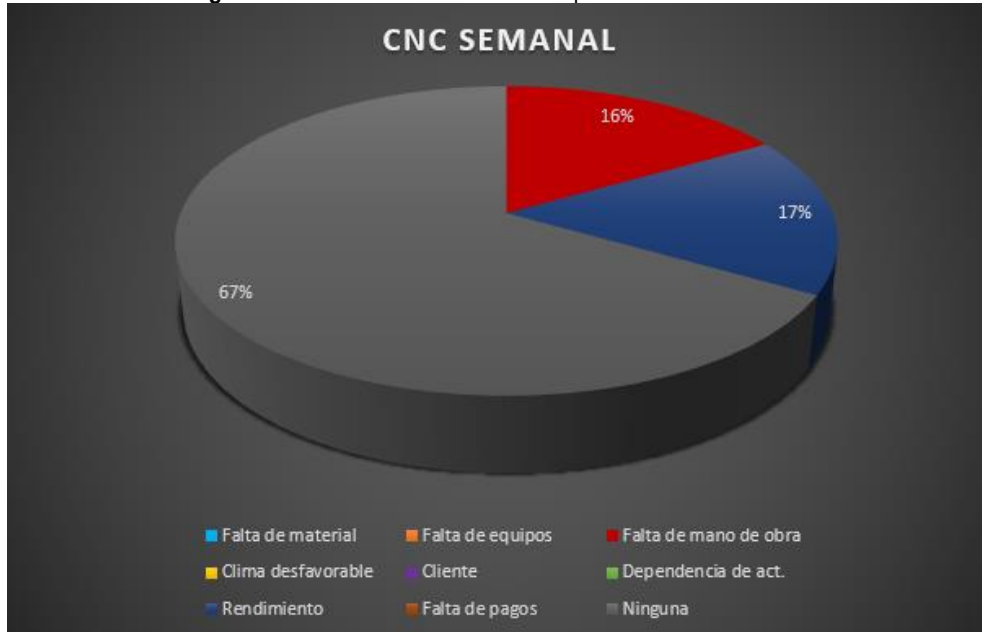


Figura 57. Total de actividades completadas de la semana 3



Plan de semana #4

Figura 58. Plan semanal 4 del proyecto PALI Cañas (parte 1).

Semana 04				Causas de no cumplimiento							¿Se cumplió?		
Sistema del proyecto	Actividad	Encargado	% Ejecutado	Falta de material	Falta de equipos	Falta de mano de obra	Clima desfavorable	Cliente	Diseño	Rendimiento	Falta de pagos	Ninguna	Si/No
LUMINARIAS INTERNAS	INSTALACIÓN LUMINARIAS												-
	70% de luminarias	Eduardo Tellez	40%										No
PARQUEO	OBRA EXTERNA												-
	Pedestales de luminaria	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Canalización de luminarias externas	Eduardo Tellez	100%										Si
	Colado de pedestales externos	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Colocación de asfalto	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Acabado de cordones	Williams José Calix Venegas	100%										Si
SS CLIENTE HOMBRES	ACABADOS												-
	Montaje de secamanos	Eduardo Tellez	0%										No
	Instalación de losa sanitaria	Williams José Calix Venegas	0%										No
	Fragua de enchape 100%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Enchape 100%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
CARNICERÍA	ACABADOS												-
	Pintura estructura mezzanine 50%	Williams José Calix Venegas	0%										No
	DEMOLICIÓN												-
	Revisar desagües	Williams José Calix Venegas	0%										No
	Demolición de piso 100%	Williams José Calix Venegas	0%										No
	Demolición de paredes 100%	Williams José Calix Venegas	0%										No
CF VERDURAS Y EMBUTIDOS	LOSA DE CONCRETO												-
	Colado de losa	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Armadura y formaleta	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Sello de losa	Williams José Calix Venegas	100%										Si
LACTANCIA	ACABADOS												-
	Forrado de cielo	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Estructura de cielo 100%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Sellado de paredes	Williams José Calix Venegas	100%										Si

Figura 59. Plan semanal 4 del proyecto PALI Cañas (parte 2).

Semana 04				Causas de no cumplimiento							¿Se cumplió?		
Sistema del proyecto	Actividad	Encargado	% Ejecutado	Falta de material	Falta de equipos	Falta de mano de obra	Clima desfavorable	Cliente	Diseño	Rendimiento	Falta de pagos	Ninguna	Si/No
SISTEME ELÉCTRICO GEN.	CANALIZACIONES												-
	Canalización de luminaria de nave	Eduardo Tellez	100%										Si
	Canalización de acometida tablero de bodega	Eduardo Tellez	100%										Si
	90% canalización tablero mezanine	Eduardo Tellez	100%										Si
	Canalización de acometida del protoaire	Eduardo Tellez	100%										Si
ACABADO ESTRUCTURA METÁLICA	PINTURA ESTRUCTURA PRINCIPAL												-
	Pintura 85%	Williams José Calix Venegas	70%										No
	Pintura de clavadores 100%	Oscar Reyes	70%										No
	ESTRUCTURA METÁLICA												-
	Encierro de generador 40%	Oscar Reyes	100%										Si
	Parrillas de parqueo	Oscar Reyes	0%										No
	Marco de ventana comedor mezzanine 100%	Oscar Reyes	100%										Si
	Encierro de tesorería y puerta de gerencia 30%	Oscar Reyes	0%										No
	Puerta cuarto eléctrico	Brian Gonzalez	0%										No
	Puerta de basurero instalada	Oscar Reyes	100%										Si
	Platina de seguridad secamanos	Oscar Reyes	0%										No
	Estructura de cielo rasos	Oscar Reyes	100%										Si
	Soportes de abanicos 40%	Oscar Reyes	100%										Si
	Sustitucion 50% restante de columnas	Oscar Reyes	100%										Si
	Montaje de clavadores 60%	Oscar Reyes	100%										Si
COMEDOR ASOCIADOS 1ERA ETAPA	ACABADOS												-
	Repello de paredes	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Forrado de paredes	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Estructurado de paredes 100%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
COMEDOR ASOCIADOS 1ERA ETAPA	ACABADOS												-
	Instalación losa sanitaria 50%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Enchape al 100%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Forrado de cielo 50%	Williams José Calix Venegas	100%										Si
	Estructura de cielo suspendido	Williams José Calix Venegas	100%										Si

Figura 60. Gráfico de causas de no cumplimiento de la semana 4

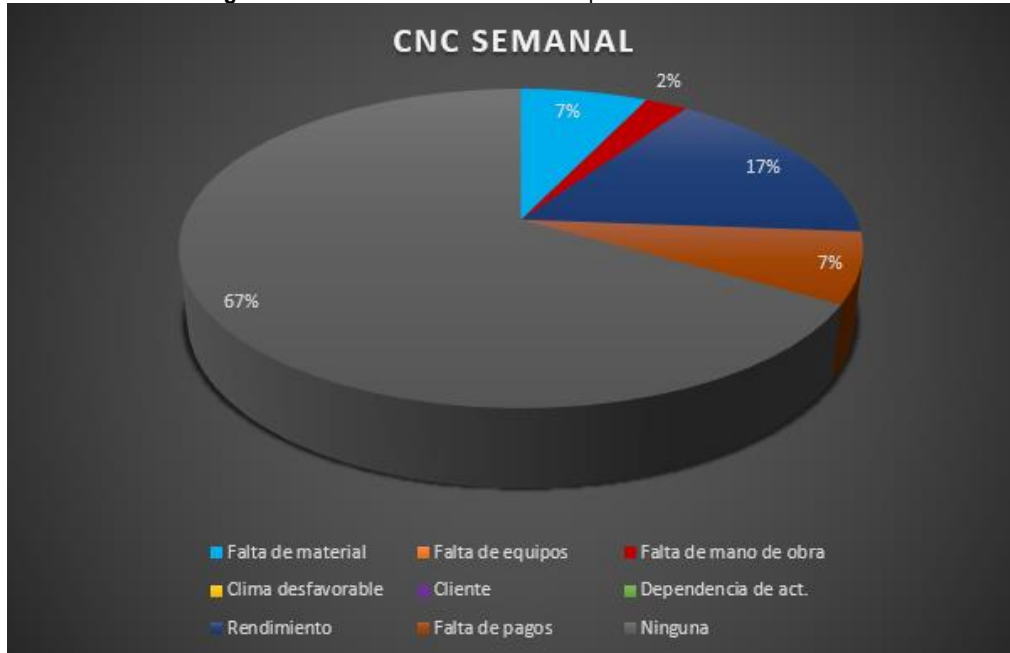
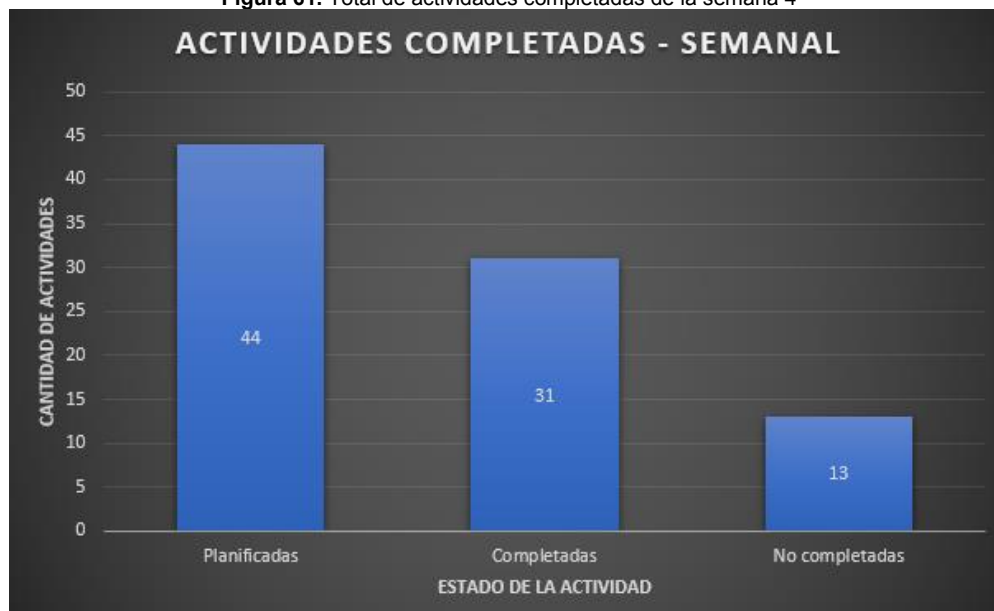


Figura 61. Total de actividades completadas de la semana 4

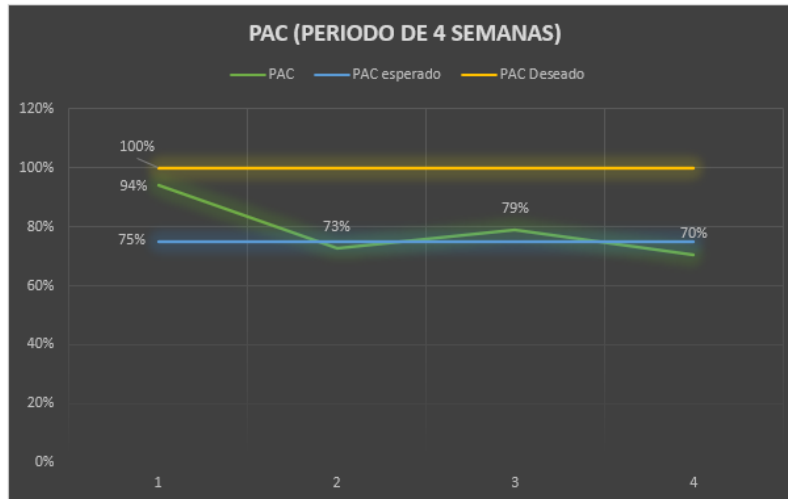


Porcentaje de actividades completadas

El porcentaje de actividades completadas de la primera fase se presenta por medio de un gráfico, el cual permite obtener una referencia del avance real de la obra durante las 4 semanas sobre un porcentaje de avance esperado. Los datos obtenidos para el proyecto de ejecución en análisis se presentan en la figura 62, donde se observa la cantidad de actividades que se ejecutaron respecto a las planificadas de manera inicial.

Figura 62. Porcentaje de actividades completadas de la fase 1.

Planificado S.	Completado S.	NO Completado	PAC	PAC esperado	PAC deseado
33	31	2	94%	75%	100%
33	24	9	73%	75%	100%
19	15	4	79%	75%	100%
44	31	13	70%	75%	100%



Análisis de resultados de la implementación de la herramienta Last Planner al proyecto PALI CAÑAS

En esta sección se presenta el análisis de resultados correspondientes al cuarto objetivo específico, el cual consiste en aplicar la herramienta Last Planner como medio de planificación y control a un proyecto de DICOMA construcción que se encuentre en el proceso de ejecución.

El proyecto de ejecución corresponde a la remodelación del Palí Cañas, ubicado en la provincia de Guanacaste. Los datos utilizados en esta sección corresponden a información real obtenida semana a semana de acuerdo con lo mencionado en las reuniones semanales por los ingenieros encargados y los maestros de obra.

Cronograma y planificación intermedia

El cronograma mostrado en la figura 37 es el medio de planificación y control que utiliza la empresa, por lo tanto, es incluido y utilizado como plan maestro, el cual permite identificar las actividades que puedan ser incluidos en la planificación intermedia, la cual está programada para abarcar 4 semanas totales de avance del proyecto. La fecha de inicio del proyecto se dio el 19 de abril del 2023, por lo tanto, la planificación intermedia de esta primera fase se muestra en las figuras 38, 39 y 40 y abarca las actividades que pueden ser realizadas hasta el 15 de mayo del 2023, en ella se contemplan 16 sistemas de los 42 que componen la totalidad del proyecto. Los sistemas corresponden a un grupo de actividades que permiten dividir al cronograma en paquetes de trabajo. Todas las actividades que se seleccionan en esta fase deben ser clasificadas según su disponibilidad de ejecución, ya sea que cuenten con restricciones pendientes o que estén listas para su inicio.

Análisis de restricciones e inventario de trabajo ejecutable

Las actividades de la sección de análisis de restricciones se muestran en las figuras 41, 42 y 43 y provienen de las que fueron clasificadas con alguna restricción pendiente en la planificación intermedia, con un total de 57 actividades para la primera fase, todas las actividades se definen con una fecha límite de liberación de dos días antes de lo establecido en el cronograma, esto con el fin de que puedan estar listas a tiempo y no se presente ningún atraso en el proyecto.

Esta sección cuenta con gráficos que permiten analizar las causas de no cumplimiento que limitan a las actividades de su ejecución. Según los datos obtenidos en el gráfico de la figura 44, el 56% corresponde a la dependencia de otras actividades para que puedan liberarse, lo que evidencia la importancia de que no existan atrasos en las primeras etapas del proyecto que limiten la liberación de actividades posteriores. Por otro lado, el porcentaje menor corresponde a la falta de mano de obra, con un 3%, esto se debe a que para algunas actividades el coste de mano de obra es muy alto y se contrata el personal hasta unos pocos días antes de que sea necesario la ejecución de dichas actividades.

De igual forma, el inventario de trabajo ejecutable proviene de la selección de actividades de la planificación, el cual se muestra en las figuras 45 y 46 con un total de 38 actividades que según el criterio de los ingenieros que estuvieron presentes en las reuniones semanales, se encuentran completamente libres para iniciar su ejecución. Una vez obtenido el inventario de trabajo ejecutable se prosigue con la planificación semanal.

Primera semana

El plan para la semana #1 mostrado en las figuras 47 y 48 se compone de las actividades que son desarrolladas desde el 18 al 24 de abril del 2023, las actividades se dividen en 8 paquetes con un total de 33 actividades por completar. La primera semana presenta un 94% de actividades completadas con únicamente 2 actividades que no se pudieron completar debido a falta de mano de obra y problemas de rendimiento según se indica en las figuras 49 y 50.

El colado de la placa corrida para cuarto eléctrico corresponde a una de las actividades que no se completaron al 100%, esto debido a que no se contaba con el personal calificado para avanzar según lo previsto en la fase de planificación, lo que resultó en un problema de rendimiento al final de la semana. Por otro lado, se tiene la limpieza de estructura metálica principal, la cual no pudo ser realizada debido a que los encargados de la estructura metálica del proyecto se presentaron en fechas posteriores a las que se indicaron de manera inicial, lo que imposibilitó completar la actividad de limpieza al 100%.

Segunda semana

La semana #2 se muestra en las figuras 51 y 53 y corresponde a la planificación que se realiza desde el 25 de abril al 01 de mayo del 2023, con un total de 10 paquetes de trabajo y 33 actividades. La finalización de la segunda semana resultó según las figuras 53 y 54 con 73% de actividades completadas respecto al total planificadas, con un total de 9 actividades que no se culminaron debido a falta de equipos, falta de material, falta de mano de obra y problemas en el rendimiento general del personal.

Según conversaciones con los ingenieros, respecto al tema de que no se pudo completar ninguna actividad del sistema "carnicería", se indicó que todo el personal presente para la semana en análisis estaba centrado en todas las otras actividades de los otros sistemas y que se imposibilitó asignar personas a que trabajaran en la zona de carnicería. Se evidencia que DICOMA presenta problemas con la cantidad de mano de obra que asigna, puesto que, desde la semana anterior ya se presentaban problemas al completar las actividades debido a falta de mano de obra. Por otro lado, los sistemas eléctricos iniciaron con problemas de falta de equipo y materiales lo cual, imposibilitó culminar al 100% algunas de las actividades. Es importante mencionar que el proyecto se ubica en una zona alejada de la gran área metropolitana y los ingenieros comentaban que se estaban presentando problemas con la llegada del material y que los centros de

distribución más cercanos no cumplían con la calidad y tipo de materiales y equipo que necesitaban. Por último, el problema de la semana #1 respecto a los encargados de la estructura metálica afecta de manera directa con el avance esperado para la semana #2 y no se logra completar la cantidad de pintura esperada al finalizar la semana.

Tercera semana

La semana #3 mostrado en la figura 55 abarca los días presentes entre las fechas de 2 y 8 de mayo del 2023, para este caso, se presentaron problemas durante su planificación, puesto que, no se realizó ninguna reunión semanal. Los datos obtenidos para la tercera semana corresponden a una planificación pequeña realizada únicamente por el ingeniero residente del proyecto y que fue obtenida como una lista formulada en una de las pizarras informativas que se instalan en las oficinas del sitio, con un total de 19 actividades programadas. Se observa que los mismos problemas presentes anteriormente se siguen identificando en la tercera semana, con deficiencias en la cantidad de mano de obra y rendimiento.

Debido a la problemática de la mano de obra presente en el proyecto, los ingenieros identifican que el personal contratado de la zona de Cañas, Guanacaste no se encuentra calificado para realizar los trabajos, por lo que se generó una solicitud a gerencia para solucionar el problema lo más rápido posible. Al completarse la semana 3 se identifica que no se avanzó en ninguna actividad relevante para la zona de carnicería, esto debido al mismo problema de falta de mano de obra que se presenta desde la semana anterior. Respecto a la pintura de la estructura metálica, el atraso proviene desde semana 1 y no se ha buscado aumentar la eficiencia para esta zona.

El desempeño para la tercera semana no ha sido el esperado pero la identificación de las causas de no cumplimiento mostradas en la figura 55 permite dar un enfoque a las deficiencias que se presentan en la ejecución de las actividades y que, de esta manera, puedan tomarse medidas correctivas, que, para este caso, corresponde a mejorar los aspectos relacionados a la cantidad y calidad de la mano de obra.

Cuarta semana

La semana #4 corresponde a la finalización de la primera fase de planificación de la herramienta, la cual, corresponde a las actividades que se programan entre el 9 y 15 de mayo del 2023 según se muestran en las figuras 58 y 59. Se planificaron 44 actividades, con un total de 31 actividades que se lograron terminar al final de la semana. Se evidencia en el gráfico de la figura 60 que para la última semana comienzan las medidas correctivas para la problemática de la mano de obra, pero de igual forma, se presenta, en menor medida, falta de material, bajo rendimiento y como nueva causa de no cumplimiento, falta de pagos en las actividades relacionados con la estructura metálica.

Respecto a la falta de pagos, se presentó en la pintura de la estructura metálica principal y para las parillas metálicas del parqueo, esto debido a malentendidos con gerencia, pero se indica que el caso se resolvió y que para futuras semanas ya no se presentará el problema. La falta de mano de obra se reduce a un 2% y el bajo rendimiento a un 17%, lo que evidencia que se debe seguir mejorando la calidad del personal contratado y en general, reducir los problemas relacionados a la mano de obra.

Porcentaje de actividades completadas de la fase #1

La finalización de las primeras cuatro semanas de planificación corresponde al análisis del rendimiento presentado de la cantidad de actividades ejecutadas respecto a las que se planificaron de manera inicial. El gráfico de PAC del periodo de 4 semanas de la figura 62 indica un porcentaje que se mantiene por arriba del 80% esperado para las semanas #1 y #3 y por debajo del esperado para las semanas #2 y #4. El porcentaje mínimo se obtiene en la última semana con 70%, esto debido a las deficiencias de rendimiento que se presentaron y se explicaron en las secciones anteriores. Se evidencia la importancia de conocer el

rendimiento que se presenta semana a semana, puesto que, para semanas posteriores se deben reforzar los aspectos que impidieron completar con éxito las actividades programadas.

Por último, completar todos los procesos implementados en la herramienta Last Planner permite validar su funcionamiento respecto a la planificación y control de proyectos en DICOMA Construcción. La finalidad de la herramienta consiste en obtener un procedimiento completo que permite a los ingenieros planificar las actividades de acuerdo con las posibilidades de ejecución y mantener un control con gráficos que brindan la posibilidad de tomar medidas correctivas de acuerdo con el avance semanal que se presente en cada proyecto.

Conclusiones y recomendaciones

En esta sección se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo de la presente práctica profesional.

Conclusiones

- Según el cuestionario y las entrevistas realizadas, DICOMA Construcción no aplica de manera completa y eficiente la metodología Last Planner para la planificación y control de los proyectos, ya que no se realizan todos los procesos necesarios, como es el caso de la planificación intermedia, análisis de restricciones e inventario de trabajo ejecutable, por lo que se evidencia la necesidad de implementar nuevos procesos y técnicas que permitan un desarrollo más amplio de los proyectos.
- De acuerdo con el procedimiento para implementar Last Planner en DICOMA Construcción, se establece que el cronograma que realizan los ingenieros de la empresa funciona como reemplazo del plan maestro debido al nivel de detalle que presenta.
- Según los procesos por implementar para la planificación y control de proyectos mediante Last Planner, se determina que la planificación intermedia, el análisis de restricciones, el inventario de trabajo ejecutable y la planificación semanal con sus respectivos indicadores de rendimiento son las técnicas por aplicar, esto debido a que no son ejecutadas por la empresa puesto que aplican procesos más simples e ineficientes.
- Se elaboró una herramienta mediante el software Ms Excel para la planificación y control de proyectos bajo la metodología Last Planner, con ella se determinaron las actividades por ejecutar en un periodo de cuatro semanas para un proyecto en proceso de ejecución.
- Para el diseño de la herramienta se determinaron las condiciones actuales de planificación y control de manera que los procesos y técnicas implementados se adecuen al sistema de ejecución de proyectos que realiza DICOMA construcción.
- De acuerdo con la implementación de la herramienta al proyecto Remodelación PALI Cañas, se planificaron 16 sistemas a intervenir en el edificio, los cuales fueron monitoreados durante las cuatro semanas que componen a la primera fase, con el fin de identificar la efectividad de la planificación realizada y que sea posible la implementación de mejoras en las siguientes fases del proyecto.
- Según los resultados de porcentaje de actividades completadas que brinda la herramienta, para la primera fase se determina que en ninguna semana se logra completar todas las actividades al 100%, lo cual se debe a una mala coordinación de los ingenieros en la planificación inicial respecto a la definición de la planilla, por lo que se refleja con una falta y rendimiento del personal.
- Los procesos implementados permiten que el proyecto se gestione de forma rápida y eficiente. Anteriormente la planificación y control de los proyectos representaba mucho tiempo y en ocasiones no se realizaba debido a la complejidad que presentaba para los ingenieros, lo cual se reflejaba en atrasos y pérdidas económicas importantes para la empresa.
- De acuerdo con las causas de no cumplimiento obtenidas en las planificaciones semanales, se determina que desde el inicio del proyecto se presentaban problemas respecto a la cantidad y eficiencia de la mano de obra, por lo que, desde etapas tempranas se iniciaron los procesos de mejora para reforzar los problemas relacionados con el personal.

Recomendaciones

- Se recomienda al Departamento de Ingeniería estandarizar los procesos que realizan durante la ejecución de los proyectos, de manera que todos los encargados de proyecto cuenten con una estructura definida de planificación y control.
- Se recomienda al Departamento de Gerencia mantener una mejor comunicación respecto a los resultados que obtienen al finalizar los proyectos, con el fin de que los otros departamentos puedan aplicar mejoras que beneficien a ambas partes.
- Respecto a las reuniones semanales durante la ejecución de los proyectos, se recomienda al ingeniero de proyecto mantenga comunicación constante respecto a la fecha programada y que se asegure de la participación de como mínimo, todos los ingenieros y maestros de obra.
- Se recomienda al departamento de ingeniería que integre a las reuniones semanales y a los procesos de planificación y control a los subcontratistas, cliente y demás involucrados del proyecto.
- Se recomienda al Departamento de Ingeniería que, al utilizar la herramienta Last Planner desarrollada se revise, de manera inicial, la guía de uso con el fin de que se puedan seguir todos los procedimientos integrados con la manipulación correcta.
- Se recomienda que el Departamento de Ingeniería genere una política en la que se establezca de manera obligatoria el uso de la metodología Last Planner como el único medio de planificación y control de proyectos, de manera que todos los procesos que se ejecutan no sean en base a la experiencia ni en el criterio personal.

Referencias bibliográficas

- 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.
- Angeli, C. 2017. *Implementación del Sistema Last Planner en Edificación en Altura en una Empresa Constructora: Estudio de casos de dos edificios en las comunas de Las Condes y San Miguel*. Universidad Andres Bello.
- Ballard, H. 2000. *The Last Planner System of Production Control*. The University of Birmingham.
- 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*.
- Castillo, L. 2002. *Introducción a la información y documentación científica*.
- García, O. 2012. *Aplicación de la metodología lean construction en la vivienda de interés social*.
- Guzmán, A. 2004. *Aplicación de la filosofía lean construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos*. Pontificia Universidad Católica de Perú.
- Hernández, R. 2014. *Metodología de la investigación*.
- Koskela, L. 1999. *Management of production in construction: a theoretical view*. University of Huddersfield.
- Lagos, C. 2017. *Desarrollo e Implementación de Herramientas para el Mejoramiento de la Gestión de la Información de Last Planner*. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Lozada, J. 2014. *Investigación Aplicada: Definición, propiedad Intelectual e industria*.
- Mattos, A. González, F. 2014. *Métodos de planificación y control de obras*
- Maranto, M. Gonzalez, M. 2015. *Fuentes de información*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Méndez, C. 2010. *Introducción a las fuentes de información*. Universitat Politècnica de Valencia.
- Miranda, U. Acosta, Zully. 2009. *Fuentes de Información para la Recolección de Información Cuantitativa y Cualitativa*.
- Monje, C. 2011. *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica*. Universidad Surcolombiana.
- Patel, A. 2011. *The Last Planner System for Reliable Project Delivery*. The University of Texas at Arlington.
- Porwal, V. et al. 2010. *Last planner system implementation challenges*.

- Pons, J. Rubio, I. 2019. *Lean Construction y la Planificación Colaborativa Metodología del Last Planner® System*. Consejo General de la Arquitectura técnica de España.
- Project Management Institute (2017). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos*. (Guía del PMBOK) (Sexta ed.)
- Rodríguez, A. 2011. *La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador*.
- Rodríguez, K. 2017. *Implementación de la metodología de planificación y control “Last Planner” en el proyecto de construcción: Unidad Productiva San Rafael*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Rojas, J. 2021. *Metodología de planificación basada en la filosofía “Last Planner” en la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Sanchis, I. 2013. *Last Planner System. Un caso de estudio*. Universitat Politècnica de Valencia.
- Heigermoser, D. Garcia, B. Sidney, E. 2019. *BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management*.
- Shang, G. Sui, L. 2014. *The Last Planner System in China's construction industry — A SWOT analysis on implementation*.
- Tzortzopoulos, P. Koskela, L. 2014. *Improving construction management practice with the Last Planner System: a case study*. Engineering, Construction and Architectural Management.
- Vargas, Z. 2008. *La Investigación Aplicada: Una Forma de Conocer las Realidades con Evidencia Científica*.

Apéndices

Apéndice 1. Hoja de código completo del proyecto Remodelación PALI Cañas

Encargados del proyecto	Sistemas del proyecto	Actividades	Actividades	Actividades	Restricciones	Restricciones	ITE	ITE
Ing. Roberto Rodríguez	SS ASOCIADOS MUJERES	SS ASOCIADOS MUJERES	4/22	5/25	SS ASOCIADOS MUJERES	4/22	SS ASOCIADOS MUJERES	4/22
Ing. Deimer Castillo	COMEDOR ASOCIADOS 1ERA ET	Cerramiento Provisional	4/22	4/22	Previstas potable	4/27	Cerramiento Provisional	4/22
Eduardo Tellez	PASILLO DE MEZZANINE	Demolición de cielos	4/23	4/25	Previstas aguas negras	4/27	Demolición de cielos	4/23
Williams José Calix Venegas	CARNICERÍA	Demolición de paredes	4/23	4/26	Colocación de piso ceramico	5/1	Demolición de paredes	4/23
Brian Gonzalez	CUARTO DE CARNES	Demolición de piso vinílico	4/23	4/26	Fragua de piso	5/7	Demolición de piso vinílico	4/23
Oscar Reyes	CTO FRÍO VERDURAS	Demolición sist eléctrico	4/23	4/26	Estructurado de paredes	5/8	Demolición sist eléctrico	4/23
	SS CLIENTE MUJERES	Previstas potable	4/27	4/29	Forrado de paredes	5/11	COMEDOR ASOCIADOS 1ERA ETAPA	4/22
	AREA DE CARRITOS	Previstas aguas negras	4/27	4/30	COMEDOR ASOCIADOS 1ERA ETAPA	4/22	Cerramiento provisional	4/22
	AREA DE EMPAQUE	Colocación de piso ceramico	5/1	5/6	Prevista aguas grises	4/29	Demolición de Piso	4/23
	CTO ELÉCTRICO	Fragua de piso	5/7	5/7	Prevista potable	4/29	Demolición de cielos	4/23
	ACABADO ESTRUCTURA METÁ	Estructurado de paredes	5/8	5/10	Colocación de piso ceramico	5/4	Demolición de paredes	4/23
	CUBIERTA TECHO	Forrado de paredes	5/11	5/14	Fragua de piso	5/10	PASILLO DE MEZZANINE	4/27
	BASURERO	COMEDOR ASOCIADOS 1ERA ETAPA	4/22	5/26	Estructura de Paredes	5/11	Demolición de Piso	4/27
	PROTOAIRE	Cerramiento provisional	4/22	4/22	PASILLO DE MEZZANINE	4/27	CARNICERÍA	4/24
	ACERAS Y CERRAMIENTOS	Demolición de Piso	4/23	4/28	Instalación de Piso	5/1	Mampara de protección	4/24
	BODEGA DE JABAS Y CARTON	Demolición de cielos	4/23	4/28	Fraguado de piso	5/9	Reubicación de previstas electromecánicas	4/24
		Demolición de paredes	4/23	4/28	Estructurado de Paredes	5/9	Movimiento de urnas hacia el frente	4/24
		Prevista aguas grises	4/29	5/3	Forro de Paredes	5/13	Demolición de contrapiso	4/25
		Prevista potable	4/29	5/3	Sistema de potencia	5/13	Demolición de estructura de cielo	4/25
		Colocación de piso ceramico	5/4	5/9	CARNICERÍA	4/24	Demolición de cielos	4/25
		Fragua de piso	5/10	5/10	Colado de contrapiso pendientes	5/7	Demolición de enchapes	4/25
		Estructura de Paredes	5/11	5/14	Piso Quarry tyle	5/12	CUARTO DE CARNES	4/25
	PASILLO DE MEZZANINE	4/27	5/22	Paredes durock	5/10	Demolición de panel	4/25	
		Demolición de Piso	4/27	4/30	Adecuación de estructura metálica	4/27	Demolición de contrapiso	4/27
		Instalación de Piso	5/1	5/8	Previstas aguas grises	5/2	CTO FRÍO VERDURAS	4/25
		Fraguado de piso	5/9	5/10	Previstas potables	5/4	Deshalajo Cto Congelado	4/25
		Estructurado de Paredes	5/9	5/12	Colocación de parrillas	5/4	Demolición de panel cto congelado	4/26
		Forro de Paredes	5/13	5/18	Previstas potencia	5/2	Demolición de contrapiso	4/29
		Sistema de potencia	5/13	5/17	Previstas iluminación	5/5	SS CLIENTE MUJERES	4/22
		CARNICERÍA	4/24	5/29	Previstas datos	5/9	Cerramiento Provisional	4/22
		Mampara de protección	4/24	4/24	CUARTO DE CARNES	4/25	Demolición de cielos	4/23
		Reubicación de previstas electromecánicas	4/24	4/24	Colocación de madera perimetral	5/3	Demolición de paredes	4/23
		Movimiento de urnas hacia el frente	4/24	4/24	Colado de contrapiso	5/6	Demolición de piso vinílico	4/23
		Demolición de contrapiso	4/25	5/1	Cambio de parrilla	5/5	Demolición sist eléctrico	4/23
		Demolición de estructura de cielo	4/25	4/26	Prevista potencia	4/27	AREA DE CARRITOS	5/2
		Demolición de cielos	4/25	4/25	Prevista de iluminación	5/11	AREA DE EMPAQUE	5/7
		Demolición de enchapes	4/25	4/26	Armado de cto carnes	5/8	CTO ELÉCTRICO	4/25
		Colado de contrapiso pendientes	5/7	5/8	CTO FRÍO VERDURAS	4/25	Demolición paredes	4/25
		Piso Quarry tyle	5/12	5/18	Colocación de madera	5/5	Demolición de paredes	4/27
		Paredes durock	5/10	5/16	Colado de contrapiso	5/6	ACABADO ESTRUCTURA METÁLICA	4/25
		Adecuación de estructura metálica	4/27	5/6	Previstas potencia ventiladores	5/9	Limpieza y pintura de estructura	4/25
		Previstas aguas grises	5/2	5/3	Previstas potencia iluminación puertas	5/9	CUBIERTA TECHO	5/10
		Previstas potables	5/4	5/4	Previstas resistencia de puertas	5/11	BASURERO	5/7
		Colocación de parrillas	5/4	5/4	Canalización de control	5/11	Demolición de enchape de pared	5/7
		Previstas potencia	5/2	5/8	Armado del cuarto	5/9	Demolición de piso Existente	5/8
		Previstas iluminación	5/5	5/8	SS CLIENTE MUJERES	4/22	PROTOAIRE	4/25
		Previstas datos	5/9	5/13	Previstas potable	4/27	Trazo	4/25
		CUARTO DE CARNES	4/25	5/27	Previstas aguas negras	4/27	Armado y formaliteado de losa	4/26
		Demolición de panel	4/25	4/26	Colocación de piso ceramico	5/1	Colado de losa	5/5
		Demolición de contrapiso	4/27	5/2	Fragua de piso	5/7	ACERAS Y CERRAMIENTOS	5/12
		Colocación de madera perimetral	5/3	5/4	Estructurado de paredes	5/8	BODEGA DE JABAS Y CARTONES	5/10

Encargados del proyecto	Sistemas del proyecto	Actividades	Actividades	Actividades	Restricciones	Restricciones	ITE	ITE
		Colocación de madera perimetral	5/3	5/4	Estructurado de paredes	5/8	BODEGA DE JABAS Y CARTONES	5/10
		Colado de contrapiso	5/6	5/7	Forrado de paredes	5/11	Demoliciones de enchapes	5/10
		Cambio de parrilla	5/5	5/5	Salidas potencia	5/13	Demoler pared	5/10
		Prevista potencia	4/27	4/29	AREA DE CARRITOS	5/2	Demoler Puerta	5/10
		Prevista de Iluminación	5/11	5/12	Cierres de buques	5/2		
		Armado de cto carnes	5/8	5/10	Resane de Paredes	5/7		
		CTO FRIO VERDURAS	4/25	5/24	Acabado de paredes	5/13		
		Deshalajo Cto Congelado	4/25	4/25	AREA DE EMPAQUE	5/7		
		Demolición de panel cto congelado	4/26	4/28	Cierres de buques	5/7		
		Demolición de contrapiso	4/29	5/4	Resane de Paredes	5/13		
		Colocación de madera	5/5	5/5	CTO ELÉCTRICO	4/25		
		Colado de contrapiso	5/6	5/8	Paredes durock	5/2		
		Previstas potencia ventiladores	5/9	5/10	ACABADO ESTRUCTURA METÁLICA	4/25		
		Previstas potencia iluminación puertas	5/9	5/10	CUBIERTA TECHO	5/10		
		Previstas resistencia de puertas	5/11	5/11	Cubierta y hojalatería	5/10		
		Canalización de control	5/11	5/11	BASURERO	5/7		
		Armado del cuarto	5/9	5/10	Colado de piso nuevo	5/9		
		SS CLIENTE MUJERES	4/22	5/25	Enchape de paredes	5/12		
		Cerramiento Provisional	4/22	4/22	PROTOAIRE	4/25		
		Demolición de cielos	4/23	4/25	Entrada de Equipo	5/13		
		Demolición de paredes	4/23	4/26	ACERAS Y CERRAMIENTOS	5/12		
		Demolición de piso vinílico	4/23	4/26	Colocación de loseta táctil	5/12		
		Demolición sist eléctrico	4/23	4/26	BODEGA DE JABAS Y CARTONES	5/10		
		Previstas potable	4/27	4/30	Construcción de Pared	5/12		
		Previstas aguas negras	4/27	4/30				
		Colocación de piso ceramico	5/1	5/6				
		Fragua de piso	5/7	5/7				
		Estructurado de paredes	5/8	5/10				
		Forrado de paredes	5/11	5/14				
		Salidas potencia	5/13	5/15				
		AREA DE CARRITOS	5/2	5/22				
		Cierres de buques	5/2	5/6				
		Resane de Paredes	5/7	5/12				
		Acabado de paredes	5/13	5/16				
		AREA DE EMPAQUE	5/7	5/22				
		Cierres de buques	5/7	5/12				
		Resane de Paredes	5/13	5/18				
		CTO ELÉCTRICO	4/25	5/25				
		Demolición paredes	4/25	4/26				
		Demolición de paredes	4/27	5/1				
		Paredes durock	5/2	5/13				
		ACABADO ESTRUCTURA METÁLICA	4/25	6/8				
		Limpeza y pintura de estructura	4/25	6/8				
		CUBIERTA TECHO	5/10	6/28				
		Cubierta y hojalatería	5/10	6/28				
		BASURERO	5/7	5/25				
		Demolición de enchape de pared	5/7	5/7				
		Demolición de piso Existente	5/8	5/8				
		Colado de piso nuevo	5/9	5/11				
		Enchape de paredes	5/12	5/17				
		PROTOAIRE	4/25	5/28				
		Trazo	4/25	4/25				
		Armado y formateado de losa	4/26	5/4				
		Colado de losa	5/5	5/5				
		Entrada de Equipo	5/13	5/13				

Encargados del proyecto	Sistemas del proyecto	Actividades	Actividades	Actividades	Restricciones	Restricciones	ITE	ITE
		ACERAS Y CERRAMIENTOS	5/12	7/2				
		Colocación de loseta táctil	5/12	5/29				
		BODEGA DE JABAS Y CARTONES	5/10	5/28				
		Demoliciones de enchapes	5/10	5/10				
		Demoler pared	5/10	5/11				
		Demoler Puerta	5/10	5/10				
		Construcción de Pared	5/12	5/14				

Apéndice 2. Preguntas de la entrevista realizada a los ingenieros

¿Conoce usted los conceptos de planificación y control de los proyectos de construcción?

- Solo planificación de proyectos
 - Solo control de proyectos
 - Ambos
 - Ninguno
-

Seleccione las técnicas de planificación y control de proyectos que se utilizan en DICOMA
(puede seleccionar varias opciones)

- Cronograma detallado
 - Diagrama de Gantt
 - Last planner System
 - Presupuesto detallado
 - Reuniones de seguimiento
-

Con respecto a las técnicas mencionadas anteriormente. ¿Cuáles softwares o herramientas se utilizan en la empresa para aplicarlas? (puede seleccionar varias opciones)

- Ms Excel
- Ms Project
- Ms Power BI
- Key Planning
- PROCORE
- Plan Swift
- Trello

¿Qué nivel de importancia cree usted que tiene una buena planificación y control de un proyecto de construcción, para que se desarrolle de manera correcta?

- Alto
 - Medio
 - Bajo
 - Ninguno
-

¿Cree usted que los métodos de planificación y control aplicados por la empresa permiten una ejecución adecuada de los proyectos?

- Sí
 - No
 - Se puede mejorar
-

¿Conoce usted la metodología Last Planner System?

- Sí
 - No
-

¿Ha aplicado Last Planner System en algún proyecto de la empresa?

- Sí
 - No
-

¿Cree usted que ampliar el uso de Last Planner System pueda ser favorable para la empresa?

- Sí
- No

HERRAMIENTA LAST PLANNER - GUÍA DE USO

1. Uso general de la herramienta

La herramienta cuenta con un formato que debe respetarse en todas las hojas de trabajo, esto con el fin de que uso sea el más intuitivo posible. Las celdas cuentan con un color de acuerdo con el manejo que se le puede dar, únicamente deben rellenarse las que presenten el color indicado en la figura 1. Con respecto a los botones, estos pueden ser de tres tipos, los azules corresponden a acciones que deben ser aplicadas por el usuario, mientras que los negros con borde rojo corresponden a botones para trasladarse entre todas las hojas de la herramienta, además, en todas las hojas se encuentra un botón gris que puede ser utilizado para volver al menú de forma inmediata, los colores indicados se muestran en la figura 2.

Figura 1. Celdas por rellenar en la herramienta

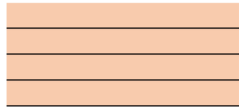
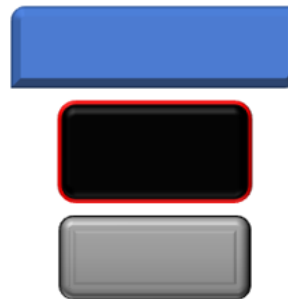


Figura 2. Tipos de botones en la herramienta



2. Información del proyecto y menú

Al abrir la herramienta, se despliega la primera hoja de trabajo, la cual corresponde a la información general del proyecto y al menú. Como primer paso, se debe aceptar la advertencia de seguridad con el mensaje "Habilitar contenido", esto con el fin de que todas las funciones puedan ser utilizadas correctamente. Además, se recomienda guardar una copia nueva del documento en su respectiva carpeta, que incluya el nombre del proyecto por analizar.

Esta hoja debe completarse con los datos generales del proyecto en ejecución, en ella se encuentran todos los botones necesarios para trasladarse a todas las demás hojas de trabajo que componen a la herramienta.

3. Hoja código

la mayoría de los datos en esta sección se generan de forma automática conforme se avanza con la planificación y el control del proyecto, únicamente debe llenarse la columna con el nombre de "Encargados del proyecto" con los integrantes que componen al proyecto en ejecución. Además, se presenta un panel a la izquierda con siete botones, los cuales son utilizados en conjunto con las otras hojas de trabajo, por lo que su uso se explicará más adelante

4. Cronograma

Se debe adjuntar el cronograma elaborado, se seleccionan las actividades que los ingenieros encargados consideren que pueden realizarse en un plazo de cuatro semanas, de manera que puedan ser incluidas en la planificación intermedia, para ello, se tienen las columnas "seleccione sistemas" y "seleccione actividades" que despliegan una lista o bien, pueden llenarse manualmente con una "x". La selección de actividades se indican permite asignar los datos en la hoja de código, para ello, se debe trasladarse a la hoja de código y utilizar los botones de "asignar actividades seleccionadas" y "asignar actividades". Al realizar los pasos indicados, se observa que la hoja de código se rellena automáticamente con los datos necesarios para proceder con la planificación intermedia. Es importante mencionar que, la hoja de cronograma cuenta con un botón específico para eliminar por completo los datos en la hoja, lo que permite usar de manera eficiente la herramienta si se quisiera usar con algún otro proyecto.

HERRAMIENTA LAST PLANNER - GUÍA DE USO

5. Planificación intermedia

La asignación anterior habilita las funciones del botón de la hoja de planificación intermedia, llamado “Asignar actividades seleccionadas”, el cual coloca automáticamente las actividades necesarias para una planificación a futuro de cuatro semanas, con sus fechas de inicio y final correspondientes. En esta sección se debe colocar el estado de cada actividad, ya sea sin restricciones o con restricción pendiente, además se debe rellenar las casillas para visualizar la duración de cada actividad con respecto de otras, además, por temas de orden, se recomienda colocar los sistemas en la columna correspondiente. En esta hoja de trabajo es de suma importancia colocar si la actividad se encuentra con o sin restricciones, puesto que, las actividades que se encuentren con la condición “RESTRICCIÓN PEND.” podrán ser colocadas de manera automáticamente en la hoja de análisis de restricciones.

6. Análisis de restricciones

En la hoja de código se encuentra el botón de “Asignar actividades con restricción”, el cual permite colocar automáticamente las actividades que se encuentran con restricción en la hoja de planificación intermedia. Una vez obtenidas las actividades con su respectiva fecha, se puede trabajar directamente desde la hoja de análisis de restricciones, donde se debe presionar el botón “Asignar actividades con restricciones”. La hoja de análisis de restricciones permite identificar las causas de no cumplimiento para cada actividad, las cuales deben marcarse de forma manual, al igual que el responsable de su liberación y el estado en que se encuentra actualmente. La fecha límite de liberación se encuentra programada dos días antes de la fecha de inicio, pero en caso de necesitarse, el usuario puede cambiarla con el calendario adjuntado. Además, en esta hoja se genera un gráfico de forma automática, el cual permite al usuario identificar que causas de no cumplimiento se presentaron en la etapa de planificación.

7. Inventario de trabajo ejecutable

El inventario de trabajo ejecutable es posible realizarlo, al igual que el paso anterior, desde que se indica en la planificación intermedia las actividades que se encuentran libres de restricciones. De igual forma, la hoja de código cuenta con un botón específico para cargar todas las actividades disponibles con el nombre de “Asignar inventario de trabajo ejecutable”. La hoja de inventario de trabajo ejecutable cuenta con un botón para cargar las actividades que se encuentran listas para su ejecución. Para este caso, el usuario debe ingresar el encargado de la actividad.

8. Plan semanal

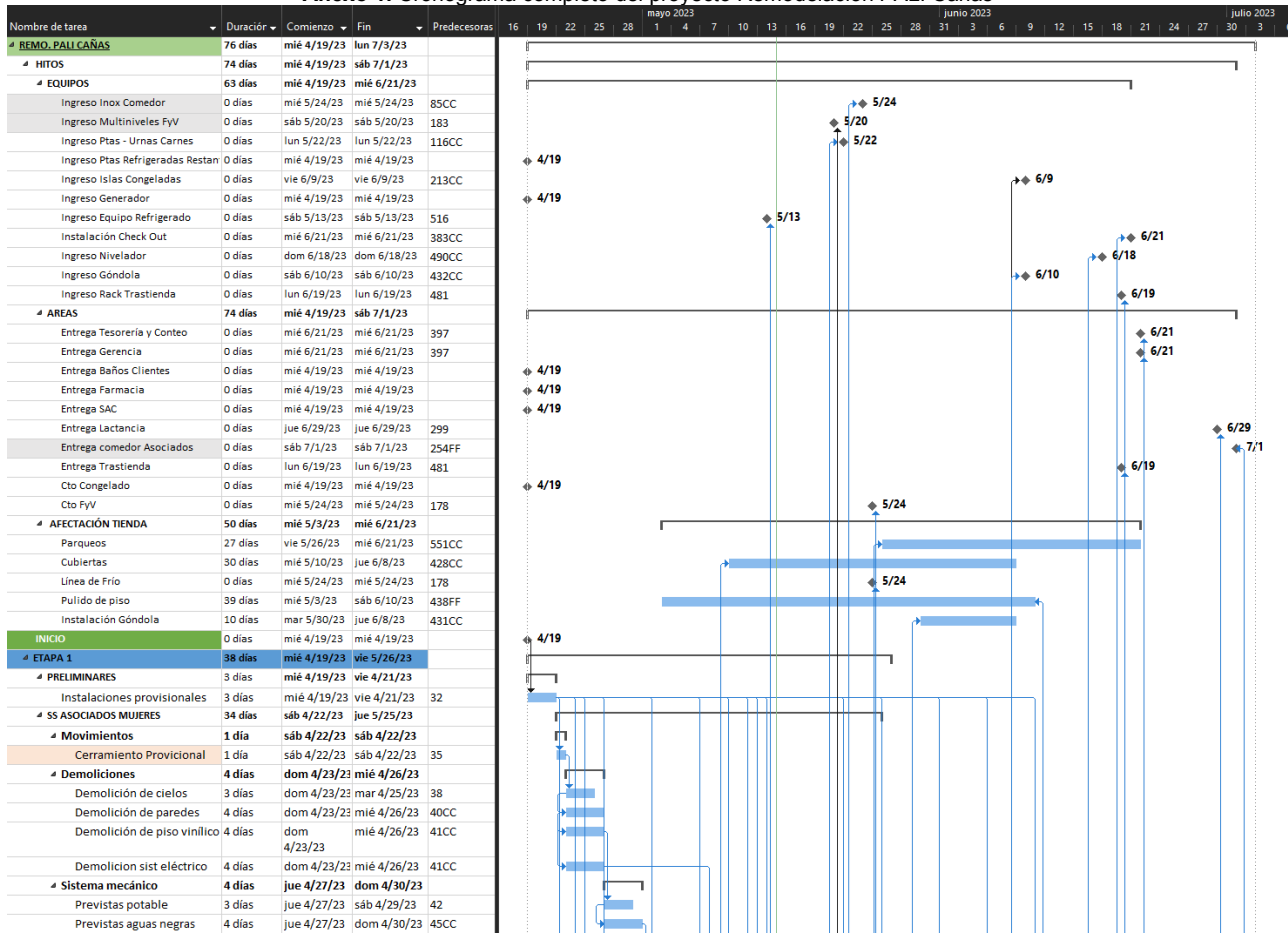
Una vez realizados los pasos anteriores es posible realizar el plan semanal, el cual surge del análisis de las actividades que pueden ser realizadas según el inventario de trabajo. Para completar esta sección, debe asistirse a las reuniones semanales del proyecto, en la cual, los ingenieros y los maestros de obra deciden que actividades realizar, según la disponibilidad de actividades. La herramienta cuenta con cuatro hojas disponibles para trasladar todas las actividades que se definen en cada reunión, en ella deben colocarse los sistemas del proyecto, todas las actividades, el encargado de la actividad y el porcentaje completado se completa según se indique en las reuniones posteriores, lo cual permite generar de manera automática el rendimiento que se presentó en la semana según lo planificado inicialmente.

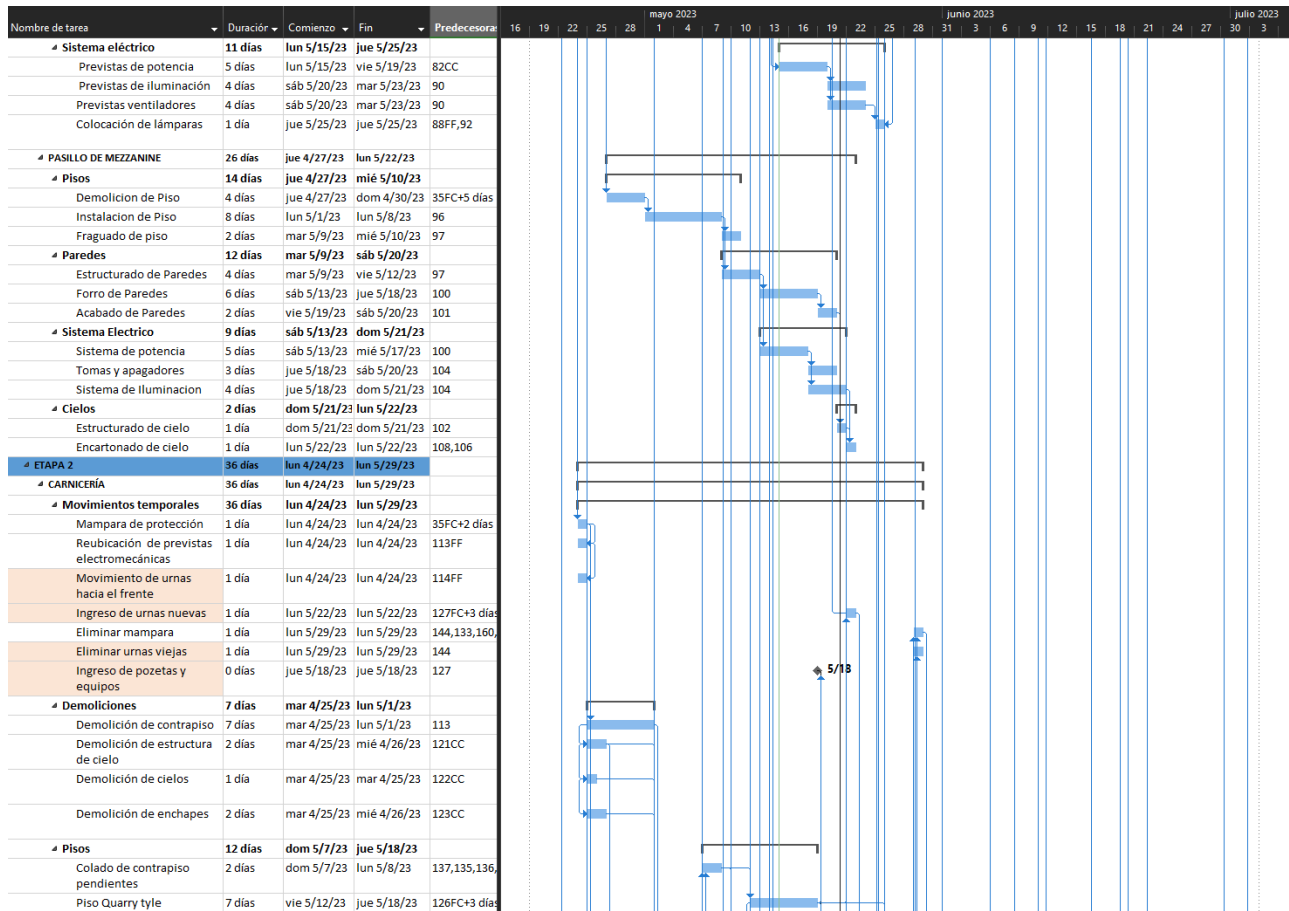
9. Porcentaje de actividades completadas

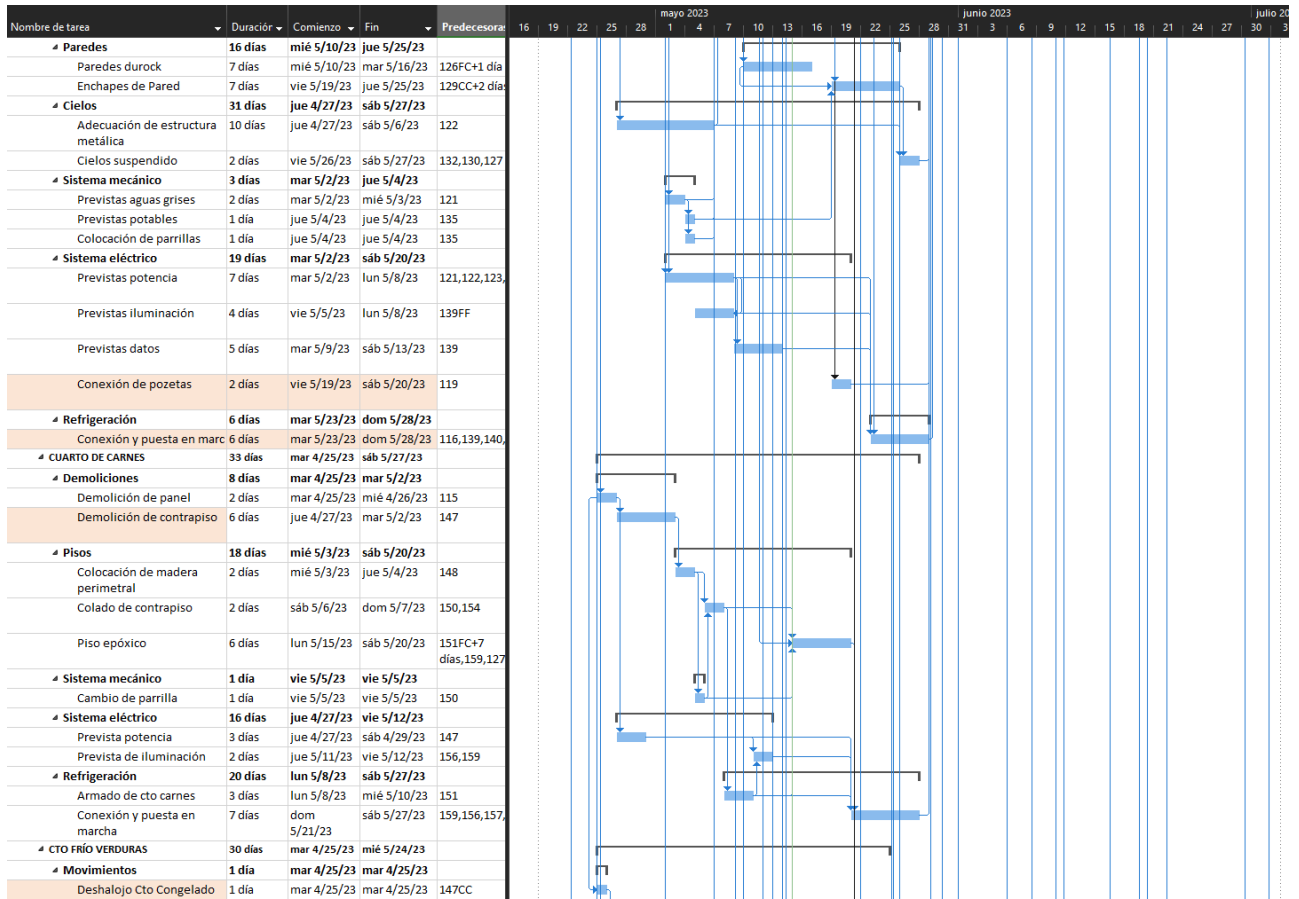
En esta última sección se almacena de forma automática el porcentaje de actividades completadas según lo planificado para un total de cuatro semanas, el cual corresponde a una fase de aplicación de Last Planner para un proyecto de ejecución. En esta sección se debe colocar el PAC esperado y el PAC deseado para cada semana, de forma que, puedan analizarse los datos reales obtenidos con respecto a un valor esperado de actividades completadas.

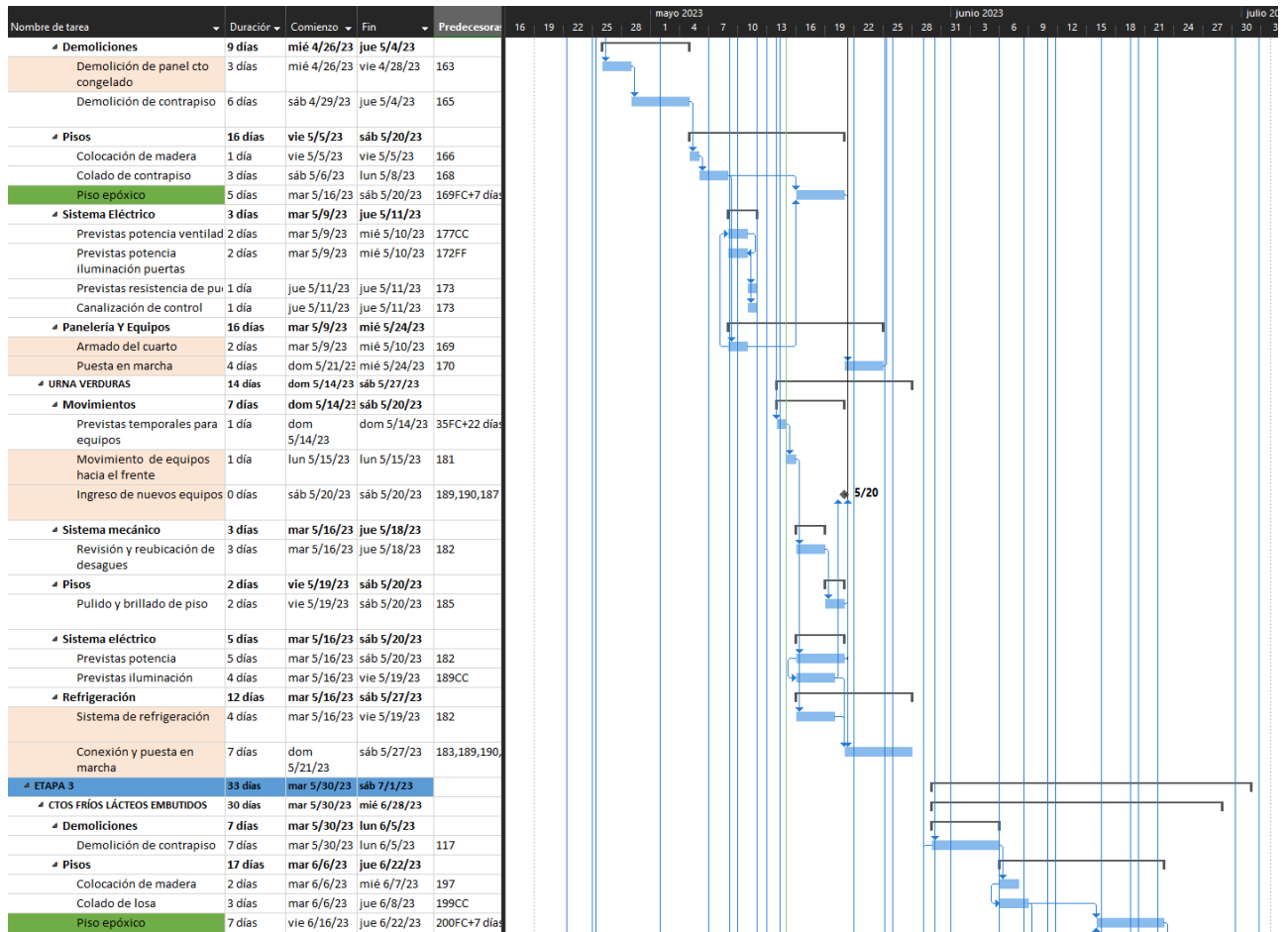
Anexos

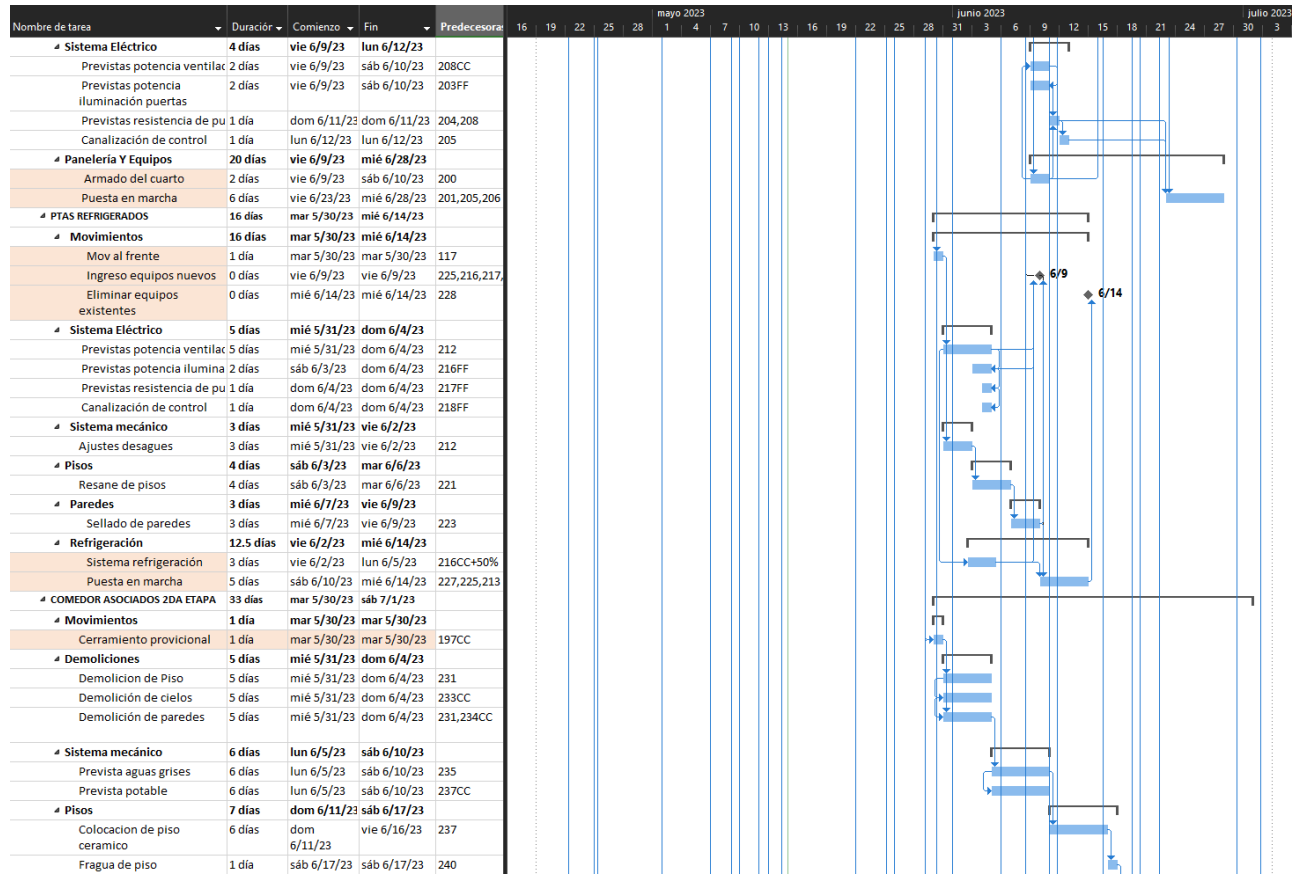
Anexo 1. Cronograma completo del proyecto Remodelación PALI Cañas

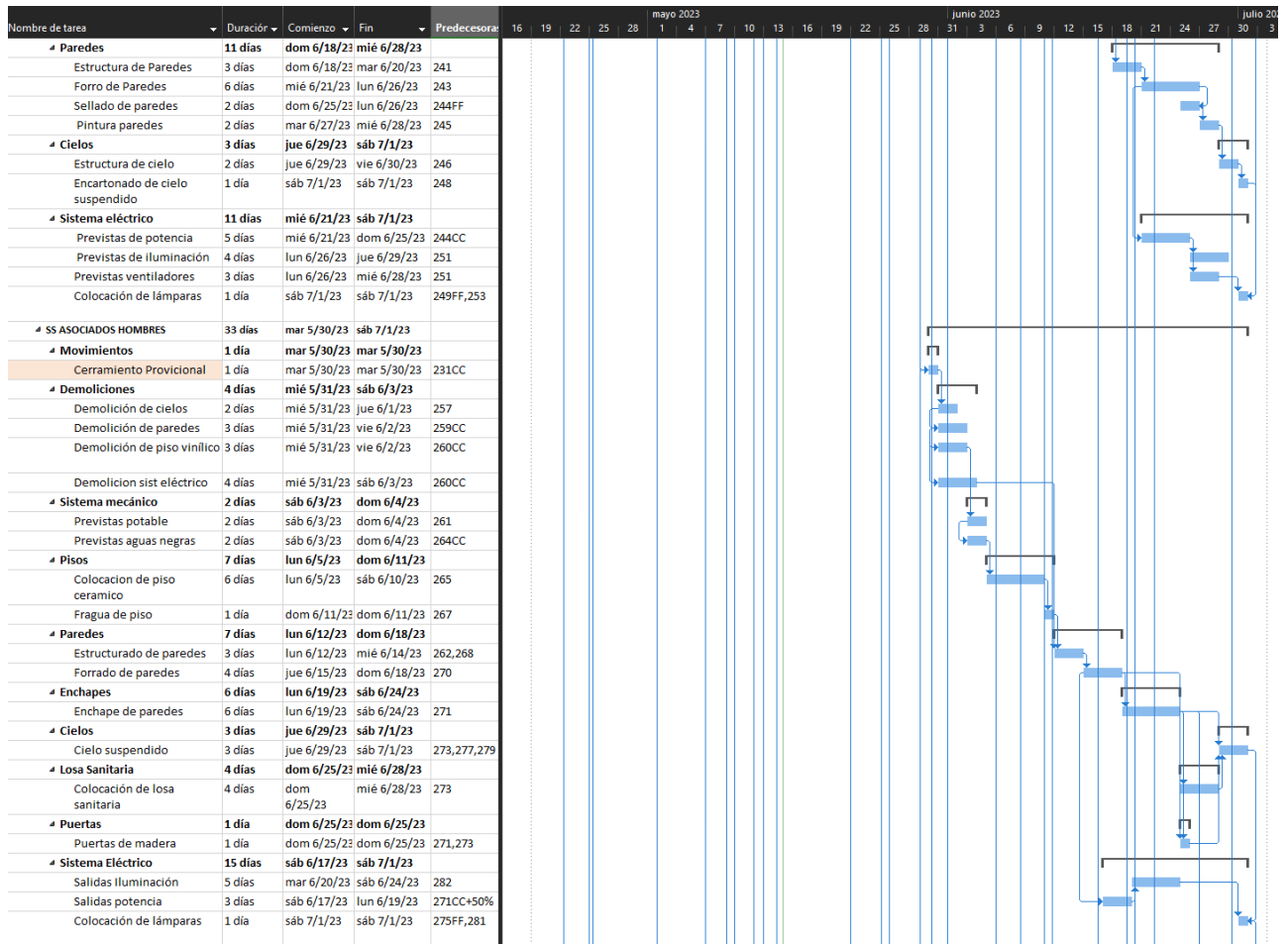


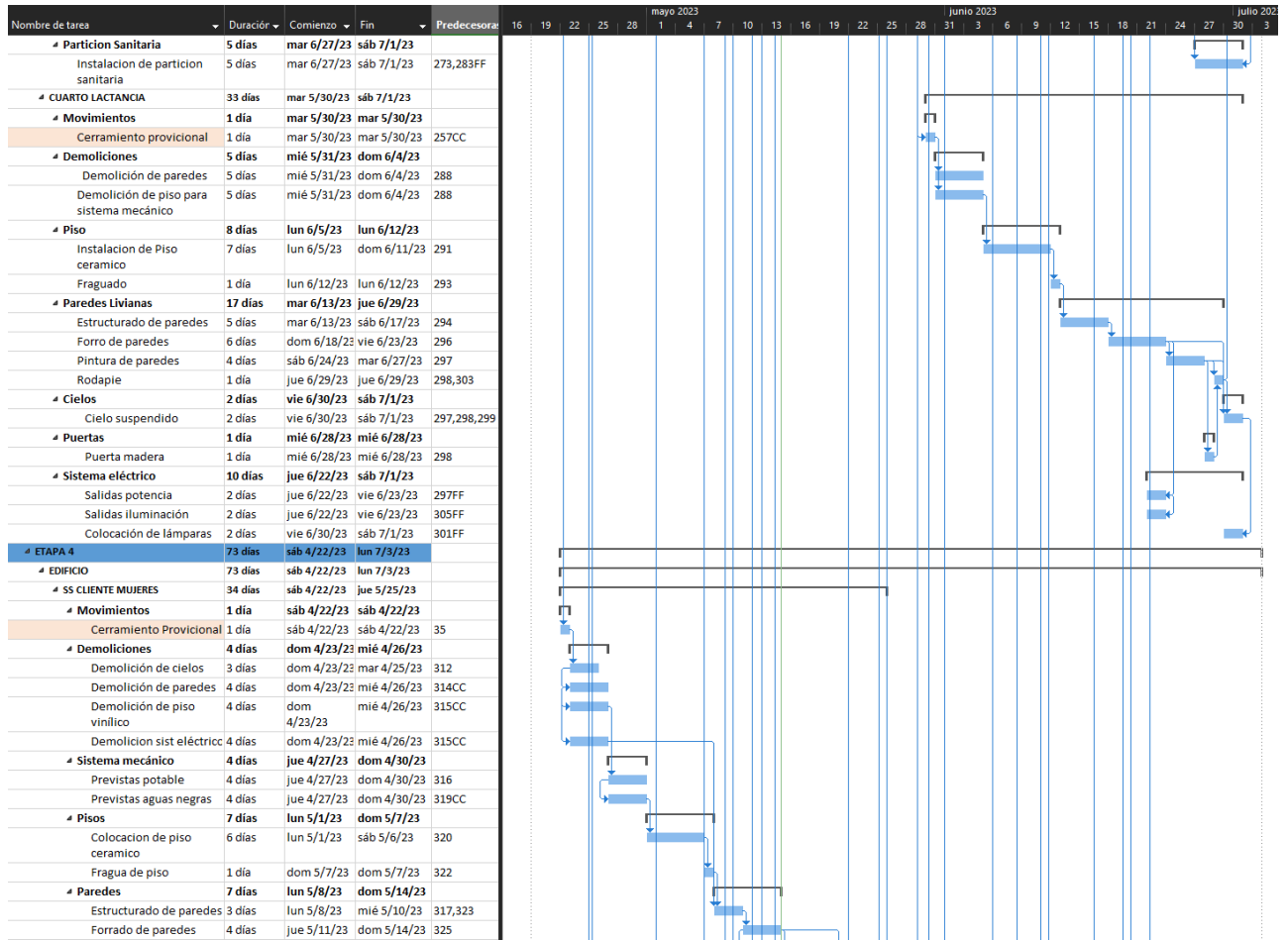












Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesora	mayo 2023							junio 2023							julio 20										
					16	19	22	25	28	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28	31	3	6	9	12	15	18	21	24	27
Enchapes	6 días	lun 5/15/23	sáb 5/20/23																										
Enchape de paredes	6 días	lun 5/15/23	sáb 5/20/23	326																									
Cielos	2 días	mié 5/24/23	jue 5/25/23																										
Cielo suspendido	2 días	mié 5/24/23	jue 5/25/23	328,332,334																									
Losa Sanitaria	3 días	dom 5/21/23	mar 5/23/23																										
Colocación de losa sanitaria	3 días	dom 5/21/23	mar 5/23/23	328																									
Puertas	1 día	dom 5/21/23	dom 5/21/23																										
Puertas de madera	1 día	dom 5/21/23	dom 5/21/23	326,328																									
Sistema Eléctrico	13 días	sáb 5/13/23	jue 5/25/23																										
Salidas Iluminación	5 días	mar 5/16/23	sáb 5/20/23	337																									
Salidas potencia	3 días	sáb 5/13/23	lun 5/15/23	326CC+50%																									
Colocación de lámparas	1 día	jue 5/25/23	jue 5/25/23	330FF,336																									
SS CLIENTE HOMBRES	34 días	vie 5/26/23	mié 6/28/23																										
Movimientos	1 día	vie 5/26/23	vie 5/26/23																										
Cerramiento Provisional	1 día	vie 5/26/23	vie 5/26/23	330																									
Demoliciones	4 días	sáb 5/27/23	mar 5/30/23																										
Demolición de cielos	3 días	sáb 5/27/23	lun 5/29/23	341																									
Demolición de paredes	4 días	sáb 5/27/23	mar 5/30/23	343CC																									
Demolición de piso vinílico	4 días	sáb 5/27/23	mar 5/30/23	344CC																									
Demolición sist eléctrico	4 días	sáb 5/27/23	mar 5/30/23	344CC																									
Sistema mecánico	4 días	mié 5/31/23	sáb 6/3/23																										
Previstas potable	4 días	mié 5/31/23	sáb 6/3/23	345																									
Previstas aguas negras	4 días	mié 5/31/23	sáb 6/3/23	348CC																									
Pisos	7 días	dom 6/4/23	sáb 6/10/23																										
Colocación de piso cerámico	6 días	dom 6/4/23	vie 6/9/23	349																									
Fragua de piso	1 día	sáb 6/10/23	sáb 6/10/23	351																									
Paredes	7 días	dom 6/11/23	sáb 6/17/23																										
Estructurado de paredes	3 días	dom 6/11/23	mar 6/13/23	346,352																									
Forrado de paredes	4 días	mié 6/14/23	sáb 6/17/23	354																									
Enchapes	6 días	dom 6/18/23	vie 6/23/23																										
Enchape de paredes	6 días	dom 6/18/23	vie 6/23/23	355																									
Cielos	2 días	mar 6/27/23	mié 6/28/23																										
Cielo suspendido	2 días	mar 6/27/23	mié 6/28/23	357,361,363																									
Losa Sanitaria	3 días	sáb 6/24/23	lun 6/26/23																										
Colocación de losa sanitaria	3 días	sáb 6/24/23	lun 6/26/23	357																									
Puertas	1 día	sáb 6/24/23	sáb 6/24/23																										
Puertas de madera	1 día	sáb 6/24/23	sáb 6/24/23	355,357																									
Sistema Eléctrico	13 días	vie 6/16/23	mié 6/28/23																										
Salidas Iluminación	5 días	lun 6/19/23	vie 6/23/23	366																									
Salidas potencia	3 días	vie 6/16/23	dom 6/18/23	355CC+50%																									
Colocación de lámparas	1 día	mié 6/28/23	mié 6/28/23	359FF,365																									

