

**Implementación de la  
metodología Last Planner  
System en los procesos  
constructivos de la empresa SCH  
Consultoría y Construcción Tica  
S.A.**

## ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

### CONSTANCIA DE PRESENTACIÓN PÚBLICA DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

#### Implementación de la metodología Last Planner System en los procesos constructivos de la empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A.

Llevado a cabo por el estudiante:

Campos Zúñiga José Ricardo

Carné: 2019035538

Trabajo Final de Graduación presentado públicamente ante el Tribunal Evaluador el martes 12 de marzo de 2024 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:

MAURICIO  
ESTEBAN ARAYA  
RODRIGUEZ  
(FIRMA)

Firmado digitalmente  
por MAURICIO  
ESTEBAN ARAYA  
RODRIGUEZ (FIRMA)  
Fecha: 2024.03.17  
21:36:46 -06'00'

Ing. Mauricio Araya Rodríguez  
Representante Director de la Escuela

MANUEL  
ANTONIO ALLAN  
ZUÑIGA (FIRMA)

Firmado digitalmente  
por MANUEL ANTONIO  
ALLAN ZUÑIGA (FIRMA)  
Fecha: 2024.03.14  
06:49:32 -06'00'

Ing. Manuel Alán Zúñiga, MGP, MBA,  
Profesor Guía

LUIS GUSTAVO  
ROJAS CHACON  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por LUIS  
GUSTAVO ROJAS CHACON  
(FIRMA)  
Fecha: 2024.03.14 17:10:36  
-06'00'

Ing. Luis Gustavo Rojas Chacón, MIV, MAP  
Profesor Lector

MILTON ANTONIO  
SANDOVAL  
QUIROS (FIRMA)

Firmado digitalmente por  
MILTON ANTONIO SANDOVAL  
QUIROS (FIRMA)  
Fecha: 2024.03.12 18:17:04  
-06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós, MAE  
Profesor Observador

# Resumen

El proyecto se concentra en implementar la filosofía Last Planner System (LPS) en SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. Esta implementación tiene como propósito principal mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y elevar la calidad en la ejecución de obras en la gestión de proyectos de construcción. Además, busca fomentar una mayor colaboración, comunicación y reducir los riesgos inherentes a la ejecución de los proyectos.

El proyecto se enfoca en aspectos fundamentales de la empresa, tales como la planificación y programación de obra, la gestión de la cadena de suministro, y la coordinación y comunicación interna. Para asegurar el éxito del proyecto, se realizó un análisis exhaustivo de la situación actual de la empresa en términos de planificación, control de obra y herramientas utilizadas. Asimismo, se llevó a cabo una investigación exhaustiva sobre las buenas prácticas del Last Planner System y se compararon con la situación actual de la empresa. Utilizando la información recopilada, se desarrolló una herramienta para la implementación del LPS, diseñada en el software Microsoft Excel® y adaptada a las necesidades específicas de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. Además, se trabaja en estrecha colaboración con el equipo de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. para asegurar la comprensión y la correcta aplicación de la filosofía y herramientas a través de un proyecto piloto.

La implementación de esta filosofía en la gestión de proyectos de construcción busca mejorar la eficiencia, reducir costos y elevar la calidad, y promover una colaboración más estrecha y una comunicación más efectiva entre los equipos de trabajo. Además, su intención es mitigar los riesgos que puedan surgir durante la ejecución de las obras. Para facilitar su adopción en futuros proyectos de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A, se ha desarrollado una guía de implementación de la metodología Last Planner que servirá como referencia para las próximas implementaciones.

Palabras clave: Lean Construction, Procesos Constructivos, Plan Semanal, Plan Intermedio, Look Ahead, Plan Maestro, Last Planner, Mejora de Calidad.

# Abstract

The project focuses on implementing the Last Planner System (LPS) philosophy in SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. This implementation primarily aims to enhance operational efficiency, reduce costs, and elevate the quality in the execution of construction projects. Furthermore, it aims to foster greater collaboration, communication, and reduce inherent risks in project execution.

The project focuses on fundamental aspects of the company, such as construction planning and scheduling, supply chain management, and internal coordination and communication. To ensure the success of the project, a comprehensive analysis of the current situation of the company in terms of planning, work control, and tools used was carried out. Additionally, an extensive investigation was conducted on the best practices of the Last Planner System, comparing them with the company's current situation. Using the gathered information, a tool for implementing LPS was developed, designed in Microsoft Excel® software and tailored to the specific needs of SCH SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. Moreover, close collaboration with SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. team is ongoing to ensure understanding and proper application of the philosophy and tools through a pilot project.

The implementation of this philosophy in construction project management not only aims to improve efficiency, reduce costs, and enhance quality but also aims to promote closer collaboration and more effective communication among teams. Additionally, its intention is to mitigate risks that may arise during the execution of projects. To facilitate its adoption in future SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. projects, an implementation guide for the Last Planner philosophy has been developed, which will serve as a reference for upcoming implementations.

Keywords: Lean Construction, Construction Processes, Look Ahead, Last Planner, Quality Improvement.



# **Implementación de la metodología Last Planner System en los procesos constructivos de la empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A.**

JOSE RICARDO CAMPOS ZÚÑIGA

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

Diciembre 2023

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

# Contenido

<b>Resumen ejecutivo</b> .....	<b>1</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>3</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>3</b>
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos .....	3
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>4</b>
<b>Marco teórico</b> .....	<b>5</b>
<b>SCH Consultoría y Construcción Tica S.A.</b> .....	<b>5</b>
Odoo .....	6
<b>Lean Construction</b> .....	<b>6</b>
Origen .....	6
Definición .....	6
Ventajas y desventajas de Lean Construction .....	7
<b>Control de obra</b> .....	<b>8</b>
Definición de control de obra.....	8
Tipos de control de obra.....	9
Herramientas para el control de obra.....	9
<b>Last Planner System</b> .....	<b>10</b>
Definición de Last Planner System .....	10
Plan Maestro.....	12
Plan intermedio (Look-ahead) .....	12
Plan semanal.....	13
<b>Marco metodológico</b> .....	<b>15</b>
<b>Tipo de investigación</b> .....	<b>15</b>
<b>Categorías de investigación</b> .....	<b>15</b>
<b>Sujetos de información</b> .....	<b>16</b>
<b>Fuentes de información</b> .....	<b>17</b>
<b>Descripción de técnicas e instrumentos</b> .....	<b>17</b>
<b>Presentación de los resultados</b> .....	<b>19</b>
<b>Descripción del proceso de análisis</b> .....	<b>20</b>
<b>Resultados</b> .....	<b>21</b>
<b>Situación actual de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A.</b> .....	<b>21</b>
Planificación, control de obra y herramientas .....	21
Resultados de la aplicación de la encuesta 1 “Conocimiento Lean Construction” y entrevistas .....	27
<b>Identificación de los procesos constructivos de mayor impacto</b> .....	<b>33</b>

<b>Identificación de buenas prácticas del Last Planner System .....</b>	<b>37</b>
Recursos necesarios para implementar Lean.....	40
<b>    Guía para la implementación del Last Planner System .....</b>	<b>41</b>
Plan maestro (planificación a largo plazo) .....	41
Plan intermedio (Look Ahead) .....	41
Análisis de restricciones .....	42
Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE).....	42
Plan semanal.....	42
Porcentaje de Actividades Completadas.....	43
Causas de No Cumplimiento.....	44
Ejemplos de aplicación de las plantillas .....	45
<b>    Aplicación del proceso de implementación de Last Planner System .....</b>	<b>45</b>
Plan Maestro.....	45
Plan intermedio – look ahead.....	53
Plan semanal.....	56
Resultados de la aplicación de la encuesta 2 “Ambientación a la filosofía Lean Construction” .....	67
Resultados de la aplicación de la encuesta 3 “Experiencia de aplicación de Lean Construction” .....	69
<b>Análisis de resultados .....</b>	<b>72</b>
<b>Situación actual de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A.....</b>	<b>72</b>
<b>Encuesta 1 “Conocimiento Lean Construction” y entrevistas .....</b>	<b>73</b>
<b>Procesos constructivos de mayor impacto .....</b>	<b>74</b>
<b>Identificación de buenas prácticas del Last Planner System .....</b>	<b>77</b>
<b>Guía para la implementación del Last Planner System .....</b>	<b>79</b>
<b>Implementación Last Planner System .....</b>	<b>80</b>
Plan de pedido y envío de materiales .....	82
<b>Encuestas 2 “Ambientación a la filosofía Lean Construction” y 3 “Experiencia de aplicación de Lean Construction” .....</b>	<b>83</b>
<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>85</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>85</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>87</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>88</b>
<b>Apéndices.....</b>	<b>90</b>
<b>Apéndice 1: Preguntas realizadas en las entrevistas y encuestas al personal de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A.....</b>	<b>91</b>
<b>Apéndice 2: Evidencia visual.....</b>	<b>94</b>
<b>Apéndice 3: Guía de implementación.....</b>	<b>100</b>
<b>Apéndice 4: Resultados del proyecto piloto.....</b>	<b>101</b>

# Resumen ejecutivo

El desarrollo de este proyecto consistió en la implementación de la metodología Last Planner System a la empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A., con el fin de generar beneficios y mejoras en la planificación y el control de los proyectos de la empresa.

La empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. se especializa en la consultoría y construcción de proyectos de infraestructura y edificación. Con una amplia experiencia en la construcción de residencias y proyectos industriales, ha llevado a cabo trabajos de remodelación y construcción para reconocidas empresas como Walmart, Bridgestone, FIFCO, entre otras. Este proyecto surge de la necesidad actual de la empresa de mejorar el control en la gestión de proyectos y aumentar la eficiencia en la ejecución de obras mediante una planificación y control más efectivos de las actividades.

La filosofía Lean se define como una estrategia de trabajo y un sistema de producción que busca la excelencia en la empresa. Se centra en organizar y gestionar el desarrollo de productos, operaciones y relaciones con clientes y proveedores, minimizando el uso de recursos (tiempo, espacio, capital, recurso humano). Por otro lado, el Last Planner System se define como un método de trabajo para proyectos de construcción, basado en la filosofía Lean, que mantiene un flujo de trabajo continuo y controla las tareas para reducir pérdidas y actividades que no agregan valor.

La implementación de la filosofía Lean Construction en la empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. y sus procesos constructivos contribuye directamente al objetivo 9 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, que busca construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación. Al mejorar la eficiencia, reducir costos y aumentar la calidad en la gestión de proyectos de construcción, la empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. estará en capacidad de construir infraestructuras resilientes y sostenibles que contribuyan al desarrollo económico del país. Además, la guía de implementación permitirá al equipo de trabajo comprender y aplicar correctamente la metodología y herramientas en los procesos clave de la empresa, fomentando la innovación en la construcción y adaptándose a las nuevas exigencias del mercado.

El desarrollo de este proyecto se estructuró en cuatro fases clave: La primera fase implicó un análisis exhaustivo de la situación actual de la empresa, con el objetivo de comprender los procesos existentes e identificar los procesos constructivos más relevantes en términos de costos y plazos. En la segunda fase, se identificaron las mejores prácticas del Last Planner System a través de la literatura y el contacto con empresas que implementan la filosofía Lean utilizando esta herramienta. En la tercera fase, siguiendo estas prácticas, se desarrolló la herramienta para implementar el Last Planner System, utilizando el software Microsoft Excel®. La cuarta fase consistió en la implementación de la filosofía en un proyecto piloto de 9 semanas, donde se evaluaron las herramientas y el proceso propuesto, analizando su eficacia y capacidad para mejorar el control y el desarrollo de los proyectos.

En el análisis realizado se logra identificar un proceso de planificación bien estructurado, el cual comienza desde la fase de presupuesto y licitación, hasta la ejecución y control de obra. El proceso de planificación en SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. comienza con la elaboración de presupuesto y cronograma a través de los softwares Microsoft Excel® y Microsoft Project®. Se identificaron a través del análisis de presupuestos y cronogramas de proyectos pasados cuales son los procesos constructivos críticos para la empresa bajo los criterios de costo y plazo.

Con la información recuperada de la investigación y las consultas realizadas sobre las buenas prácticas del Last Planner System, se realizó una comparación entre estas y la situación actual de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. dando como resultado las acciones necesarias para la implementación del Last Planner System. Con base en las acciones por implementar se desarrolla una herramienta de implementación Last Planner System específicamente para SCH Consultoría y Construcción Tica S.A., con la cual se mejorará el proceso de planificación y control de obra.

Durante el periodo de implementación de la herramienta en el proyecto Bodega Z Bridgestone se obtuvieron buenos resultados en los cuales se destaca un Porcentaje de Actividades Completadas del 84.44%, la identificación de las Causas de No Cumplimiento y la versatilidad de la herramienta ante cambios inesperados en el orden de las actividades programadas y los porcentajes de avance. Además, se destaca la buena participación y adaptación del equipo de trabajo ante la nueva metodología, así como el compromiso para cumplir con las tareas establecidas semana a semana.

A través de la implementación de la herramienta de aplicación del Last Planner System, se logran identificar las Causas de No Cumplimiento más reincidentes en el proyecto, esta identificación también es de gran importancia para tomar las acciones necesarias y poder eliminarlas o al menos reducir su porcentaje de incidencia, tanto para el proyecto de Bodega Z Bridgestone como para futuros proyectos que vayan a ser ejecutados.

# Introducción

En el mundo de la construcción y gestión de proyectos, la innovación es la clave para alcanzar la excelencia operativa, Lean Construction ha surgido como una solución de innovación y mejora continua. Inspirada en los principios de eficiencia y perfeccionamiento inherentes al Sistema de Producción Toyota y Lean Manufacturing, esta filosofía de gestión se presenta como un impulso esencial para el progreso y la competitividad en el sector de la construcción.

Dentro del marco de Lean Construction, se rige el Last Planner System (LPS), una herramienta específica para la optimización de procesos y la gestión eficiente en proyectos constructivos. Al priorizar la planificación detallada y la gestión de la producción en obras de construcción, el Last Planner System tiene como objetivo primordial eliminar incertidumbres y fomentar una coordinación óptima en el lugar de trabajo. Estos esfuerzos se traducen en plazos de entrega más predecibles, reducciones de costos y, en consecuencia, una mejora sustancial en la eficiencia operativa para las empresas de construcción.

En este Trabajo final de graduación, se llevará a cabo un análisis y desarrollo de la filosofía Lean Construction a través de la herramienta Last Planner en el contexto empresarial de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. La búsqueda de una gestión más efectiva del tiempo y la optimización de procesos constructivos es lo que ha impulsado a la creación y aplicación de esta herramienta en su estructura empresarial.

El presente estudio no solo alinea sus objetivos con la mejora interna de la empresa, sino que también contribuye significativamente al logro de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En particular, se enfoca en el ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura), al mejorar la eficiencia y reducir costos en la industria de la construcción.

A través del análisis de la literatura especializada, se ha evidenciado una serie de beneficios inherentes a la aplicación de Lean Construction y el LPS en proyectos de construcción. Desde la entrega puntual y dentro del presupuesto hasta la reducción del tiempo de ejecución del proyecto, así como la disminución del tiempo improductivo y el aumento de la motivación del personal, estos beneficios han sido destacados en estudios previos, respaldando la relevancia y el potencial transformador de estas metodologías en la gestión de proyectos constructivos.

## Objetivos

### Objetivo General

Implementar la metodología Last Planner System en los procesos constructivos de la empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. para una mejora de la eficiencia y productividad en la empresa.

### Objetivos Específicos

- Realizar un análisis de los procesos constructivos que tienen mayor impacto bajo los criterios de costo y plazo para la identificación de las acciones de mejora en cuanto a eficiencia y productividad en los procesos constructivos.

- Identificar las buenas prácticas de la metodología Last Planner System con respecto a referencias bibliográficas, investigaciones, experiencias de profesionales y empresas para el establecimiento de las acciones de implementación.
- Desarrollar una guía de implementación de la filosofía Lean Construction conforme a los requerimientos de la empresa, mediante un procedimiento con metas, tareas y recursos necesarios, para la optimización de los procesos constructivos.
- Aplicar los procesos desarrollados en la guía en un proyecto piloto para la validación de las buenas prácticas de la filosofía Lean Construction, comparando los resultados de plazos y calidad obtenidos contra los planificados, el desarrollo de la guía de implementación funcionará como referencia para próximas implementaciones.

## Agradecimientos

Quiero expresar mi profunda gratitud a Dios, cuya guía, fortaleza y bondad han sido la base de mi camino académico y personal. Agradezco de manera especial a mi familia por su apoyo incondicional, amor y constante aliento a lo largo de este viaje. Sus palabras de ánimo y apoyo han sido mi motor para alcanzar mis metas. Agradezco a mis amigos, quienes han estado a mi lado, brindándome su amistad, comprensión y motivación en cada etapa de este recorrido y quienes han hecho esta travesía más gratificante.

Agradezco a mis compañeros por compartir este viaje académico, por la colaboración y por los momentos de aprendizaje mutuo que hemos experimentado juntos. A demás quiero extender mi reconocimiento a los profesores de la Escuela de Ingeniería en Construcción, quienes no solo compartieron sus conocimientos, sino que también brindaron su apoyo, orientación y sabiduría, siendo pilares fundamentales en mi formación académica y personal. Finalmente, un agradecimiento especial a SCH Consultoría y Construcción Tica S.A, por brindarme la oportunidad de colaborar y desarrollar este proyecto en su entorno, agradezco a todo el equipo de trabajo por su orientación, retroalimentación y colaboración constante durante este período.

# Marco teórico

En este capítulo del trabajo se presenta el marco teórico necesario para comprender a fondo el enfoque e importancia de la filosofía Lean y sus herramientas utilizadas en el ámbito de la construcción. Las cuales se utilizaron en el desarrollo de la práctica profesional y en el presente documento.

## SCH Consultoría y Construcción Tica S.A.

La empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. es una empresa de Atenas, Alajuela, especializada en la consultoría y construcción de proyectos de infraestructura y edificación. Fundada en el año 2009 por el ingeniero Sebastián Castro Hernández. Actualmente SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. cuenta con una amplia experiencia en la construcción de residencias, proyectos industriales y de obra pública, llevando a cabo trabajos de remodelación y construcción para reconocidas empresas como Walmart, Bridgestone, FIFCO, Dos Pinos, entre otras. El nicho de mercado más grande y en el cual SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. se ha desarrollado es la remodelación y construcción de tiendas como: Palis, Maxi Palis y MásXMenos. Siendo Walmart uno de los principales clientes para la empresa desarrollando proyectos a lo largo y ancho del país.

SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. cuenta con 18 trabajadores fijos, divididos en ocho departamentos distintos como lo son: gerencia, construcción, presupuesto, consultoría, compras, inventarios y bodegas, recursos humanos y contabilidad. Cada uno de estos desempeñando un papel indispensable para el buen funcionamiento de la empresa. Adicional a esto, SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. cuenta con 3 maestros de obra los cuales se trasladan de un proyecto a otro según disponibilidad, y dependiendo de las dimensiones del proyecto se contrata la mano de obra necesaria y previamente presupuestada para la ejecución del proyecto. Cabe destacar que cada maestro de obra tiene un grupo pequeño de operarios de confianza que se trasladan con ellos a los diferentes proyectos. Ante una demanda muy alta de trabajo, SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. también cuenta con tres subcontratistas de confianza con los cuales se han desarrollado proyectos especialmente cuando se trata de construcciones de casas de habitación, o proyectos de rápida ejecución como: tapias, ranchos pequeños, remodelaciones de casas de habitación, por mencionar algunos ejemplos.

Actualmente, el buen desempeño de la constructora y la calidad de sus trabajos ha brindado grandes oportunidades y abierto puertas en otras empresas industriales como lo es Bridgestone, para la cual en los últimos años ha realizado distintos proyectos. Nuevamente, gracias a al buen trabajo realizado, SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. se ha ganado un puesto para participar en las licitaciones expendidas. Bridgestone se encuentra en un proceso de expansión, el cual consta de distintas etapas y una de ellas corresponde a la expansión de la bodega conocida como Bodega Z. Este proyecto consta de la construcción de seis talleres anexos a la estructura actual de la Bodega Z, los cuales permitirán trasladar maquinaria y personal que se encarga del mantenimiento de los moldes, de la parte trasera de la planta de producción a la Bodega Z, donde corresponde realizar estos trabajos.

Como se mencionó, el proyecto consta de seis talleres, de los cuales cinco son construidos con estructura de acero y cerramientos en lámina esmaltada blanca, y uno de ellos en paredes de mampostería ya que albergará una máquina encargada del proceso de Sandblasting, y que utiliza materiales inflamables, por lo que debe estar bien protegida.



# Odoo

El sistema Odoo implementado por SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. constituye una herramienta integral para el control de costos y la gestión financiera de sus proyectos. Odoo permite asignar una cuenta analítica a cada proyecto, lo que facilita el seguimiento detallado de los gastos, pagos y compras asociadas a cada obra en tiempo real. Esta plataforma proporciona una visión clara y actualizada de los costos presupuestados frente a los gastos reales, tanto a nivel de actividades individuales como del proyecto en su conjunto. Con la capacidad de generar proyecciones y estimaciones de costos precisas, el sistema Odoo permite a SCH anticiparse a posibles desviaciones en el presupuesto y realizar ajustes oportunos para garantizar la viabilidad financiera de sus proyectos.

# Lean Construction

## Origen

El finlandés Lauri Koskela, en 1992, mientras se encontraba en la Universidad de Stanford, California escribió el documento Aplicación a la nueva filosofía de la producción a la construcción con el cual estableció los fundamentos teóricos de un sistema de producción al sector construcción, y fue un punto clave para el desarrollo e investigación de la aplicación del sistema de producción Toyota y la filosofía Lean a la industria constructiva (Pons, 2014, p.26).

En la década de los 50 e inicios de los 60, la empresa Toyota Motor pretendía mejorar sus líneas de producción, a partir de esta decisión los ingenieros de la empresa comenzaron una serie de investigaciones dando con la “producción Lean” o “producción sin pérdidas”, la cual busca minimizar las pérdidas. “Con el desarrollo de la idea de la producción sin pérdidas se creó el proceso de manufactura TPS-Toyota Production System, que consiste en minimizar la existencia y defectos en todas las operaciones” (Porras et al., 2014, p.34). Ya para inicios de la década de los 90, la nueva filosofía había llegado a otras latitudes y había sido adaptada en diferentes campos, entre ellos el campo de la construcción por Lauri Koskela.

## Definición

La filosofía Lean se define como una filosofía de trabajo y un sistema de producción que busca la excelencia de la empresa. Es un sistema de negocio desarrollado para organizar y gestionar el desarrollo de un producto, las operaciones y las relaciones con clientes y proveedores en el cual se consuman la menor cantidad de recursos posibles (tiempo, espacio, capital, recurso humano) para fabricar un producto según los deseos precisos del cliente y además trata de minimizar todas aquellas actividades, gestiones y transacciones que no añaden valor. (Picado, 2015, p. 6)

“Lean Construction es una nueva forma de ver la producción, no un modelo o unos pasos establecidos que se deban seguir; lo que se pretende es entender sus principios y aplicarlos a la creación y uso de las herramientas Lean” (Despradel et al, 2011, como se citó en Porras et al, 2014). El resultado de la aplicación de los principios y herramientas del sistema Lean durante el desarrollo de un proyecto de construcción y lo que busca es reducir al máximo todo aquello que pueda generar pérdidas como, por ejemplo:

- Los desperdicios generados en el proyecto por malos cálculos de materiales.
- Defectos en la calidad de los entregables.
- Retrasos en las entregas.
- Retrabajos que se pueden evitar realizando las tareas correctamente desde la primera vez.
- Exceso de materiales, esto conlleva más dinero invertido y posibles fuentes de pérdidas.
- Movimientos y transportes innecesarios generando demoras en las entregas de materiales.

La reducción de estas actividades sin valor se logra generando un control detallado de todo el proyecto que se desarrollará, desde la etapa inicial de planificación, durante la ejecución y porque no hasta posterior a su entrega. Pons (2014) menciona que Lean Construction busca que todo el personal y las empresas externas que participan en la cadena entera de suministro y en cada flujo de valor del proyecto estén bajo una meta común. Esto ayudará a que todo el personal trabaje en la misma dirección y todos los procesos se realicen de manera más eficiente y con mayor calidad.

Al lograr reducir o eliminar toda actividad que traiga incertidumbre y posibles pérdidas y no genere valor al proyecto, se llegará a un proceso de mejora continua para alcanzar la excelencia en cada proceso, para brindar un servicio o producto que satisfaga al cliente y el mayor ingreso posible a la empresa.

## Ventajas y desventajas de Lean Construction

La construcción bajo la aplicación Lean trae algunos beneficios que las prácticas típicas no, como, por ejemplo: claridad de los objetivos y el proceso de desarrollo, la maximización del desempeño para con el cliente, realización de un diseño simultáneo de producto y proceso y además aplica un control de producción durante todo el plazo del proyecto (Aziz & Hafez, 2013, p9). Esto ocasiona que la empresa que utilice la metodología tenga una mayor posibilidad de cumplir y superar las expectativas del cliente, generando así más atractivo en el mercado.

Un informe realizado por McGraw Hill Construction (2013) reveló que las empresas que implementaron las prácticas Lean más de un 70% de estas obtuvieron resultados altos y medios en seis de los beneficios que incluye el estudio. En la siguiente figura, se muestran algunos de los beneficios que se incluyen en el estudio realizado por McGraw Hill (2013).

**Cuadro 1.** Beneficios de Lean Construction

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

**Nota:** Tomado de Introducción a Lean Construction, por Pons, F, (2014).

Pons (2014) menciona que la Escuela de Organización Industrial de España realizó un estudio en 2013 sobre la situación de Lean en el país. Según el estudio realizado alrededor del 90% de las empresas consultadas valoraron como mucho o bastante las mejoras obtenidas en reducciones de costos, mayor flexibilidad, participación del personal, aprovechamiento de recursos y mayor productividad, como beneficios principales.

A pesar de todos los beneficios y mejoras que trae consigo la implementación de la filosofía Lean Construction, esta presenta algunos desafíos y retos para las empresas que la implementan o que lo desean hacer, en la siguiente figura se muestran los desafíos y barreras para la implementación Lean según Pons (2014).

**Cuadro 2.** Desafíos y barreras para la implementación Lean Construction.

Barreras para la implementación de <i>Lean</i>	Desafíos que afectan a quienes practican <i>Lean</i>	Desafíos que afectan a quienes no practican <i>Lean</i>
Falta de conocimiento del significado de <i>Lean</i> y sus beneficios.	Falta de conocimiento (47%).	Falta de apoyo de la Industria/Comprensión de <i>Lean</i> (39%).
Falta de formación.	Falta de apoyo suficiente a través del equipo de proyecto (43%).	Percepción de que <i>Lean</i> absorberá demasiado tiempo (33%).
Falta de compromiso por parte de propietarios y gerentes.	Percepción de que <i>Lean</i> es demasiado complejo (40%).	Falta de conocimiento (32%).
Creencia de que <i>Lean</i> absorberá demasiado tiempo.	Resistencia al cambio de los empleados (40%).	Preocupación por la rentabilidad a través de la transición hacia <i>Lean</i> (28%).
Pobre comunicación y falta de colaboración entre promotores, constructores, clientes y consultores externos.	Falta de apoyo de la Industria/Comprensión de <i>Lean</i> (39%).	Percepción de que <i>Lean</i> es demasiado complejo (26%).
Dificultad para alinear los intereses de las diferentes partes.	Percepción de que <i>Lean</i> absorberá demasiado tiempo (31%).	Falta de apoyo suficiente a través del equipo de proyecto (25%).
Los contratos relacionales se ven como algo no probado aún en los tribunales de justicia.	Falta de normas o estándares (19%).	Falta de normas o estándares (18%).
<i>Lean</i> requiere de cambios de pensamiento y de comportamiento que no todos aceptan.	Preocupación por la rentabilidad a través de la transición hacia <i>Lean</i> (9%).	Resistencia al cambio de los empleados (18%).
Falta de compromiso de los miembros del equipo o rechazo a cambios de actitud.	Reticencias sindicales (5%).	Reticencias sindicales (16%).

**Nota:** Tomado de Introducción a Lean Construction, por Pons, F, (2014).

## Control de obra

### Definición de control de obra

Para poder definir el control de obra, es necesario también hablar de la planeación, ya que si no hay nada planeado y organizado no hay con qué medir el control que se tiene de la obra. Pérez (2014) define la planeación, programación y control de obra como la coordinación de todos los recursos necesarios para desarrollar un proyecto; recurso humano, materiales, equipo y financiero, en un programa, tiempo y costo determinado. Este proceso de planeación y control debe ser desarrollado por un profesional con experiencia y lo suficientemente preparado para poder coordinar de la mejor manera el proyecto, de principio a fin. Desde los estudios de viabilidad hasta la entrega, todo debe ser cuidadosamente planificado y monitoreado para obtener los mejores resultados.

Una vez que se tienen todas las actividades de planeación y organización de un proyecto bien definidas y delimitadas, el control de obra es crucial. Debido a que “el control de obra es quien va a mostrar cómo va la obra de acuerdo con lo planeado en calidad, presupuesto, programación y tiempo” (Pérez, J, 2004).

## Tipos de control de obra

El control de obra se puede dividir en distintas áreas, esto depende de cómo la empresa quiera tener el control o como el cliente se lo pida. La universidad de Cantabria (s.f.), en el pliego de prescripciones técnicas para la contratación del servicio de asistencia técnica a la dirección facultativa y de control de calidad de las obras de construcción del edificio Tres Torres, solicitaba que el plan de control se dividiera en:

- Control geométrico: consiste en garantizar que éste responda en su geometría, forma y dimensiones al proyecto aprobado o a sus modificaciones autorizadas.
- Cualitativo: consiste en la medición de las diversas unidades de obra, comprobando su correspondencia con lo previsto en el proyecto o en sus modificaciones autorizadas, en especial en aquellas partes y unidades que, por quedar ocultas, son de difícil comprobación posterior.
- Cuantitativo: consiste en garantizar que los materiales, puesta en obra y unidades de obra terminada se ajustan a las prescripciones técnicas del proyecto o de sus modificaciones autorizadas.

## Herramientas para el control de obra

Gracias al avance tecnológico de los últimos años existen herramientas que facilitan todos los procesos de planificación y control de obra ya que traen una mayor precisión, mayor organización y reducciones en los tiempos de análisis de datos. Además, permiten un control continuo durante el proyecto lo que permite realizar un análisis de los datos al finalizar el proyecto y encontrar falencias y posibles campos de mejora. Tener un control diario de los avances del proyecto y de las actividades que se realizan día a día es sumamente importante, para ello algunos de los Softwares más utilizados por su facilidad y por su costo son:

### Microsoft Project®

Para la gestión de proyectos, esta herramienta es sumamente útil ya que ayuda en la planificación y ejecución de estos, controlando las tareas, facilitando la organización y contribuyendo a un control para finalizar en el tiempo planeado. Microsoft Project® es actualmente de los softwares más utilizados por las empresas constructoras, pues permite mantener la situación del proyecto supervisada y actualizada, minimizando los riesgos y permitiendo controlar aún más los tiempos de ejecución de las tareas. Algunas de las principales características de este software son:

- Herramienta de planificación de proyectos
- Sistema para control de recursos
- Línea temporal para el control de tareas
- Cálculos de costes del proyecto
- Gráficos avanzados como los diagramas de Gantt}

Este software permite incluir en su planificación las duraciones de las actividades, tomando en cuenta las actividades antecesoras y sucesoras, para así dar una fecha de finalización del proyecto, además, le permite al encargado visualizar la ruta crítica del proyecto. El PMBOK (2021), define la ruta crítica como la secuencia de actividades que presenta el camino más largo a través de un proyecto, lo cual determina la menor duración posible. Esa secuencia de actividades son las que tendrán un mayor impacto directo en el plazo e indirecto en el costo del proyecto. El Microsoft Project® también permite definir los hitos importantes por medio del diagrama de Gantt que este genera de manera automática. Al entregar una visión global, precisa y en ajustada a tiempo real de lo que sucede en el proyecto, Esta herramienta hace más sencilla la toma decisiones, agilizando el tiempo de respuesta y obteniendo resultados más certeros.

## Microsoft Excel®

Herramienta de hoja de cálculo muy útil para cualquier sector empresarial, permite manipular datos numéricos y de texto en tablas que se pueden utilizar para el análisis de negocios, gestión de recursos, operaciones e informes. Microsoft Excel® es un programa que se puede utilizar como complemento para cualquier otro programa y para generar control sobre cualquier actividad, por ejemplo: planeación de obra, controles de inventarios, controles de planillas, planes de trabajo semanales, pedidos de materiales, entre muchas otras. La ventaja que tiene esta herramienta es que permite un alto nivel de organización y control continuo de los recursos o datos ingresados.

Una de las formas más efectivas de aumentar la eficiencia de la industria de la construcción es mejorar el proceso de planificación y control. En Lean Construction, se considera que la planificación y el control son procesos dinámicos y complementarios (Aziz & Hafez, 2013, p687). Según Porras (2014), la planificación y el control sí son complementarios, ya que la planificación define los criterios y estrategias para alcanzar los objetivos y el control se encarga de que cada proceso se realice según la secuencia establecida.

# Last Planner System

## Definición de Last Planner System

Se considera que la planificación y el control son procesos que se deben mantener durante el curso del proyecto. Una de las técnicas más conocidas es el sistema Last Planner, que ha demostrado ser una herramienta muy útil para la gestión del proceso de construcción, y monitoreo continuo de la eficiencia de la planificación (Aziz & Hafez, 2013, p687).

Last Planner System (LPS) se puede definir como un sistema planificador y de control del desarrollo de proyectos de construcción, es un método de trabajo basado en la filosofía Lean, y cuyo propósito es mantener un flujo de trabajo continuo y a su vez contribuir con el control de las tareas para disminuir las pérdidas y actividades que no generen valor (Sanchis, 2013). A través de esta herramienta, los encargados y directores de obra pueden trabajar en conjunto para desarrollar planes de trabajos de alta fiabilidad.

Este sistema se diferencia de la planificación convencional ya que involucra a todos los agentes que intervienen en el proceso, fomenta la negociación y dialogo entre ellos y provee información de las restricciones, tiempos y posibles complicaciones, además que sus métodos de aplicación permiten una visualización y concientización completa de la ruta crítica del proyecto.

Según Katherine Rodríguez (2017), algunas de las principales características de Last Planner son:

- Reuniones semanales con todo el personal, para la revisión objetivos y la delegación de responsabilidades.
- Buena comunicación entre encargados, trabajadores y subcontratistas.
- Visitas a campo de ser posible de manera diaria para visualizar los avances y estados del proyecto.
- Control de avances de obra con herramientas especializadas.

Pons & Rubio (2019) dicen que el LPS puede entenderse como un mecanismo para la transformación de “lo que debería hacerse” en “lo que se puede hacer”, formando así un inventario de trabajo realizable, que puede ser incluido en los planes de trabajo semanal. La forma tradicional de planificación es ejecutar los trabajos que se deben hacer sin tener una perspectiva clara si se tienen los recursos o las condiciones adecuadas para desarrollarlos. El mecanismo de transformación de Last Planner crea un inventario de trabajo ejecutable conocido como (ITE), que serán las labores que se pueden incluir en el plan de trabajos a realizar en la semana.

En los proyectos en los que no se utiliza Last Planner, las actividades que “se pueden hacer” y las que “se harán” son subconjuntos de las actividades que “se deberían hacer”, por lo tanto, si el plan se desarrolla sin conocer cuáles son aquellas actividades que “se pueden hacer”, el trabajo será solamente la intersección entre los que “se puede hacer” y los que “se hará”. Ya que debido a las restricciones que no se van a liberar, no todo puede hacerse, generando así retrasos de forma recurrente.

Por otra parte, en los proyectos que sí se utiliza Last Planner, el proceso de planificación se desarrolla identificando “lo que puede hacerse”, para posteriormente según cronograma y lo acordado entre los encargados determinar “lo que se hará” durante la semana (Pons & Rubio, 2019). En la siguiente figura, 1 se muestran los dos métodos de planificación descritos anteriormente.

Figura 1. Esquema del DEBE – SE HARÁ – SE PUEDE.



**Nota:** Tomado de Lean Construction y la planificación colaborativa, por Pons & Rubio, 2019.

Cada una de las actividades de un proyecto debe pasar por las categorías de “debe”, “se hará” y “puede” y, a su vez, estas categorías están encerradas por las diferentes fases de planificación de Last Planner. A continuación, en el cuadro 3 se muestra la relación entre las categorías y las fases de planificación.

**Cuadro 3.** Relación entre el DEBE-SE HARÁ- SE PUEDE y las fases de Planificación LPS.

RELACIÓN ENTRE EL DEBE-SE HARÁ-SE PUEDE Y LAS FASES DE PLANIFICACIÓN DEL LPS		
<b>Debería</b>	PROGRAMA MAESTRO	Establecer hitos y primeros acuerdos.
	PLANIFICACIÓN POR FASES	Especificar entregables y fechas de cada equipo/sector.
<b>Se puede</b>	PLANIFICACIÓN INTERMEDIA	Preparar trabajo, identificando restricciones y gestionando su liberación.
<b>Se hará</b>	PLANIFICACIÓN SEMANAL	Establecer compromisos de avance para el período.
<b>Se hizo</b>	APRENDIZAJE	Medir porcentaje de cumplimiento de compromisos del período (avance y gestión). Actuar sobre causas de no cumplimiento.

**Nota:** Tomado de Lean Construction y la planificación colaborativa, por Pons & Rubio, 2019.

# Plan Maestro

Programa general que se realiza previo al inicio del proyecto. En esta fase es en la que se define el “DEBE”, o que debería de ocurrir en el proyecto. Establece un mapa global de las actividades y la coordinación de estas. Es un programa general por lo que no cuenta con mucho nivel de detalle, sin embargo, si es necesario que tenga bien definidos los plazos de ejecución, recursos necesarios y que siga los hitos principales para que todas las partes involucradas puedan enfocar sus esfuerzos de la manera más efectiva (Sanchis, 2013). En el Plan Maestro se incluyen las duraciones de las actividades, no puede tener cambios, los cambios deben ser gestionados en la planificación look-ahead. (Rojas, 2021).

Según Pons & Rubio (2019), algunos de los aspectos a considerar para la elaboración del Plan Maestro son:

- Coste de las actividades
- Definición del alcance.
- Análisis de las partes interesadas.
- Estrategia de trabajo.
- Identificación de recursos críticos.
- Entre otros.

## Plan intermedio (Look-ahead)

Conocido como el Plan a medio plazo, es un plan en el que se identifican las tareas presentes en el Plan Maestro que necesitan ser completadas y se determinan las relaciones o vínculos que tienen con otras tareas. Este ejercicio lo que permite es tener un control del trabajo realizable, permitiendo identificar cuales tareas y que aspectos de esas tareas pueden ser restricciones para el desarrollo de otras, evitando así retrasos y tiempos muertos en obra.

En esta etapa es donde se gestiona el “PUEDE” o en el que se “prepara el trabajo” (Pons & Rubio, 2019). Para ello, se deben revisar las tareas que se encuentran en un futuro cercano y estén próximas a realizar pero que estén lo suficientemente lejos para poder estudiarlas a detalle y asegurar que todo esté preparado y coordinado (liberar restricciones) para no presentar retrasos el día que debe iniciar la actividad. Normalmente el periodo de tiempo que se analiza a futuro es de 6 semanas, pero Gutiérrez (S.F), explica que la amplitud de la ventana de tiempo depende de la naturaleza, complejidad y duración de las actividades, así como también del tiempo de reacción de los proveedores, subcontratistas y la duración total del proyecto. Por esta razón Gutiérrez menciona que el periodo de análisis puede estar entre 4 a 12 semanas, pero que lo importante de esto es que este periodo de análisis se mantenga igual a lo largo de toda la obra.

### Análisis de restricciones

Tomando en cuenta todas las variables mencionadas anteriormente las tareas identificadas como las que se pueden hacer, son sometidas a la revisión de las restricciones y a la probabilidad de removerlas antes del comienzo de la actividad, a partir de estos resultados tomar decisiones sobre el proceso a seguir y las acciones a tomar para remover las restricciones a tiempo. Una vez liberadas las tareas se realiza un Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE).

### Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)

“El inventario de trabajo ejecutable está compuesto por todas las tareas que poseen alta probabilidad de ejecutarse, es decir, está conformado por las tareas del look-ahead que tienen liberadas sus restricciones” (Sanchis, 2013). Así se puede tener certeza de cuales actividades pueden ser incluidas en el Plan semanal de trabajo y cuáles no.



El Inventario de Trabajo Ejecutable cuenta con tres diferentes tiempos:

- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen al ITE de la semana en curso que no pudieron ser ejecutadas.
- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen a la primera semana futura que se desea planificar.
- Actividades con restricciones liberadas con dos o más semanas futuras (situación ideal).

Según lo establece Gutiérrez, (S.F.), en su guía de Metodología para la aplicación del Last Planner System.

## Plan semanal

Según Porras et al, el plan semanal es la última fase de la planificación de Last Planner, es desarrollado por los encargados del proyecto ya que son los que están enterados de lo que está pasando en el proyecto. En el Plan semanal se establecen las actividades que serán desarrolladas por el personal durante la semana de trabajo, estas actividades son tomadas del Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE) y son seleccionadas siguiendo el cronograma, la prioridad y si se tiene todo el material necesario para desarrollarlas (2014).

Una vez desarrollado el programa semanal, existen dos herramientas para la medición del cumplimiento de lo programado. El Porcentaje de Actividades Completadas y las Causas de No Cumplimiento. compara el plan de trabajo semanal con los resultados obtenidos del trabajo real en obra.

## Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)

El Porcentaje de Actividades Completadas compara el plan de trabajo semanal con los resultados obtenidos del trabajo real en obra. Utilizado para conocer cuál es el porcentaje de actividades que fueron ejecutadas y medir la efectividad de los planes intermedio y semanal. Se calcula como el “número de tareas comprometidas completadas” dividido por el “número total de tareas comprometidas planificadas para la semana” en curso (Pons & Rubio, 2019).

$$PAC (\%) = \frac{N^{\circ} \text{ Tareas comprometidas completadas}}{N^{\circ} \text{ Tareas comprometidas planificadas}} \times 100$$

## Causas de No Cumplimiento (CNC)

Una vez finaliza la semana y se obtienen los resultados del PAC, se deben de analizar cuáles fueron las causas para cada compromiso no completado, esto con el fin de identificar las razones por las cuales no se cumplió con el plan y buscar las correcciones necesarias para que no siga sucediendo. Según Rodríguez (2017), algunas de las causas de no cumplimiento son:

- Mal rendimiento
- Falta de mano de obra
- Situaciones climáticas
- Fallas de subcontratistas
- Escases de materiales
- Escases de equipo y herramienta
- Entre otros



## Reunión de Planificación Semanal

Un último punto importante del Last Planner System es la reunión de planificación semanal, en esta reunión deben de participar todos los involucrados del proyecto (ingenieros, maestros de obra, encargados, subcontratistas) y se debe realizar antes de iniciar cada semana de trabajo. Los asuntos por tratar en estas reuniones según Porras et al, (2014), son:

- Revisión y análisis del Porcentaje de Actividades Completadas
- Análisis de las causas y soluciones para el incumplimiento de las tareas
- Desarrollar el plan de trabajo para la siguiente semana
- Asignar encargados
- Mostrar los objetivos propuestos y alcanzados en el proyecto
- Se recomienda mantener motivados a los trabajadores con palabras de aliento y un ambiente agradable.

# Marco metodológico

Su objetivo es explicar ampliamente cómo se actuó para llevar a cabo la aplicación de la filosofía Lean Construction en la empresa SCH consultoría y Construcción Tica S.A. específicamente en el proyecto Bodega Z Bridgestone, el cual fue utilizado como proyecto piloto.

## Tipo de investigación

“Bajo la etiqueta de “metodología de investigación” se hace referencia a todas las decisiones que el investigador toma para alcanzar sus objetivos, las cuales se enfocan en aspectos tales como el diseño de la investigación, estrategia a utilizar, la muestra a estudiar, los métodos empleados para recoger los datos, entre otros” (Binda & Benavent, 2013).

Un proceso investigativo tiene como fin generar el conocimiento necesario para la solución del problema establecido al inicio del estudio (Taylor y Bogdan, 1998).

Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como la integración y discusión conjunta para realizar inferencias producto de toda la información recolectada, logrando así, una mayor comprensión del fenómeno de estudio. Hernández Sampieri y Mendoza, 2008 (citados en Hernández, et al, 2014).

Una investigación mixta busca utilizar las fortalezas de la investigación cualitativa y cuantitativa, combinándolas y minimizando sus debilidades. Para este proyecto, en la primera fase se realizó una investigación sobre la situación actual de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. analizando cronogramas y presupuestos de proyectos pasados, Posteriormente realizar una investigación sobre el Last Planner System y sus mejores prácticas, estas dos fases se atribuyen al método de investigación cualitativo. Se finaliza con la creación de la herramienta de implementación del Last Planner System la cual entra en la categoría de investigación cuantitativa.

## Categorías de investigación

Para definir las categorías primero se deben comprender qué son y cuando utilizarlas, las categorías, son aquellos elementos que dependen de la capacidad interpretativa del analista, son una forma de facilitar el entendimiento y desarrollo de las actividades necesarias para alcanzar los objetivos planteados, “un investigador trata de entender un fenómeno simplificando su explicación a un conjunto reducido de variables que faciliten su comprensión” (Rivas, 2015).

A continuación, se definen las categorías para el desarrollo del presente trabajo final de graduación:

- **Revisión e investigación documental:** recolección de información referente a la condición pasada y actual de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. además de una revisión de literatura referente a la metodología Lean Construction, sus buenas prácticas y las experiencias previas de su aplicación en la industria de la construcción.
- **Procesos constructivos:** esta categoría pretende identificar la eficiencia en los procesos constructivos contemplando las tareas, los responsables, los plazos y los recursos para su desarrollo.

- **Implementación y control de la Filosofía Lean y sus buenas prácticas:** desarrollo del proceso de implementación Lean y la elaboración de la hoja de control de avance de obra. Para su posterior aplicación en el proyecto seleccionado como proyecto piloto.
- **Evaluación del proceso de implementación:** se busca evaluar la efectividad del proceso de implementación en el proyecto piloto con los resultados que sean evidenciados en los procesos constructivos a los que se les aplicó. Esto permitirá evidenciar si el proceso de implementación de la Filosofía Lean ayudó a mejorar los procesos constructivos de la empresa SCH Consultoría y Construcción.

## Sujetos de información

Según Barrantes (2005), los sujetos de información son las fuentes de las cuales proviene la información más adecuada y eficiente. Estas deben definirse según el problema a resolver, los objetivos y las variables por estudiar.

La población de estudio para el desarrollo de este proyecto está compuesta por diversos actores involucrados en la industria de la construcción, tanto en el área operacional como ejecutora. El Cuadro 4 que se aprecia a continuación, tiene como objetivo mostrar los sujetos de información, el rol que desempeña en el proyecto y la información que va a suplir cada uno de ellos.

<b>CUADRO 4. POBLACIÓN DE ESTUDIO PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION</b>		
<b>Sujeto de información</b>	<b>Rol en el proyecto</b>	<b>Información por brindar</b>
<b>Sebastián Castro Hernández</b>	Gerente general	Visión estratégica Recursos Procesos críticos
<b>Mariela Chaves Alvarado</b>	Gerente	Visión estratégica Recursos Procesos críticos
<b>Jorge Sánchez Vega</b>	Ingeniero a cargo	Cronograma Proveedores Subcontratos
<b>Mario Cisneros</b>	Maestro de obras	Datos en campo Ajustes en los procedimientos Contacto con los trabajadores y subcontratistas
<b>Katherine Chaves Ugalde</b>	Ingeniera supervisora	Verificación de cumplimiento Cambios en el proyecto

Los sujetos de estudio propuestos tienen un nivel de comprensión sobre la industria de la construcción alto y con suficiente experiencia, además, se espera que tengan la disposición de adaptarse a

las nuevas prácticas propuestas y el deseo de colaborar en el proceso de implementación de la metodología Lean. Se espera estén anuentes a realizar entrevistas, encuestas y reuniones para recolectar datos importantes para el desarrollo del análisis de la implementación.

## Fuentes de información

Las fuentes de información son las que brindan el conocimiento necesario para respaldar la investigación y el desarrollo del proyecto, estas se pueden dividir en dos: fuentes primarias y fuentes secundarias.

“Son aquellas que contienen información nueva y original, que no ha sido sometida a ningún tratamiento posterior” (Cabrera, 2010). Esto lo que quiere decir es que los datos provenientes de estas fuentes no han sido interpretados ni analizados previamente. A continuación, se enlistan las fuentes primarias consideradas para el desarrollo del proyecto.

- Entrevistas con los ingenieros, maestro de obras y encargados
- Reuniones
- Encuestas a los ingenieros, maestro de obras, trabajadores y encargados
- Observaciones en campo
- Documentación propia de la empresa (proyectos anteriores)

Con respecto a las fuentes secundarias, Cabrera (2010) las define como el resultado de las operaciones que componen un análisis documental. Alguien ha trabajado en el contenido de estas, por lo tanto, son las que interpretan o analizan los datos provenientes de una fuente primaria posterior a su aplicación. La siguiente lista corresponde a las fuentes secundarias a utilizar.

- Libros
- Artículos
- Trabajos de graduación anteriores
- Informes de investigación

## Descripción de técnicas e instrumentos

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos pueden ser muy variados según los objetivos y la naturaleza de la información que se requiere, para este proyecto en específico se utilizarán los instrumentos de recolección que se indican en la siguiente lista.

- **Entrevistas estructuradas**

Estas entrevistas serán realizadas a los profesionales de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. con el fin de profundizar en sus experiencias, percepciones y desafíos relacionados con la construcción y con la filosofía Lean Construction. A continuación, se muestran las preguntas de la entrevista.

1. ¿Cuál es su experiencia en proyectos de construcción en SCH y cuáles han sido sus principales actividades para realizar?
2. ¿Está familiarizado con la metodología Lean Construction? Si es así, ¿podría describir qué comprende sobre Lean Construction?
3. En los proyectos que ha estado involucrado, ¿Cuáles considera son los principales desafíos?
4. ¿Cómo describiría la eficiencia de los procesos constructivos desarrollados por la empresa SCH?
5. ¿Ha experimentado retrasos en proyectos anteriores? Si es así, ¿podría identificar cuáles fueron las principales causas de estos retrasos?

6. ¿Cómo cree que la implementación de Lean Construction podría mejorar la eficiencia y la productividad en los proyectos de construcción de SCH?
7. Según su experiencia ¿Qué desafíos anticipa en el proceso de implementación de Lean Construction y cómo se podrían abordar?

- **Encuestas**

Diseñar al menos tres encuestas con la herramienta de Google con el fin de identificar en el personal de la empresa SCH, que tanto conocimiento hay sobre la metodología Lean Construction y sus herramientas. Posteriormente, evaluar los procedimientos utilizados durante la aplicación de las herramientas Lean y, por último, una encuesta que evidencie el nivel de satisfacción según los procedimientos aplicados. A continuación, se muestran las preguntas que se realizarán en las diferentes encuestas.

**Encuesta 1 “Conocimiento Lean Construction”**

1. Nombre
2. Cargo
3. Experiencia en la industria de la construcción
4. ¿Está familiarizado con la metodología Lean Construction?
5. Si su respuesta fue “Sí”, ¿podría describir brevemente qué es Lean Construction?
6. ¿Ha participado en algún proyecto en el que se implementara la metodología Lean Construction?
7. Si su respuesta fue “Sí”, ¿qué rol desarrolló en ese proyecto?
8. ¿Tiene conocimiento sobre la herramienta Last Planner System, podría describir brevemente que función tiene y como es su aplicación?
9. En una escala del 1 al 5, donde 1 es “Nada familiarizado” y 5 es “Muy familiarizado”, ¿Qué tan familiarizado se siente con la metodología Lean Construction y sus herramientas?
10. ¿Cuál es su opinión con respecto a la implementación de la metodología Lean Construction a los procesos constructivos de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A.?

**Encuesta 2 “Ambientación a la filosofía Lean Construction”**

1. Nombre
2. Cargo
3. ¿Qué rol desarrolla en el proyecto piloto?
4. En una escala del 1 al 5, donde 1 es “Muy insatisfecho” y 5 es “Muy satisfecho”, evalúe los siguientes aspectos:
  - a. Claridad de los procedimientos
  - b. Facilidad de aplicación
  - c. Efectividad en cuanto a mejoras en eficiencia
  - d. Comunicación entre equipos
5. ¿Cuáles han sido los desafíos que ha experimentado en la implementación de la metodología Lean Construction en el proyecto piloto?
6. ¿Qué aspectos de los procedimientos Lean considera han funcionado mejor en el proyecto?
7. ¿Qué aspectos considera se pueden mejorar en el procedimiento de aplicación Lean?

**Encuesta 3 “Experiencia de aplicación de Lean Construction”**

1. Nombre
2. Cargo
3. ¿Qué rol desarrolla en el proyecto piloto?

4. En una escala del 1 al 5, donde 1 es “Muy insatisfecho” y 5 es “Muy satisfecho”, evalúe los siguientes aspectos:
    - a. Claridad de los procedimientos
    - b. Facilidad de aplicación
    - c. Efectividad en cuanto a mejoras en eficiencia
    - d. Comunicación entre equipos
  5. ¿Qué aspectos de la implementación de Lean Construction en el proyecto considera que fueron efectivos y exitosos?
  6. ¿Cuáles fueron los principales beneficios que experimentó como resultado de la implementación Lean Construction en el proyecto?
  7. ¿Cuáles son las principales preocupaciones o desafíos que considera se deben tomar en cuenta para futuras aplicaciones?
- **Datos históricos**  
Examinar documentos internos de SCH, como proyectos anteriores, cronogramas, presupuestos, ayudarán a tener una idea más clara de cuáles son los desafíos históricos de la empresa y los resultados de la gestión de proyectos. Identificando así patrones que puedan estar ocasionando retrasos y que necesiten algunas mejoras.
  - **Observación directa**  
Realizar visitas al proyecto permitirá observar la información de primera mano e identificar y comprender los desafíos a los que se enfrenta los equipos de trabajo.
  - **Revisión bibliográfica**  
Una revisión de la literatura existente sobre la filosofía Lean Construction permitirá identificar las prácticas que mejor se ajusten según las necesidades que presente el proyecto, identificar los enfoques exitosos, así como también las lecciones aprendidas de otras implementaciones. Todo esto contribuirá en la toma de decisiones.
  - **Análisis de documentación**  
Similar al análisis de datos históricos, la diferencia está en que se planea realizar un análisis de los documentos que se vayan generando durante la ejecución del proyecto, como, por ejemplo: informes, registros de avance, cumplimiento de cronograma y presupuesto. Con el fin de conocer cómo se va desarrollando la obra.

## Presentación de los resultados

- **Entrevistas estructuradas**  
Los resultados que se obtengan de estas entrevistas serán presentados a modo de descripciones o citas textuales de los entrevistados que resalten aspectos específicos, percepciones sobre la implementación o algún tipo de mejora o sugerencia.
- **Encuestas**  
Los datos obtenidos de las encuestas que se realicen serán presentados a través de gráficos de barras o pastel o el método que mejor ilustre la distribución de las respuestas, esto acompañado claro de una explicación textual del gráfico.
- **Datos históricos**  
Los resultados del análisis de documentos históricos de proyectos anteriores de la empresa serán presentados a través de tablas y gráficos, esto con el fin de representar de manera más sencilla los costos y plazos de los proyectos pasados y en donde estuvieron las complicaciones.
- **Observación directa**

Con respecto a la observación directa, esta se pretende representar de manera descriptiva, narrando las situaciones observadas y respaldando esta descripción con figuras (fotografías) tomadas en sitio.

- **Revisión bibliográfica**

Con respecto a la revisión bibliográfica, se pretende realizar una tabla la cual contenga las buenas prácticas de la filosofía Lean Construction según las referencias consultadas y los enfoques más convenientes para el proyecto.

- **Análisis de documentación**

Los resultados del análisis de la documentación que se vaya generando del proyecto, serán presentados a través de tablas y gráficos, esto con el fin de representar de manera más sencilla el avance de la obra y los costos en los que se ha incurrido.

## Descripción del proceso de análisis

- **Entrevistas estructuradas**

En el caso de las entrevistas, estas serán analizadas buscando patrones y temas en los que los entrevistados mencionan recurrentemente. Serán categorizadas y agrupadas las respuestas para identificar los diferentes problemas y las posibles soluciones. Esto permitirá identificar los procesos constructivos específicos que experimentan mayores problemas y los que serán utilizados como modelo para la implementación de la filosofía.

- **Encuestas**

Los datos recuperados de las encuestas serán analizados cuantitativamente de manera que se logre identificar las áreas de conocimiento y habilidades más y menos desarrolladas. Con esto, se generarán gráficos y se identificarán las fortalezas y debilidades del personal relacionados a los conceptos Lean.

- **Datos históricos**

Los datos históricos serán comparados entre ellos para identificar por medio de un análisis estadístico para así determinar cuáles son aquellos procesos que generan un impacto mayor en el proyecto en temas de costo y plazo. Se espera obtener gráficos y tablas que muestren los procesos críticos.

- **Observación directa**

Con esta información se realizarán comparaciones entre los datos de proyectos anteriores y los observados ya aplicando la filosofía Lean con el fin de identificar áreas de mejora o discrepancias con la teoría. Se obtendrá un análisis de congruencia entre lo que se está realizando en campo y los principios Lean establecidos en el plan.

- **Revisión bibliográfica**

Los resultados de las revisiones bibliográficas serán resumidos y categorizados en buenas prácticas de la aplicación de la filosofía Lean, destacando los enfoques exitosos y los procesos recomendados. Se espera obtener de este análisis un resumen narrativo y una tabla con las buenas prácticas.

- **Análisis de documentación**

Los documentos que se generen durante la ejecución del proyecto serán revisados y se analizarán de manera estadística para determinar los procesos críticos de ese proyecto e identificar si son los mismos identificados en los proyectos pasados. De igual manera, una vez aplicada la metodología se realizarán revisiones de cumplimiento del proceso desarrollado, con el fin de identificar la eficacia y la gestión que se está desarrollando.

# Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos durante los procesos de investigación y ejecución del trabajo final de graduación. A continuación, se presentan los datos obtenidos de la investigación interna realizada en SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. a través de documentación, entrevistas, encuestas y visitas a campo. Dado que cada proyecto es único, se seleccionó con ayuda de la gerencia e ingenieros el proyecto llamado “Bodega Z Bridgestone” como referencia, para la identificación de los procesos constructivos que presentan un mayor impacto en términos de costo y plazo, para, posteriormente, utilizarlo también como proyecto piloto para el proceso de implementación Lean. Este enfoque es esencial para cumplir con el objetivo específico 1 y mejorar la eficiencia de los procesos constructivos de SCH Consultoría y Construcción en proyectos futuros.

## Situación actual de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos tras el diagnóstico realizado en la empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. para conocer la situación actual de los procesos de planificación y control, como parte del primer objetivo específico.

### Planificación, control de obra y herramientas

#### Planificación

Es importante especificar que actualmente SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. está enfocada en proyectos a nivel industrial, por lo que aproximadamente el 85% de los proyectos que ejecuta la empresa son ganados a través de licitaciones, en las cuales los clientes proveen los planos constructivos para que las empresas interesadas realicen las ofertas. En algunos casos, y dependiendo de la necesidad del cliente, solicitan que la oferta incluya el monto y ellos establecen el plazo de entrega, en otros solicitan que se proponga un plazo de entrega, y en otros no piden cronograma hasta después de la adjudicación.

SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. cuenta con un proceso bien consolidado respecto a la planificación de sus proyectos. En primera instancia, con el cartel y los planos proporcionados por los clientes, el departamento de construcción se encarga de revisar el alcance del proyecto y generar el presupuesto mediante una herramienta desarrollada por la empresa en el software Microsoft Excel® en la cual, el ingeniero se encarga de calcular el presupuesto basándose en los planos constructivos, características del proyecto, los subcontratos, y equipos necesarios para el desarrollo del proyecto. Se realiza un análisis del proyecto y se determina si es más conveniente para SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. llevar a cabo la ejecución con una de sus cuadrillas, o si se subcontrata la mano de obra. Estos son los dos métodos de trabajo que utiliza la empresa.

El alcance del proyecto se detalla a través de la tabla de presupuestos donde se indican las actividades, el costo unitario, el total de cada actividad y el costo total del proyecto. A continuación, en la tabla



1 se muestra un ejemplo. A solicitud de la empresa por temas de confidencialidad, en la tabla aparecen vacías las casillas correspondientes a los costos unitarios y totales.

**Tabla 1.** Tabla de actividades del presupuesto del proyecto Techo lavado de camiones, Dos Pinos.

<b>TECHO LAVADO DE CAMIONES</b>					
<b>Ítem</b>	<b>Actividad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo total</b>
1	PRELIMINARES	1,00	global	-	-
2	CIMENTACIÓN Y FUNDACIONES	16,00	m3	-	-
3	ESTRUCTURA DE TECHO	10130,42	kg	-	-
4	CUBIERTA DE TECHO	270,87	m2	-	-
5	CUBRERAS	16,00	ml	-	-
6	BOTAGUAS	40,00	ml	-	-
7	BAJANTES	36,00	ml	-	-
8	CANALIZACIÓN PLUVIAL	1,00	global	-	-
9	ILUMINACIÓN	1,00	global	-	-
<b>SUBTOTAL</b>					<b>-</b>
<b>IVA 13%</b>					<b>-</b>
<b>TOTAL</b>					<b>-</b>

**Nota:** Tomado de Base de datos SCH Consultoría y Construcción Tica S.A, 2023.

A partir del presupuesto desarrollado, si el cliente lo solicitó se realiza el cronograma en Microsoft Project® el cual se debe ajustar con el presupuesto en temas de costos indirectos y de mano de obra. Las duraciones para cada actividad son asignadas por el encargado según su criterio y conocimiento. Por último, se envía la oferta al cliente a través de la plataforma solicitada y se da seguimiento correspondiente hasta la adjudicación.

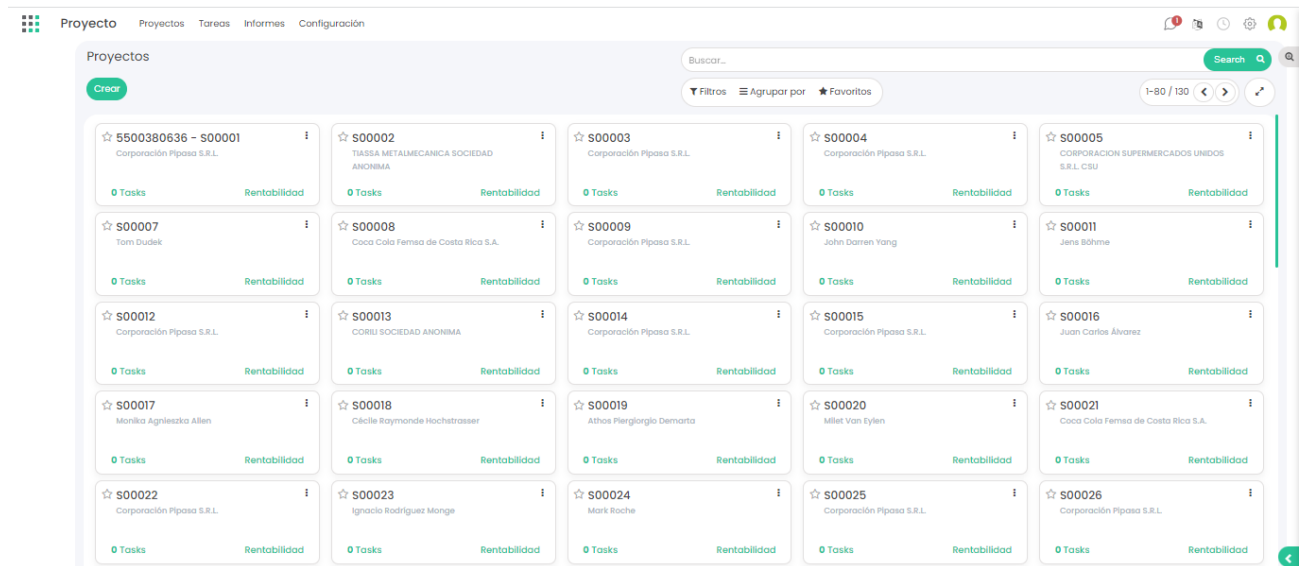
Una vez adjudicado el proyecto, se realiza el contrato y se toma el cronograma desarrollado durante el proceso de licitación para diseñar un cronograma más detallado de las actividades del proyecto según las fechas de corte estipuladas por el cliente y los detalles finales plasmados en el contrato. Para aquellos casos en los que no se solicita un cronograma al momento de presentar la oferta, este se desarrolla en las reuniones de pre-inicio del proyecto, ajustándolo al plazo que el cliente indica. La ruta crítica es la que establece cuáles son los procesos constructivos que tendrán un mayor impacto directo en el plazo e indirecto en el costo del proyecto. Las fechas establecidas en el cronograma son analizadas por el ingeniero encargado y la gerencia en conjunto con el cliente, para posteriormente proceder con el inicio de la fase de ejecución.

## Control de obra

Para la ejecución y el control de obra, el arquitecto Julio César Pérez menciona que, para alcanzar los objetivos planteados de un proyecto, se deben tomar en cuenta tres variables importantes que son: costos-calidad – tiempo (2004). Actualmente, SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. tiene un plan de control de obra desarrollado. Para el control de costos, el ingeniero a cargo del proyecto deberá analizar cada una de las actividades del presupuesto y velar para que el costo real no sobrepase el costo estimado, para ello se debe tener un estricto control de las compras de materiales, alquileres y de los servicios profesionales que se contraten, por lo que a cada proyecto se le asigna una identificación en la cual cada compra de materiales, pago de alquiler o de algún servicio profesional que se realice, se debe cargar a esa identificación para desde ahí realizar la comparación entre los montos presupuestados y los reales. A continuación, en la figura, 2 se

muestra un resumen de proyectos del sistema utilizado por SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. para el control.

**Figura 2.** Resumen de proyectos en el sistema Odoo.



**Nota:** Tomado del sistema Odoo, SCH Consultoría y Construcción Tica S.A., 2023.

Según los requisitos que solicite el cliente, se deberá contratar un ingeniero (a) residente el cual se encarga de velar por la calidad de los trabajos y coordinar que se cumplan cada una de las fases del proyecto. De no ser así se realizan al menos dos visitas semanales a los proyectos, se realizan reuniones de inspección con el cliente, los encargados del proyecto y maestros de obra, pero estas no tienen fechas definidas, sino que se realizan cuando el cliente las solicita.

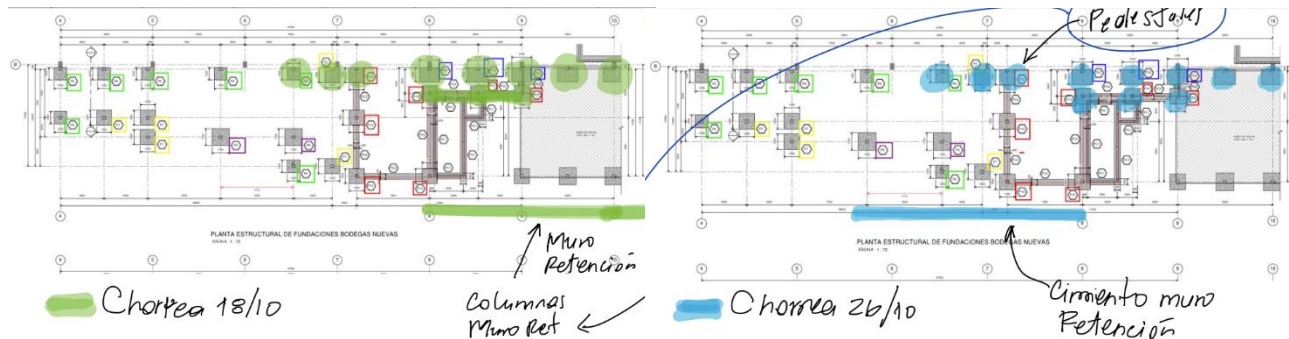
En cada proyecto de construcción, el maestro de obras o el ingeniero residente desempeñan un papel sumamente importante con respecto al control de obra, ya que son los encargados de controlar las horas trabajadas de cada miembro del equipo y de asegurar que cada trabajador ejecute las tareas asignadas. Un aspecto fundamental en obra es el control de herramientas, SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. cuenta con un encargado de inventarios dedicado a mantener un control preciso de todas las herramientas de la empresa, cualquier entrada o salida de equipo de la bodega de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. debe ser tramitada por el encargado de inventarios. El control de las herramientas se desarrolla a través de una macro la cual fue diseñada para mantener un inventario general e inventarios por proyecto.

La gestión del plazo del proyecto se realiza a través del cronograma de actividades creado en Microsoft Project®. Este cronograma permite llevar a cabo las actividades en un orden predefinido, siguiendo la planificación establecida, a menos que se presenten imprevistos que requieran modificaciones. En la actualidad, en SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. no se establecen porcentajes de avance de manera regular para las actividades a realizar, ya sea de manera semanal o diaria, lo que acarrea una falta de visibilidad del progreso, dificultad para detectar desviaciones en el plazo y por ende mayor riesgo de incumplimiento de plazos.

Con respecto al avance de obra, este se controla según las visitas que se realicen por parte del encargado del proyecto y la comparación que realice entre lo visualizado en sitio y lo especificado en el cronograma a esa fecha. Dicho cronograma en teoría debe ser actualizado semanalmente. Se realizan minutas en las cuales se evidencian los avances del proyecto y se especifican los trabajos que se deben tener considerados con antelación, por ejemplo: para la colada de las cimentaciones, en la minuta de la semana anterior, se deja indicado que para el lunes 18/10/23 se colarán las cimentaciones del eje B del 6 al

10. Y para el martes 26/10/23 se colarán los pedestales para las cimentaciones coladas el 18. A continuación, en la figura 3, se evidencia lo mencionado.

Figura 3. Notas de la minuta de trabajos.



Nota: Tomado de Base de datos SCH Consultoría y Construcción Tica S.A, 2023.

Ante la necesidad por parte del cliente de realizar una extra o un crédito al proyecto, se generan los órdenes de cambio, al momento de realizarla, esta es revisada por el o la ingeniera a cargo junto a la gerencia y en un proceso de negociación con el cliente se llega a un acuerdo para que el cambio en el alcance del proyecto no afecte los intereses de ninguna de las dos partes. A continuación, en la sección de herramientas se muestra el resumen correspondiente a los órdenes de cambio generados durante la ejecución del proyecto de construcción (ver figura 7).

## Herramientas

A continuación, se muestran las herramientas utilizadas por SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. para la planificación y el control de obra.

Como se mencionó anteriormente, para la creación del presupuesto se utiliza una herramienta creada en Microsoft Excel®, diseñado específicamente para la empresa, el cual cuenta con fórmulas, tablas y cálculos previamente establecidos que facilitan y agilizan el proceso. A continuación, en la figura 4 se muestra un ejemplo de esta herramienta.

Figura 4. Sección de la tabla de presupuestos Pali El Poro, Grecia.

2	CIMENTACIÓN Y FUNDACIONES	16,00	m3		€2 379 474,30	€0,00		
	Materiales de construcción				€2 379 474,30			
	PLACAS TIPO PF-01 Y PF-03				€0,00			
	FORMULA: CIMENTO AISLADO	4,00	UNIDAD					
	SUSTITUCION DE LASTRE							
	LASTRE BASE 1 1/2"	9	M3	€15 000,00	€135 000,00		LARGO PLACA	ESPOSOR LASTRE
	FORMULA: SELLO CONCRETO POBRE 175 KGICM2- HECHO EN SITIO	1,21	MP		€0,00		2,4 M	0,3 M
	CEMENTO USO GENERAL TIPO GU	8,00	SACO	€6 200,00	€49 600,00		ANCHO PLACA	ESPOSOR PLACA
	ARENA CORRIENTE DE TAJO	1,00	M³	€13 305,00	€13 305,00		2,4 M	0,4 M
	PIEDRA CUARTA PRIMERA	2,00	M³	€14 355,70	€28 711,40			
	FORMULA: CONCRETO 210KGICM2- HECHO EN SITIO	9,68	MP		€0,00			
	CEMENTO USO GENERAL TIPO GU	74,00	SACO	€6 200,00				
	ARENA CORRIENTE DE TAJO	5,00	M³	€13 305,00				
	PIEDRA CUARTA PRIMERA	9,00	M³	€14 355,70				
	VARILLA #4 DEFORM - 1/2" X 6 M -GRADO 60	36,00	UN	€3 600,00	€129 600,00		SEPARACION MALLA EN AMBAS DIRECCIONES	
	VARILLA #5 DEFORM - 5/8" X 6 M -GRADO 60	36,00	UN	€5 500,00	€198 000,00		0,25 M	
	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO DE 1.68 MM #16	5	KG	€908,52	€4 542,60		0,25 M	

Nota: Tomado de Base de datos SCH Consultoría y Construcción Tica S.A, 2023.

El responsable del presupuesto en SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. selecciona la fórmula de cimiento aislado basándose en los planos constructivos del proyecto. Posteriormente, procede a ajustar las celdas resaltadas en amarillo dentro de la tabla. La fórmula, automáticamente, calcula la cantidad precisa de materiales requeridos y el coste asociado a la actividad. Es fundamental realizar actualizaciones periódicas de los precios para garantizar la precisión y la adecuación a los costos actuales.

Para la creación del cronograma del proyecto, como se mencionó anteriormente, se utiliza el software Microsoft Project® independientemente del tipo de proyecto o del cliente para el que se vaya a trabajar. A continuación, en la figura 5, se muestra un ejemplo del cronograma.

Figura 5. Cronograma remodelación Maxi Pali Siquirres.

	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
0	KCU_Cronograma_RM MP Siquirres_Walmart_02_v5 SEM 10	71 días	28/6/23 09:00	21/9/23 19:00	
1	1 ETAPA I	46 días	28/6/23 09:00	22/8/23 19:00	
2	1.1 Obras Preliminares	4 días	28/6/23 09:00	1/7/23 19:00	
5	1.2 Obra Internas	42 días	3/7/23 09:00	22/8/23 19:00	
44	1.3 Obras externas	30 días	15/7/23 09:00	21/8/23 19:00	
45	1.3.1 Fachada Lateral Izquierda	30 días	15/7/23 09:00	21/8/23 19:00	
67	2 ETAPA II	26 días	16/8/23 09:00	14/9/23 19:00	
68	2.1 Obras Internas	26 días	16/8/23 09:00	14/9/23 19:00	
69	2.1.1 Panadería	16 días	16/8/23 09:00	2/9/23 19:00	
78	2.1.2 Movimiento de muebles de quesos y refrigeradas	5 días	29/8/23 09:00	2/9/23 19:00	
81	2.1.3 Movimiento de Lineal de Puertas de Refrigerados / KYSOR	1 día	4/9/23 09:00	4/9/23 19:00	78
82	2.1.4 Apagado de Sistema de Refrigeración Antiguo / KYSOR	3 días	5/9/23 09:00	7/9/23 19:00	81
83	2.1.5 Demolición de tuberías de cobre antiguas	3 días	8/9/23 09:00	11/9/23 19:00	82
84	2.1.6 Comedor de asociados	3 sem.	16/8/23 09:00	1/9/23 19:00	69CC
85	2.1.7 Rostizado	2 sem.	16/8/23 09:00	26/8/23 19:00	69CC
86	2.1.8 CCTV	1 sem	28/8/23 09:00	1/9/23 19:00	85
87	2.1.9 Area de bodega	1 sem	28/8/23 09:00	1/9/23 19:00	86CC
88	2.1.10 Baños Clientes Hombres	13 días	16/8/23 09:00	30/8/23 19:00	69CC
89	2.1.11 Baños Clientes Mujeres	13 días	31/8/23 09:00	14/9/23 19:00	88
90	2.1.12 Tesorería	10 días	16/8/23 09:00	26/8/23 19:00	69CC

Nota: Tomado de Base de datos SCH Consultoría y Construcción Tica S.A, 2023.

Figura 6. Cronograma del control de avance remodelación Maxi Pali Siquirres.

	Nombre de tarea	Comienzo real	Fin real	% completado
0	KCU_Cronograma_RM MP Siquirres_Walmart_02_v5 SEM 10	28/6/23 09:00	NOD	84%
1	1 ETAPA I	28/6/23 09:00	NOD	89%
2	1.1 Obras Preliminares	28/6/23 09:00	1/7/23 19:00	100%
3	1.1.1 Confección de bodegas	28/6/23 09:00	3/6/23 19:00	100%
4	1.1.2 Confección de sala de reuniones	30/6/23 09:00	1/7/23 19:00	100%
5	1.2 Obra Internas	3/7/23 09:00	NOD	98%
44	1.3 Obras externas	15/7/23 09:00	NOD	66%
45	1.3.1 Fachada Lateral Izquierda	15/7/23 09:00	NOD	66%
67	2 ETAPA II	16/8/23 09:00	NOD	80%
68	2.1 Obras Internas	16/8/23 09:00	NOD	59%
69	2.1.1 Panadería	16/8/23 09:00	NOD	27%
78	2.1.2 Movimiento de muebles de quesos	29/8/23 09:00	2/9/23 19:00	100%
79	2.1.2.1 Trabajos mecanicos de drenaje	29/8/23 09:00	3/8/23 19:00	100%

Nota: Tomado de Base de datos SCH Consultoría y Construcción Tica S.A, 2023.

La figura 6 corresponde a un ejemplo del control de avance que se realiza tras las inspecciones y visitas del encargado del proyecto para determinar el porcentaje de avance de las obras. Este cronograma es el mismo que se realiza en la etapa inicial del proyecto, simplemente se va actualizando semana a semana. lamentablemente, se debe decir que esto no siempre se cumple, por lo que algunos proyectos pierden la precisión en el seguimiento del avance de las obras. Esta falta de actualización en el cronograma puede llevar

a discrepancias significativas entre lo planificado y lo ejecutado, generando desviaciones en los tiempos y costos previstos. Además, esta situación podría afectar la toma de decisiones informadas, la identificación temprana de posibles retrasos o problemas, así como la aplicación de medidas correctivas oportunas para asegurar la efectiva finalización del proyecto dentro de los parámetros establecidos.

Para el registro y control de las órdenes de cambio durante la ejecución del proyecto, SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. dispone de una tabla en Microsoft Excel® destinada a registrar de manera detallada cada modificación sea una extra o un crédito. En esta herramienta, se especifica la naturaleza del cambio, y se detalla el monto correspondiente a la extra o crédito a realizar, de ser aprobado, se registran en una última columna de monto aprobado donde se realizan las sumas y restas correspondientes para obtener un monto total. Esto facilita una trazabilidad efectiva de los cambios, permitiendo una rápida identificación de las modificaciones, su impacto en el proyecto. Además, este registro posibilita la toma de decisiones informadas al ofrecer un panorama claro de las variaciones que afectan el proyecto y proporciona una base sólida para la gestión de riesgos y la evaluación de su impacto en los costos y tiempos previstos.

Figura 7. Tabla de control para ordenes de cambio.

Resumen Orden de cambio				
Proyecto Demolición mezaninnes				
SCH Consultoría y Construcción Tica S.A.				
Item	Descripción	Monto Extra	Monto Crédito	Monto Aprobado
1	Demolición del sistema eléctrico	\$ 41 285.45	\$ -	\$ -
2	Reubicacion maquinas post inflados	\$ 2 748.57	\$ -	\$ -
3	Desinstalación e instalación ventilador	\$ 259.79	\$ -	\$ 259.79
4	Desinstalación de lava ojos	\$ 183.19	\$ -	\$ 183.19
5	Eliminación sistema mecanico	\$ 265.99	\$ -	\$ 265.99
6	Traslado zona de reuniones	\$ 1 095.50		\$ 1 095.50
7	Encargado Seguridad Ocupacional	\$ 2 127.27		\$ 2 127.27
8	Pintura de pared y vigas	\$ 762.89		\$ -
9	Relleno de losa con mortero	\$ 931.13		\$ -
10	Traslado de CR	\$ 1 429.57		\$ -
	<b>Subtotal 1</b>			\$ <b>3 931.74</b>
	<b>IVA (13%)</b>			\$ <b>511.13</b>
	<b>Total Balance</b>			\$ <b>4 442.87</b>

Nota: Tomado de Base de datos SCH Consultoría y Construcción Tica S.A, 2023.

El cuadro 5 que se muestra a continuación, hace referencia a los proyectos realizados por SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. y que fueron analizados para obtener información valiosa para el desarrollo de este trabajo.

Cuadro 5. Resumen de proyectos analizados	
PROYECTO	DESCRIPCIÓN
Remodelación Maxi Pali Siquirres	Mantenimiento a la estructura y áreas de la tienda como reconstrucción de cuartos fríos, remodelaciones en el área de carnes, reparaciones en pisos.
Remodelación Pali El Poró	Construcción de nuevas áreas con paredes Duraplus, losas, cambios en estructura metálica, obras exteriores.
Remodelación Maxi Pali Alajuelita	Mantenimiento de las estructuras, remodelación de área de carnes, oficinas y baños, trabajos en áreas exteriores.
Remodelación Pali Tres Ríos	Mantenimiento de estructuras, remodelación de cuartos fríos, losas, remodelación de mezanine, obras exteriores.
Construcción Módulo de Baños	Construcción de dos baterías de baños una para hombres y otra para mujeres.

# Resultados de la aplicación de la encuesta 1 “Conocimiento Lean Construction” y entrevistas

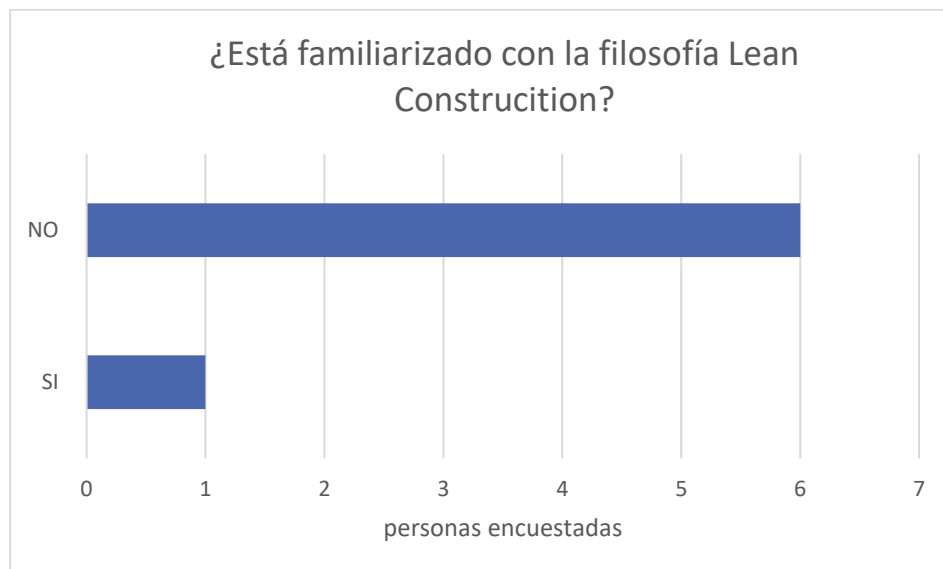
El objetivo de esta encuesta es conocer el nivel de conocimiento del personal de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. sobre la filosofía Lean Construction y sus herramientas, para ello, se le solicitó a todo el personal del departamento de ingeniería que está conformado por un total de siete personas, desarrollar la siguiente encuesta, aplicada con un formulario de Google. A continuación, se muestran las preguntas y los resultados obtenidos.

**Figura 8.** Gráfico de porcentajes de las respuestas de la pregunta 1.



De la figura 8 se puede apreciar cómo un 66.7% de los trabajadores del departamento de ingeniería de la empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. cuentan con una experiencia mayor a 5 años mientras que un 16.7% se encuentran entre los 3 y 5 años y un 16.7% tienen de 2 a 3 años de experiencia.

**Figura 9.** Gráfico de porcentaje de las respuestas a la pregunta 2.



En la figura 9 se aprecia como solamente 1 persona de las encuestadas marcó que sí está familiarizado con la filosofía Lean Construcción, lo que equivale a que un 85.7% de los encuestados no están familiarizados la filosofía Lean.

**Figura 10.** Respuesta a la pregunta 3.

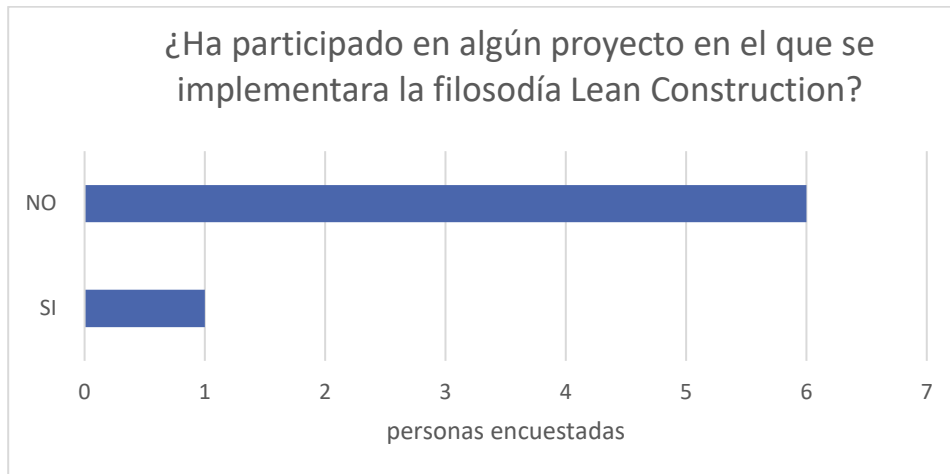
Si su respuesta fue "Sí", ¿podría describir brevemente qué es Lean Construction?

1 respuesta

Cómo gestionar un un proceso para mayor eficacia

9. En la figura 10 se puede apreciar la descripción que da el único encuestado que marcó Sí en la Figura

**Figura 11.** Gráfico de porcentaje de las respuestas a la pregunta 4.



El 85.7% de los encuestados nunca han participado en algún proyecto donde se implementó la filosofía Lean Construction, mientras que una persona que corresponde al 14.4% sí ha participado.

**Figura 12.** Respuesta a la pregunta 5.

Si su respuesta fue "Sí", ¿qué rol desarrolló en ese proyecto?

1 respuesta

Un Excel de proceso para quejas del Servicio al cliente

En la figura 12 se muestra cuál fue el rol que desarrolló el encuestado durante el proceso de ejecución del proyecto en el cual se implementó la filosofía Lean Construction, esta respuesta nos da a entender que participó en un proyecto que aplicaban la filosofía, pero el trabajo que él desarrolló no estaba para nada ligado con ella.



**Figura 13.** Respuestas a la pregunta 6.

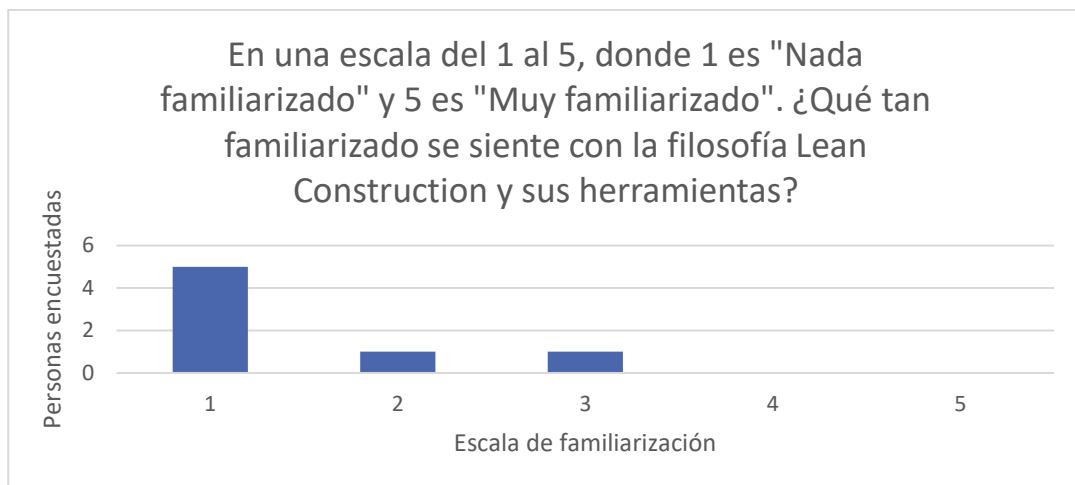
¿Tiene conocimiento sobre la herramienta Last Planner System, podría describir brevemente que función tiene y como es su aplicación?

5 respuestas

No
Un sistema lean que se incorpora para proyectos de construcción
No
No tengo conocimiento

En la figura 13 se aprecian las respuestas de los encuestados ante la pregunta 6 en la que como se aprecia, la mayoría responden que no tienen conocimiento sobre la herramienta Last Planner System.

**Figura 14.** Gráfico de respuestas de la pregunta 7.



Se aprecia como un 71.4% de los entrevistados no están nada familiarizados con la metodología, un 14.3% considera que están un poco familiarizado y un 14.4% está familiarizado con la filosofía Lean Construction y sus herramientas.

**Figura 15.** Respuestas a la pregunta 8.

¿Cuál es su opinión con respecto a la implementación de la metodología Lean Construction a los procesos constructivos de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A.?

6 respuestas

Sería de gran ayuda para lograr un mayor orden y menos gastos innecesarios a la hora de empezar un proyecto
Muy importante y necesario, para ordenar y controlar
No la he escuchado
No conozco la metodología
me gustaría saber la funcionalidad del lean construction ya que desconozco del tema
No tengo conocimientos de que trata esa metodología



Respuestas sobre las opiniones de como la filosofía Lean Construction puede ayudar a mejorar los procesos constructivos de la empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. Algunos de los entrevistados mencionan que no la conocen y no saben cómo puede favorecer los procesos.

Adicionalmente, se realiza una entrevista al personal con más de cinco años de experiencia laboral y que tengan al menos un año de trabajar en la empresa con el fin de obtener información relevante sobre los desafíos y experiencias que han tenido que pasar en los diferentes proyectos en los que han participado y así poder tener noción de cuáles pueden ser los procesos críticos de la empresa. La entrevista constó de siete preguntas directas las cuales se encuentran en el apartado de descripción de técnicas e instrumentos para la recolección de datos, a cinco personas diferentes, las respuestas de cada entrevistado se muestran a continuación en el Cuadro 6. El rango de años que se eligió se debe a que ha ingresado personal nuevo y se considera que a partir de un año ya han participado en diferentes proyectos y se genera una perspectiva más amplia y no solo se toman las experiencias vividas en uno o dos proyectos.

**CUADRO 6. ENTREVISTA AL PERSONAL ENCARGADO DE PROYECTOS DE SCH.**

ENTREVISTADO	RESPUESTAS
<p><b>Jorge Sánchez Vega</b></p>	<p>Tengo 13 meses de trabajar para la empresa y he dirigido proyectos en Bridgestone y FIFCO. He estado encargado de la planificación y control de los proyectos.</p>
	<p>Conozco de qué trata, pero no estoy familiarizado al 100% con la metodología.</p>
	<p>Uno de los principales desafíos ha sido encontrar mano de obra calificada y que los presupuestos han sido muy ajustados, esto ha generado tener tiempos de entrega muy cortos.</p>
	<p>El desarrollo de los procesos de la empresa está bien, lo que sí sería bueno mejorar es el proceso para pedido de materiales.</p>
	<p>Sí los he experimentado, algunas razones han sido los pedidos de materiales, que el personal contratado no da eficiencia requerida y por temas de equipos de seguridad.</p>
	<p>Sería excelente ya que ayudaría a reducir tiempos de espera por transporte para tener el material que se necesita en el proyecto. Ayudar a identificar puntos de fuga de recursos.</p>
	<p>Creo que el confiar en los trabajadores y en la metodología, esto es más que todo enfocado en la gerencia ya que es necesario realizar reuniones semanales y ellos deben de estar enterados y confiar en que esas reuniones son provechosas y no se está perdiendo el tiempo, y capacitar a trabajadores e ingenieros.</p>
<p><b>Sebastián Castro Hernández</b></p>	<p>Como Gerente General de SCH, mi experiencia en proyectos de construcción es significativa, abarcando un amplio espectro de proyectos tanto en términos de tamaño como de complejidad. Mis actividades principales han incluido la supervisión y dirección estratégica de los proyectos, la gestión de recursos, la toma de decisiones.</p>
	<p>No estoy familiarizado con la metodología, la he escuchado en un par de ocasiones, pero no sé en qué consiste.</p>
	<p>La gestión de recursos y la coordinación de equipos, la planificación efectiva y la reducción de retrasos, la optimización de la cadena de suministro de materiales.</p>
	<p>Cuando los proyectos se realizan con trabajadores que ya han desarrollado trabajos con nosotros la eficiencia es bastante buena, porque ya saben qué hacer y cómo hacerlo, especialmente en los proyectos como las remodelaciones de los Pali, de lo contrario si es un poco más complicado.</p>
	<p>Las principales causas de estos retrasos han incluido problemas en la cadena de suministro de materiales, condiciones climáticas imprevistas, cambios en el alcance del proyecto y problemas de coordinación en la ejecución de tareas.</p>
	<p>Puede ayudarnos a mejorar significativamente la eficiencia y la productividad. Y con la gestión más eficiente de recursos y tiempos.</p>

<b>Sebastián Castro Hernández</b>	La resistencia al cambio por parte de los trabajadores, para contrarrestarlo se debe de generar muy buena comunicación entre las partes involucradas.
<b>Katherine Chávez</b>	Mi experiencia abarca todo tipo de proyectos, grandes y pequeños, en zonas cercanas y zonas muy alejadas. Mi rol ha sido la gestión y supervisión de proyectos, desde el proceso de planificación hasta la ejecución y entrega.
	No estoy familiarizada con la metodología, la he escuchado, pero no la he estudiado.
	Desafíos con respecto a los presupuestos, algunas veces han sido muy ajustados. Cambios en el diseño o el alcance. La gestión de los recursos.
	La eficiencia de los procesos es variada, pero lo que es el pedido de materiales y los transportes en todos los proyectos son causantes de muchas demoras.
	Sí se han enfrentado retrasos, algunos han sido por temas de suministro de materiales, condiciones climáticas, mano de obra no calificada, reprocesos.
	Sería muy bueno para mejorar la secuencia de actividades y reducir los retrabajos mejorando la calidad de los trabajos.
<b>Cesar Murillo</b>	<p>Mi experiencia en proyectos de construcción en SCH abarca 2 años, he desarrollado trabajos como ingeniero de campo y también como presupuestista. Mis principales actividades incluyen supervisar personal, gestionar recursos y plazos, programación de actividades, coordinación con proveedores, verificar la calidad de los trabajos.</p>
	La he escuchado, pero no estoy familiarizado con la metodología Lean.
	En los proyectos que he trabajado, algunos de los principales desafíos han sido la gestión eficiente de los materiales y muchas veces problemas con la comunicación y planificación de permisos para el personal, lo que provoca retrasos y por ende aumento de costos.
	La eficiencia de los procesos constructivos es variable, en algunos proyectos hemos logrado una buena eficiencia, mientras en otros hemos enfrentado desafíos grandes. Sin embargo, los acabados es un proceso que todos en la empresa tenemos muy presente.

<b>Cesar Murillo</b>	Sí, algunas de las causas de estos retrasos han sido ocasionados por retrasos en el pedido y entrega de materiales o equipo, condiciones climáticas que no es algo que podemos controlar, y problemas con permisos para iniciar trabajos.
	No conozco la metodología, pero según la explicación creo que sería de gran ayuda para tener presente los materiales, equipo o permisos necesarios para realizar las tareas del proyecto.
	Tal vez pueda ser complicada la adaptación a la metodología, siempre adaptarse al cambio es algo complicado. Capacitando a los trabajadores e ingenieros el cambio podría facilitarse.

## Identificación de los procesos constructivos de mayor impacto

Para la identificación de los procesos críticos de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A, se procede a evaluar experiencias pasadas de la empresa para identificar aquellos procesos que han provocado atrasos, retrabajos, problemas en la calidad y cambios en el costo, en proyectos pasados. Para esta identificación, se realizan consultas con la gerencia e ingenieros encargados de proyectos para tener una visión más amplia y clara de las experiencias que ellos han tenido. Según lo comentado con los ingenieros y la gerencia, se realiza una revisión de los cronogramas de proyectos recomendados en el periodo de enero 2022 a agosto 2023 en los que se hayan ejecutado los procesos constructivos mencionados en las conversaciones para revisar las fechas de inicio y fin previstas y las reales de las actividad y procesos que se mencionaron.

En la conversación con la ingeniera Katherine Chaves, ella menciona que el proceso de acabados siempre es la etapa que consume más tiempo de lo que se tiene esperado, da como referencia los proyectos “Remodelación Pali Tres Ríos” y “Remodelación Maxi Pali Alajuelita”. El otro proceso que menciona es el movimiento de tierras, hace referencia a que normalmente los atrasos que se puedan generar en este proceso son ocasionados por factores climáticos, por lo que mientras sea posible trabajar hay que aprovechar el tiempo al máximo y ser lo más eficientes, esto también se aplica para todos los procesos en exteriores que se puedan ver afectados por cambios climáticos. Por último, menciona que en caso de los proyectos que tienen estructura metálica se debe tener muy presentes las fechas de colocación de la estructura para tener todos los equipos y maquinaria necesaria para el levantamiento de los diferentes elementos.

A continuación, en la figura 16, se muestran las revisiones realizadas al cronograma de la Remodelación Maxi Pali Alajuelita. Además, se marcan en azul los procesos constructivos que fueron mencionados por la ingeniera Katherine Chaves y en los que se identificaron variaciones en los plazos.

**Figura 16.** Duración teórica vs real de las tareas del proyecto “Remodelación Maxi Pali Alajuelita”.

	Nombre de tarea	Comienzo		Fin		% completado	
		previsto	Fin previsto	Comienzo real	Fin real		
GANIT DE SEGUIMIENTO	21	2.1.2.2 Acabado epóxico en cuartos fríos y congelados	4/7/23 06:00	5/7/23 18:00	4/7/23 06:00	5/7/23 18:00	100%
	22	2.1.2.3 Construcción paredes livianas	7/7/23 06:00	9/7/23 18:00	7/7/23 06:00	9/7/23 18:00	100%
	23	2.1.2.4 Enchapes de azulejo en moche	10/7/23 06:00	12/7/23 18:00	10/7/23 06:00	14/7/23 17:00	100%
	24	3 ETAPA-3	30/6/23 06:00	19/8/23 18:00	30/6/23 06:00	19/8/23 18:00	100%
	25	3.1 CUARTO FRÍO	10/7/23 06:00	24/7/23 18:00	10/7/23 06:00	16/8/23 09:00	100%
		FRUTAS-VERDURAS-CARNES (40.75m²)					
	26	3.1.1 DEMOLICIONES / DESINSTALACIONES	10/7/23 06:00	18/7/23 18:00	10/7/23 06:00	20/7/23 18:00	100%
	27	3.1.1.1 Ceramientos provisionales	10/7/23 06:00	10/7/23 18:00	10/7/23 06:00	10/7/23 18:00	100%
	28	3.1.1.2 Paredes livianas	10/7/23 06:00	11/7/23 18:00	10/7/23 06:00	11/7/23 18:00	100%
	29	3.1.1.3 Pisos en tienda	12/7/23 06:00	12/7/23 18:00	12/7/23 06:00	12/7/23 18:00	100%
	30	3.1.1.4 Recolección de escombros y liras	13/7/23 06:00	13/7/23 18:00	13/7/23 06:00	13/7/23 18:00	100%
	31	3.1.1.5 Sustitución de Sistema de agua	14/7/23 06:00	18/7/23 18:00	14/7/23 06:00	20/7/23 18:00	100%
	32	3.1.1.6 Desinstalación de circuitos	13/7/23 06:00	14/7/23 18:00	13/7/23 06:00	15/7/23 18:00	100%
	33	3.1.2 ACABADOS	13/7/23 06:00	24/7/23 18:00	15/7/23 06:00	16/8/23 09:00	100%
	34	3.1.2.1 Losa de concreto para cuartos refrigerados	13/7/23 06:00	13/7/23 18:00	15/7/23 06:00	15/7/23 17:00	100%
	35	3.1.2.2 Acabado epóxico en cuartos fríos y congelados	16/7/23 06:00	17/7/23 18:00	18/7/23 06:00	16/8/23 09:00	100%
	36	3.1.2.3 Construcción paredes livianas	19/7/23 06:00	21/7/23 18:00	19/7/23 06:00	21/7/23 17:00	100%
	37	3.1.2.4 Enchapes de azulejo en moche	22/7/23 06:00	24/7/23 18:00	22/7/23 06:00	25/7/23 17:00	100%
	38	3.1.2.5 Angulares en paredes (7,2m)	22/7/23 06:00	23/7/23 18:00	23/7/23 06:00	23/7/23 17:00	100%
39	3.1.2.6 Pulido pisos, reparación por ejecución de trabajos (15m²)	22/7/23 06:00	23/7/23 18:00	23/7/23 06:00	23/7/23 17:00	100%	

**Nota:** Tomado de Base de datos SCH Consultoría y Construcción Tica S.A, 2023.

En la conversación con Mariela Chaves, gerente de SCH, al igual que Katherine, menciona como procesos críticos los acabados, además hace referencia a el proceso del armado de armadura, pues normalmente este proceso se hace en paralelo con lo que son movimientos de tierra, para que una vez se termine con los movimientos las armaduras estén listas para colocar, por lo tanto, se debe coordinar muy bien para evitar retrasos por parte de los armadores. Finalmente, menciona que un factor sumamente importante son los pedidos y envíos de materiales, ya que si no se tienen contemplados a tiempo retrasan cualquier proceso. Sugiere revisar el cronograma del proyecto “Remodelación Pali Tres Ríos”. A continuación, en la figura 17, se muestran las revisiones realizadas al cronograma de la Remodelación Pali Tres Ríos. Además, se marcan en azul los procesos constructivos que fueron mencionados por las ingenieras Mariela y Katherine y en los que se identificaron variaciones en los plazos.

**Figura 17.** Duración teórica vs real de las tareas del proyecto “Remodelación Pali Tres Ríos”.

	Nombre de tarea	Comienzo		Fin		% completado	
		previsto	Fin previsto	Comienzo real	Fin real		
DIAGRAMA DE GANTT	0	KCU_Cronograma_Remodelación de PA Tres	13/3/23 09:00	13/5/23 19:00	13/3/23 09:00	16/6/23 19:00	100%
	1	1 Trabajos externos	13/3/23 09:00	9/5/23 19:00	13/3/23 09:00	15/5/23 19:00	100%
	2	1.1 Poda de arboles	13/3/23 09:00	14/3/23 19:00	13/3/23 09:00	14/3/23 19:00	100%
	3	1.2 Muro retención a construir nuevo	13/3/23 09:00	1/4/23 19:00	13/3/23 09:00	4/4/23 19:00	100%
	4	1.3 Muro retención a reparar	3/4/23 09:00	18/4/23 19:00	3/4/23 09:00	18/4/23 19:00	100%
	5	1.4 Asfaltado de parqueo	3/4/23 09:00	11/4/23 19:00	4/4/23 09:00	11/4/23 19:00	100%
	6	1.5 Topes de parqueo	12/4/23 09:00	13/4/23 19:00	12/4/23 09:00	13/4/23 19:00	100%
	7	1.6 Readeacuación de aceras con losetas	20/3/23 09:00	11/4/23 19:00	21/3/23 09:00	12/4/23 19:00	100%
	8	1.7 Reparación de tapia vecinal	19/4/23 09:00	2/5/23 19:00	19/4/23 09:00	5/5/23 19:00	100%
	9	1.8 Cambio de malla perimetral	19/4/23 09:00	9/5/23 19:00	20/4/23 09:00	15/5/23 19:00	100%
10	1.9 Demarcación total exterior y del parqueo	29/4/23 09:00	5/5/23 19:00	29/4/23 09:00	5/5/23 19:00	100%	

**Nota:** Tomado de Base de datos SCH Consultoría y Construcción Tica S.A, 2023.

**Figura 18.** Duración teórica vs real de las tareas del proyecto “Remodelación Pali Tres Ríos”.

		Comienzo previsto	Fin previsto	Comienzo real	Fin real	% completado	
DIAGRAMA DE GANTT	39	4 Trabajos internos	13/3/23 09:00	10/5/23 19:00	13/3/23 09:00	16/5/23 19:00	100%
	40	4.1 Remodelación de Comedo	13/3/23 09:00	1/4/23 19:00	13/3/23 09:00	1/4/23 19:00	100%
	41	4.2 Remodelación servicio sanitario clientes	13/3/23 09:00	25/3/23 19:00	13/3/23 09:00	25/3/23 19:00	100%
	42	4.3 Remodelación servicio sanitario asociados	27/3/23 09:00	11/4/23 19:00	29/3/23 09:00	12/4/23 19:00	100%
	43	4.4 Remodelación area de procesos	27/3/23 09:00	11/4/23 19:00	20/4/23 19:00	20/4/23 19:00	100%
	44	4.5 Remodelación area de cuartos frios	12/4/23 09:00	25/4/23 19:00	12/4/23 09:00	27/4/23 19:00	100%
	45	4.6 Remodelación cuarto de verduras	26/4/23 09:00	9/5/23 19:00	27/4/23 09:00	10/5/23 19:00	100%
	46	4.7 Modificación de check out	27/3/23 09:00	1/4/23 19:00	10/5/23 09:00	16/5/23 19:00	100%
	47	4.8 Confección area de tesoreria y gerencia	3/4/23 09:00	18/4/23 19:00	3/4/23 09:00	20/4/23 19:00	100%
	48	4.9 Remodelación Trastienda	19/4/23 09:00	2/5/23 19:00	19/4/23 09:00	2/5/23 19:00	100%
	49	4.10 Pintura estructura metali	20/3/23 09:00	11/4/23 19:00	20/3/23 09:00	16/4/23 19:00	100%
50	4.11 Pintura interna de pared	12/4/23 09:00	2/5/23 19:00	17/4/23 09:00	6/5/23 19:00	100%	

**Nota:** Tomado de Base de datos SCH Consultoría y Construcción Tica S.A, 2023.

Por último, el ingeniero Jorge Sánchez menciona como proceso crítico los movimientos de tierras, especialmente en época lluviosa ya que durante un día lluvioso no se puede trabajar y dependiendo de las condiciones del terreno los días posteriores, aunque no llueva se dificultan mucho los trabajos. Al igual que Mariela Chaves menciona que las armaduras son un proceso de cuidado y que le han dado problemas, sugiere revisar el cronograma del proyecto “Modulo de baños Bridgestone”.

A continuación, se presenta la figura 19 correspondientes a la revisión del cronograma sugerido por el ingeniero Jorge Sánchez. Se marcan en celeste los procesos mencionados y que se identificaron con variaciones en plazos.

**Figura 19.** Duración teórica vs real de las tareas del proyecto “Modulo de baños Bridgestone”.

		Comienzo previsto	Fin previsto	Comienzo real	Fin real	% completado	
DE SEGUIMIENTO	1	MODULO DE BAÑOS	14/4/23 09:00	19/5/23 19:00	17/3/23 19:00	23/5/23 19:00	100%
	2	Obras Preliminares	14/4/23 09:00	17/4/23 19:00	17/3/23 19:00	17/4/23 19:00	100%
	3	Demoliciones	14/4/23 09:00	17/4/23 19:00	14/4/23 19:00	14/4/23 19:00	100%
	4	Movimientos de Suelo	18/4/23 09:00	19/4/23 19:00	18/4/23 09:00	21/4/23 19:00	100%
	5	Cimientos, Columnas y Paredes	20/4/23 09:00	28/4/23 19:00	20/4/23 09:00	4/5/23 19:00	100%
	6	Viga Corona	25/4/23 09:00	2/5/23 19:00	27/4/23 09:00	3/5/23 19:00	100%
	7	Contrapiso colado y Losa techo	28/4/23 09:00	8/5/23 19:00	28/4/23 09:00	11/5/23 19:00	100%
	8	Repello paredes	9/5/23 09:00	12/5/23 19:00	10/5/23 09:00	13/5/23 19:00	100%
	9	Enchapes de baño	15/5/23 09:00	17/5/23 19:00	15/5/23 09:00	19/5/23 19:00	100%
	10	Particiones de baño	18/5/23 09:00	18/5/23 19:00	20/5/23 09:00	20/5/23 19:00	100%
	11	Puertas y Colocación de losa sanitaria	18/5/23 09:00	19/5/23 19:00	22/5/23 09:00	23/5/23 19:00	100%
	12	Sistema Potable, Pluvial y Sanitario	2/5/23 09:00	9/5/23 19:00	2/5/23 09:00	9/5/23 19:00	100%
	13	Cajas de registro, Canalización electrica y Tr	10/5/23 09:00	12/5/23 19:00	10/5/23 09:00	12/5/23 19:00	100%

**Nota:** Tomado de Base de datos SCH Consultoría y Construcción Tica S.A, 2023.

A continuación, en la tabla 2, se muestran los plazos y costos estimados versus los plazos y costos reales para los proyectos “Remodelación Pali Tres Ríos”, “Remodelación Maxi Pali Alajuelita” y “Modulo de baños Bridgestone”, con el fin de tener un método de medición de la afectación en plazo y costo que afectaron a dichos proyectos.

<b>Tabla 2. PLAZOS Y COSTOS ESTIMADOS VERSUS PLAZOS Y COSTOS REALES</b>						
<b>Proyecto</b>	<b>Plazo estimado</b>	<b>Plazo real</b>	<b>Costo estimado (colones ₡)</b>	<b>Ganancia estimada (colones ₡)</b>	<b>Costo real (colones ₡)</b>	<b>Ganancia real (colones ₡)</b>
<b>Rem. Pali Alajuelita</b>	7 sem	10 sem	126 135 430.62	12 497 699.99	127 939 750.99	10 693 379.62
<b>Rem. Pali Tres Ríos</b>	8 sem	12 sem	344 030 717.77	56 380 638.83	357 167 211,92	43 244 144.68

**Nota:** Datos tomados de Base de datos SCH Consultoría y Construcción Tica S.A, 2023.

Para la identificación de los procesos constructivos más críticos en términos de plazo y costo que se desarrollarán en el proyecto “Bodega Z Bridgestone” se desarrolló un análisis del cronograma y el presupuesto del proyecto el cual fue evaluado posteriormente por el ingeniero residente, la ingeniera a cargo y la gerencia, a continuación, en la figura 20 se muestran las actividades a realizar en el proyecto “Bodega Z Bridgestone”, y se marcan en celeste las que concuerdan con las actividades críticas descritas por los ingenieros y que se identificaron en los cronogramas anteriores.

**Figura 20.** Tareas por realizar en el proyecto “Bodega Z Bridgestone”.

Modo de	Nombre de tarea
→	↳ Talleres-Bodega Z Bloque 2 y 4
→	↳ INICIO
→	↳ Reubicación de malla tierra existente
→	↳ Relleno + Pruebas
→	↳ Movimientos de Tierra
→	↳ Cimentaciones de Bodegas y Equipos
→	↳ Cimentaciones de Muros
→	↳ Columnas y Vigas muros retención
→	↳ Paredes de Mampostería Bodegas
→	↳ Estructura Metálica Bodegas
→	↳ Cerramiento Metálico de cubierta
→	↳ Cerramiento Metálico de paredes
→	↳ Demolición acceso en nave existente
→	↳ Malla lindero
→	↳ Tubería de agua potable y sanitaria
→	↳ Sistema pluvial y drenajes
→	↳ Losas de Concreto
→	↳ Acabados en paredes de mampostería
→	↳ Estructura de pavimento drenante
→	↳ Instalación de portones
→	↳ Extracción y ductos
→	↳ Zacate y áreas verdes

**Nota:** Tomado de Base de datos SCH Consultoría y Construcción Tica S.A, 2023.



A continuación, en el cuadro 7, se muestran los resultados de los procesos críticos bajo el criterio de plazo y costo para “Bodega Z Bridgestone”

<b>CUADRO 7. PROCESOS CRÍTICOS EN PLAZO Y COSTO PARA BODEGA Z</b>		
<b>Proceso Constructivo</b>	<b>Plazo (días)</b>	<b>% del costo total</b>
Relleno + Pruebas de compactación	13	4.5
Mov. de tierras	20	3.25
Cimentaciones de muros	30	2.96
Paredes de mampostería	15	1.15
Estructura de pavimentos drenantes	10	6.69
Zacate y áreas verdes	5	0.32

Con respecto a los procesos constructivos: estructura de pavimentos drenantes y las pruebas de compactación, no serán considerados a pesar de ser de los más altos en plazo y porcentaje de costo. Esto porque serán desarrollados por un subcontratista, y estos están fuera del alcance propuesto en este Trabajo Final de Graduación, ya que la empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. proporciona al subcontratista una fecha de inicio y fin, por lo que no es posible controlar su plan de trabajo.

A continuación, se presenta el Cuadro 8, con los procesos constructivos críticos del proyecto “Bodega Z Bridgestone” bajo los criterios de plazo, costo y experiencias pasadas, todo esto bajo un escenario estimado, por lo que los plazos en días y los porcentajes del costo total de cada proceso pueden variar al momento de su ejecución.

<b>CUADRO 8. PROCESOS CRÍTICOS EN “BODEGA Z BRIDGESTONE”</b>		
<b>Proceso Constructivo</b>	<b>Plazo (días)</b>	<b>% del costo total</b>
Mov. de tierras	20	3.25
Estructura metálica	31	24.66
Acabado en paredes de mampostería	10	2.65
Cimentaciones (Armaduras)	64	6.39

## Identificación de buenas prácticas del Last Planner System

A continuación, se presenta en el cuadro 9 correspondiente a las buenas prácticas de la metodología Lean Construction para los procesos constructivos seleccionados, este cuadro está relacionado con el objetivo específico 2 de este trabajo final de graduación el cual consiste en identificar las buenas prácticas de la filosofía Lean Construction. Para el desarrollo de esta tabla, se utilizó la información recopilada de las distintas referencias bibliográficas, especialmente del documento Metodología para la aplicación del Last Planner System. Es importante recordar que se eligió la herramienta Last Planner System para aplicar la filosofía Lean debido a los beneficios y el enfoque de control que esta promueve, ha demostrado ser una herramienta muy útil para la gestión del proceso de construcción, y monitoreo continuo de la eficiencia de la planificación a la obra, y es justamente lo que SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. necesita.



## CUADRO 9. BUENAS PRÁCTICAS DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION OBTENIDAS DE LA TEORÍA.

Buenas prácticas	Descripción	Situación actual en SCH	Acciones por implementar
<b>Asignación del coordinador de Last Planner System</b>	Persona encargada de llevar la dirección del proyecto, reuniones, comunicación actividades programadas y responsable de la aplicación de la metodología.	No se realiza	Informar a los ingenieros encargados de los proyectos para que conozcan la herramienta, establecer las responsabilidades como coordinador.
<b>Planificación inicial</b>	Plantear y coordinar todos los requerimientos para el desarrollo del proyecto, antes de iniciar las obras.	Sí se realiza	Lista de requerimientos en la cual se puedan marcar los que ya están planificados para tener más control de qué falta.
<b>Plan maestro</b>	Programación de las actividades y sus duraciones para el proyecto. (Cronograma)	Sí se realiza el cronograma	Asegurarse que el cronograma desarrollado cumple con las fechas establecidas por el cliente de los hitos importantes.
<b>Informar al equipo</b>	Reunión para explicar sobre la metodología y generar equipos de trabajo con un líder encargado de la aplicación de Last Planner.	No se realiza	Reunión previa al inicio del proyecto con maestro de obras, ayudantes, peones, subcontratistas, que estarán trabajando para informar y explicar los métodos de trabajo.
<b>Plan intermedio</b>	Basándose en el plan maestro, identificar las actividades que se deben desarrollar en un periodo de 4 a 6 semanas mientras se mantenga el mismo plazo a lo largo de la aplicación con el fin de realizar el análisis de restricciones y desarrollar la lista de ITE.	No se realiza	Creación de una hoja de control la cual será utilizada para desarrollar el plan Look-ahead, con una proyección de 4 a 6 semanas. Desarrollar una sección para el análisis de restricciones y para la lista de ITE.
<b>Reuniones de planificación semanal</b>	Reunión para asignar el trabajo semanal y analizar los rendimientos de la semana anterior.	Reuniones de inspección, sin embargo, no se asignan las actividades ni se analizan los rendimientos semanales	Crear un espacio semanal para reunirse con los encargados y que se determinen las tareas de la próxima semana según el ITE y que se asignen las tareas. Posterior a esto, que se realice la revisión del PAC y las CNC.

Buenas prácticas	Descripción	Situación actual en SCH	Acciones por implementar
<b>Plan semanal</b>	Tareas que se encuentran en el ITE y se pueden realizar, se asignan a los equipos los porcentajes de avance esperados en la semana para su posterior medición.	No se realiza	Creación de una hoja de control la cual será programada con las actividades que determinó el encargado para la semana próxima.
<b>Mediciones de avance</b>	Utilizar los indicadores de Porcentaje de Actividades completadas y Causas de No Cumplimiento. Para obtener parámetros de evaluación del desempeño de los equipos de trabajo.	No se realiza	Calcular los porcentajes de las actividades completadas según los porcentajes de avance teóricos establecidos en el plan semanal.
<b>Medidas correctivas</b>	Tomar los datos de las CNC y analizarlos para generar una mejora y evitar repetir los mismos errores en los futuros procesos.	No se realiza	Graficar los porcentajes de las causas de no cumplimiento para las actividades a desarrollar estipuladas en el plan semanal. Para hacer correcciones y lograr el 100% del PAC de la siguiente semana.

En el cuadro 10 se muestran algunas de las buenas prácticas Lean que usan las constructoras en Costa Rica, esta información se obtuvo mediante contacto directo con los encargados de la aplicación de la herramienta.

<b>CUADRO 10. BUENAS PRÁCTICAS LEAN APLICADAS POR EMPRESAS CONSTRUCTORAS EN COSTA RICA</b>	
<b>EMPRESA</b>	<b>BUENA PRACTICA</b>
<b>Clean Construction</b>	<p>La aplicación de Last Planner se inicia con el cronograma generado en MS Project por el gerente de proyecto. A partir de ese Project se pasan los datos a una plantilla de plan maestro utilizado dentro de la empresa. Previo a iniciar el proyecto se hace una reunión de programación en donde se establecen metas con una proyección de entre 4 y 6 semanas dependiendo de la magnitud del proyecto, esto en una plantilla que se utiliza dentro de la empresa para el plan intermedio. En ese plan intermedio se analiza si la actividad cuenta o no con alguna restricción; si la actividad cuenta con alguna restricción esta debe de ser subsanada antes de que esta actividad entre al plan semanal y si no tiene restricción puede entrar al plan semanal de la semana para la que esté proyectada su ejecución.</p> <p>Ahora, el día de inicio en proyecto se hace una reunión con maestros de obra, ingenieros y capataces para hacer el plan semanal y establecer porcentajes de compromiso de cada actividad, y esta misma reunión se hace 1 vez a la semana. La semana siguiente se ven causas de no cumplimiento, porcentajes alcanzados y % de PAC semanal. En esa reunión se ve cómo solucionar las CNC y se establecen porcentajes para las nuevas actividades de la semana. Junto con esto se debe de ir actualizando el plan intermedio igualmente.</p>

EMPRESA	BUENA PRACTICA
Ing. John Rojas Quesada	En general, en cada empresa, se hace de cierta manera una revisión de las metodologías y se “tropocalizan” a según los intereses, pero a manera general se maneja Last Planner de la siguiente manera: Programa general que sale de la licitación y se mantiene las fechas a menos de las ordenes de cambio, luego existe un programa intermedio que generalmente es de 6-4 semanas dependiendo de la naturaleza del proyecto y del plazo del mismo, una vez obtenido esto se usa el programa semanal, el cual varía en semanal o bisemanal, dependiendo de si se trabaja o no en la GAM, y una vez se tiene el programa semanal revisado con los maestros de obras, se presenta en una reunión de contratistas. Se puede presentar de manera gráfica o Gantt de seguimiento, en esa misma reunión se acuerdan los % de avance obtenidos y se revisan las CNC y PAC de las semanas anteriores. Además, se integran las disciplinas del proyecto revisando y posibles interferencias.

## Recursos necesarios para implementar Lean

En el Cuadro 11 se detallan los recursos materiales y humanos requeridos para la implementación exitosa del sistema Last Planner en un proyecto de construcción. Estos recursos se fundamentan en la evaluación de documentos de referencia y las necesidades específicas para llevar a cabo las actividades delineadas en el Cuadro 9.

<b>CUADRO 11. RECURSOS NECESARIOS PARA LA APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION</b>	
<b>RECURSO MATERIAL</b>	<b>RECURSO HUMANO</b>
SOFTWARE O TABLAS PARA PLANIFICACIÓN	COORDINADOR DE LPS
CUARTO O SALA DE REUNIONES	EQUIPOS DE TRABAJO DISPUESTOS A COLABORAR
PIZARRA PARA ANOTACIONES Y MARCADORES	INGENIERO A CARGO DEL PROYECTO
DOCUMENTACIÓN DEL AVANCE DEL PROYECTO	PLANIFICADOR

Nota: Generado a partir de documentos de consulta y necesidades para ejecutar el proceso de implementación.



**Figura 22.** Plantilla Plan Intermedio (planificación a mediano plazo).

NOMBRE DEL PROYECTO		ANÁLISIS DE RESTRICCIONES										CONDICIÓN	FECHA DE INICIO
		DISEÑO	SUBMITTALS	PREDECESORA	MATERIALES / EQUIPO	SUBCONTRITO	CLIENTE	CURSOS	MANO DE OBRA	OTRO			
ACTIVIDAD													
	1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
	2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
	3	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
	4	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
	5	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
	6	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	

## Análisis de restricciones

Se explica que en esta sección el objetivo principal es identificar aquellas tareas que tienen algún tipo de restricción y no hay posibilidad de ejecutarlas hasta que sean liberadas, se detalla que la herramienta asignará las tareas con restricciones de manera automática a esta plantilla y que el trabajo del encargado será designar una descripción de la restricción y asignar un encargado de liberar la actividad, así como verificar la fecha límite para la liberación. A continuación, se presenta la plantilla del análisis de restricciones.

**Figura 23.** Plantilla Análisis de Restricciones.

REVISIÓN		NOMBRE DEL PROYECTO				
SEMANA	1	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	ENCARGADO	FECHA MAX DE LIBERACIÓN	ESTADO
FECHA						
	1	ITE			#####	
	2	ITE			#####	
	3	ITE			#####	
	4	ITE			#####	
	5	ITE			#####	
	6	ITE			#####	
	7	ITE			#####	

## Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)

Se da una explicación de cuáles son las actividades que pertenecen al Inventario de Trabajo Ejecutable y que a partir de esta plantilla se inicia con la fase del “SE PUEDE” ya que las actividades que se encuentran en esta sección no presentan ninguna restricción. Se explica el funcionamiento de la plantilla y como utilizarla correctamente. A continuación, en la figura 24 se presenta la plantilla del Inventario de Trabajo Ejecutable.

**Figura 24.** Plantilla Inventario de Trabajo Ejecutable.

REVISIÓN		NOMBRE DEL PROYECTO				
SEMANA	1	ACTIVIDAD	FECHA DE INICIO	ENCARGADO	A EJECUTAR	EJECUTADAS
FECHA						
	1	0	0/1/1900			
	2	0	0/1/1900			
	3	0	0/1/1900			
	4	0	0/1/1900			

## Plan semanal

Se realiza una explicación de cuáles son las actividades que pueden ser consideradas para la planificación semanal y que en esta sección se vuelve a realizar un cambio de fase al “SE HARÁ” ya que son las actividades que se ejecutarán durante la semana de trabajo. Se realiza la explicación de la plantilla y como debe gestionarse para su correcto funcionamiento y obtener resultados reales y congruentes con lo sucedido en campo durante la semana. A continuación, en la figura 25 se presenta la plantilla del Plan Semanal.

Figura 25. Plantilla Plan Semanal.

NOMBRE DEL PROYECTO																								
Fecha de revisión	SEMANA DEL __ AL __							% DE AVANCE		CANTIDAD DE TAREAS		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO						PAC	GRÁFICO CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO					
ACTIVIDAD	L	K	M	J	V	S	D	TEÓRICO	REAL	PLANIFICADAS	COMPLETADAS	PREDECESORAS	MATERIALES Y EQUIPO	TRANSPORTE	CLIMA	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	CAMBIOS DE DISEÑO	CAMBIO EN EL ALCANCE	SUBCONTRATISTA	OTRA	#¡DIV/0!	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PREDECESORAS</li> <li>• MATERIALES Y EQUIPO</li> <li>• TRANSPORTE</li> <li>• CLIMA</li> <li>• MANO DE OBRA</li> <li>• RENDIMIENTO</li> <li>• CAMBIOS DE DISEÑO</li> <li>• CAMBIO EN EL ALCANCE</li> <li>• SUBCONTRATISTA</li> <li>• OTRA</li> </ul>	
										0,00	0,00													
								0%	0%	0,00	0,00													
								0%	0%	0,00	0,00													
								0%	0%	0,00	0,00													
								0%	0%	0,00	0,00													

Se puede observar que no hay ningún gráfico ni un PAC asignado en la figura 25, esto se debe a que la plantilla los genera de manera automática conforme el coordinador o encargado ingrese los datos, por lo que como no hay datos ingresados en la plantilla, no se pueden observar estos resultados. Como indicadores principales de la metodología Last Planner System están el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) y las Causas de No Cumplimiento (CNC), los cuales están directamente ligados a los resultados obtenidos de la Planificación Semanal, y estos se logran visualizar desde la plantilla del Plan Semanal, por lo que en esta sección se explica su función y como utilizar la plantilla para obtener los resultados de manera correcta. A continuación, se detallan más a fondo cada uno de estos indicadores.

## Porcentaje de Actividades Completadas

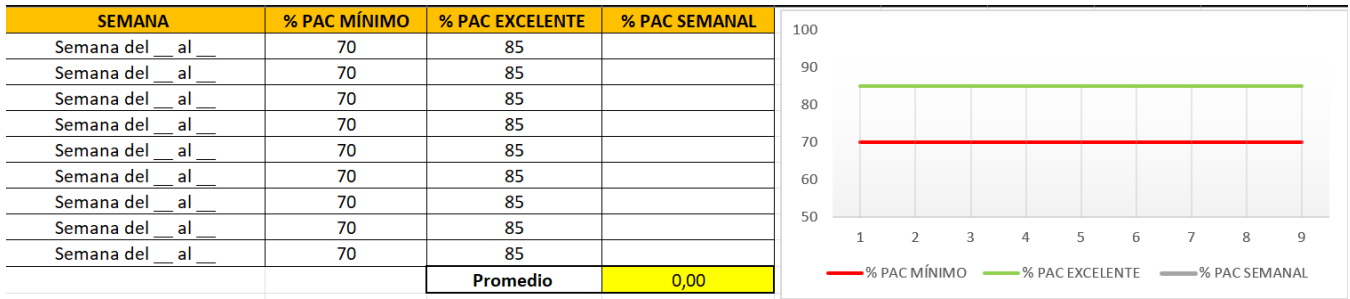
En esta sección se detalla la función que cumple este resultado y como se deben de ingresar los datos a la plantilla para obtener los resultados de manera correcta, el resultado del PAC obtenido durante la semana se verá reflejado en la misma plantilla que corresponde al Plan Semanal. Para un que un PAC se considere bueno este debe estar entre un 70% y un 80%. El resultado lo genera la plantilla de manera automática, según la cantidad de tareas Planificadas versus tareas Completadas, las cuales a su vez se obtienen de los porcentajes de Avance Teórico versus Avance Real semanal. A continuación, se muestra un ejemplo.

Figura 26. Porcentaje de Actividades Completadas según porcentajes de avance y tareas completadas del Plan Semanal.

% DE AVANCE		CANTIDAD DE TAREAS		PAC
TEÓRICO	REAL	PLANIFICADAS	COMPLETADAS	
		5,00	4,00	80%
100%	90%	1,00	0,00	
90%	90%	1,00	1,00	
100%	100%	1,00	1,00	
80%	90%	1,00	1,00	
20%	25%	1,00	1,00	

Adicional a este Porcentaje de Actividades Completadas semanal, se puede generar un gráfico de seguimiento a lo largo de todo el proyecto utilizando la plantilla que se muestra a continuación.

**Figura 27.** Porcentaje de Actividades Completadas Acumuladas.

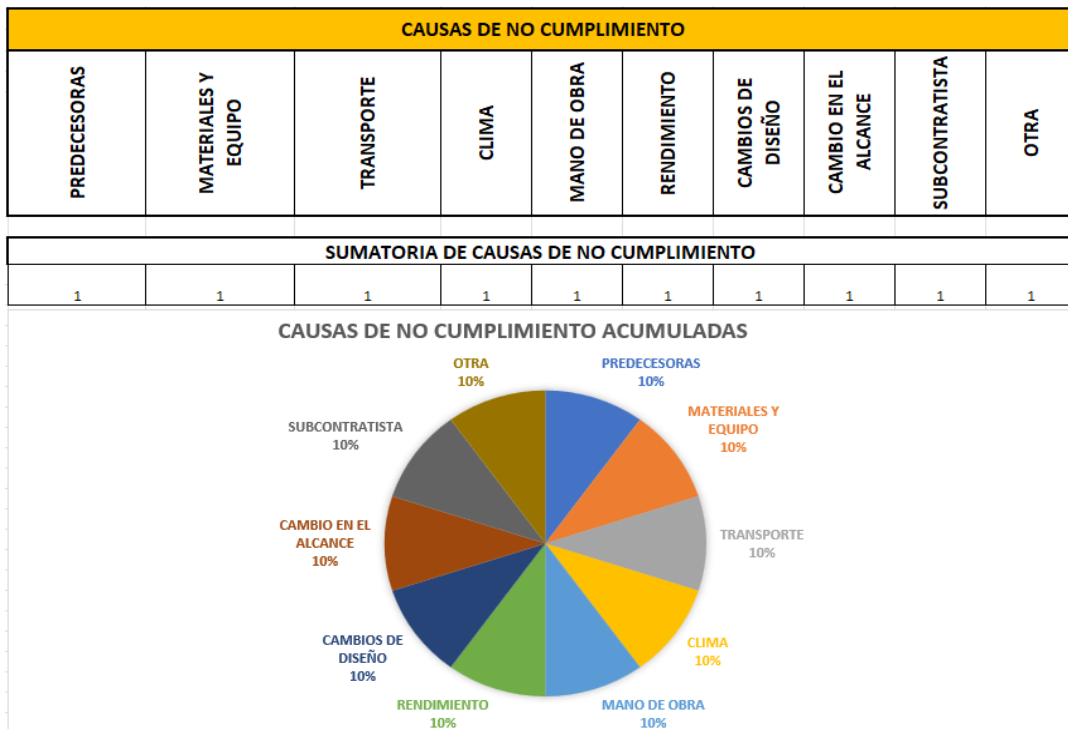


Para utilizar esta plantilla solo se deben ingresar los Porcentajes de Actividades Completadas semanal y automáticamente la plantilla generará un gráfico de seguimiento en el cual la línea gris deberá estar entre las líneas Roja y Verde para considerarse un Porcentajes de Actividades Completadas Acumulado bueno o sobre la línea verde para considerarse un Porcentajes de Actividades Completadas Acumulado excelente.

## Causas de No Cumplimiento

En esta sección se explica cómo funciona la Plantilla del Plan Semanal y que esta realiza un gráfico de manera automática para facilitar el análisis de los datos obtenidos, este gráfico se genera según los datos que sean insertados en la Tabla de Causas de No Cumplimiento, por lo que se realiza una explicación de como insertar los datos y como utilizar de manera correcta la Tabla de Causas de No Cumplimiento que se encuentra dentro de la Plantilla del Plan Semanal (ver figura 25). Además, es posible generar un gráfico de Causas de No Cumplimiento Acumuladas de todo el proyecto, esto simplemente utilizando la herramienta de Causas de No Cumplimiento Acumuladas e insertando los datos obtenidos de los gráficos semanales. A continuación, se muestra el gráfico de Causas de No Cumplimiento Acumuladas.

**Figura 28.** Casusas de No Cumplimiento Acumuladas.



## Ejemplos de aplicación de las plantillas

Se realiza una ilustración con figuras con el fin de demostrar la utilización de las plantillas de la herramienta, para ello se utilizaron las plantillas del Plan Piloto desarrollado en el proyecto “Bodega Z Bridgestone”. Este apartado abarca desde el Plan Maestro, hasta el Plan Semanal, incluyendo el Porcentaje de Actividades Completadas y las Causas de No Cumplimiento a demás, de un análisis de cada plantilla.

## Aplicación del proceso de implementación de Last Planner System

A continuación, se presenta una muestra de los resultados que se obtuvieron durante el desarrollo del tercer objetivo específico de este trabajo final de graduación, el cual corresponde al proceso de implementación y la creación de las herramientas para el control del avance de los procesos constructivos del proyecto “Bodega Z Bridgestone” y una pequeña descripción para la mejor comprensión de estos. En la sección de apéndices, específicamente en el apéndice 1 se puede encontrar la guía de utilización de las tablas y en el apéndice 2 se encuentran todos los resultados obtenidos durante la aplicación de la metodología Last Planner System en el proyecto “Bodega Z Bridgestone”.

### Plan Maestro

En las figuras de la 29 a la 36 se muestra el plan maestro del proyecto “Bodega Z Bridgestone”, el cual fue proporcionado por la gerencia de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. a través de un documento de Microsoft Project®, el cual se trasladó a Microsoft Excel® que fue la herramienta seleccionada para desarrollar la Filosofía Lean Construction en la empresa. El cronograma lo elaboró el ingeniero Jorge Sánchez y la ingeniera Katherine Chaves, encargada del proyecto, se utilizó la versión más actualizada del cronograma para así evitar incongruencias y complicaciones posteriores en las programaciones que se realizarían después.

En las figuras que se muestran a continuación referentes al Plan Maestro, se puede apreciar las tareas a realizar durante las 9 semanas en las que se aplicará la herramienta, además se aprecia como la primera columna abarca 2 semanas de trabajo, del 18 de septiembre y hasta el 01 de octubre. Esto se realizó de esta manera, ya que los trabajos que se realizaron durante esas 2 semanas fueron trabajos extraordinarios debido a un atraso con la firma del contrato, por este hecho, la gerencia tomó la decisión bajo la autorización del cliente, de enviar materiales y trabajadores al sitio para adelantar la conformación de las armaduras mientras salían las firmas y se podía dar inicio de manera oficial con el proyecto.



Figura 29. Plan Maestro Bodega Z Bridgestone.

NOMBRE DEL PROYECTO													
Bodega Z Bridgestone			3 semanas				3 semanas			3 semanas			
ACTIVIDAD		18/9 AL 1/10	2/10 AL 8/10	9/10 AL 15/10	16/10 AL 22/10	23/10 AL 29/10	30/10 AL 5/11	6/11 AL 12/11	13/11 AL 19/11	20/11 AL 26/11	27/11 AL 3/12		
<b>PRELIMINARES</b>													
Ingreso de material													
Confección de bodegas para materiales secos en bodega Z													
Ajustar niveletas													
<b>REUBICACIÓN DE MALLA EXISTENTE</b>													
Apertura de zona actual de ubicación de malla													
Colocación de varillas y soldadura exotérmica													
Colocación de cajas de registro													
<b>RELLENO + PRUEBAS</b>													
Pruebas de compactación de lo existente													
Relleno de 20cm													
Pruebas de compactación													
Relleno de 20cm													
Pruebas de compactación													
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>													
Excavación de cimientos de placas aisladas y sello													
Excavación de placas corridas y sello													
Excavación y sello del area del muro de retención Etapa 1													
Excavación y sello del area del muro de retención Etapa 2													
Excavación y sello del area del muro de retención Etapa 3													

La figura anterior hace referencia a los procesos que se ejecutarán a lo largo de las primeras 10 semanas del proyecto, según lo planificado. Entre ellos se encuentran las obras preliminares, reubicación de malla, rellenos con sus respectivas pruebas de compactación y movimientos de tierras.

Figura 30. Plan Maestro Bodega Z Bridgestone.

NOMBRE DEL PROYECTO										
Bodega Z Bridgestone										
ACTIVIDAD	3 semanas			3 semanas			3 semanas			
	18/9 AL 1/10	2/10 AL 8/10	9/10 AL 15/10	16/10 AL 22/10	23/10 AL 29/10	30/10 AL 5/11	6/11 AL 12/11	13/11 AL 19/11	20/11 AL 26/11	27/11 AL 3/12
CIMIENTO DE BODEGAS										
ETAPA 1: Taller de sanblasting + soldadura										
Cimientos P13										
Armadura P13										
Colocación y Chorrea de cimentación P13										
Pedestales P13										
Cimientos P12										
Armadura P12										
Colocación y Chorrea de cimentación P12										
Pedestales P12										
Placa corrida PC1										
Armadura PC1										
Colocación y Chorrea de cimentación PC1										
Placa corrida PC2										
Armadura PC2										
Colocación y Chorrea de cimentación PC2										
ETAPA 2: Taller de facilidades + Ingeniería										
Cimientos P6										
Armadura P6										
Colocación y Chorrea de cimentación P6										
Pedestales P6										
Cimientos P7										
Armadura P7										
Colocación y Chorrea de cimentación P7										

La figura anterior muestra las actividades referentes a los cimientos, como se puede apreciar la conformación de todas las armaduras se encuentran en la semana inicial, mientras que la colocación y chorrea se encuentra distribuidas entre la cuarta y octava semana.

Figura 31. Plan Maestro Bodega Z Bridgestone.

NOMBRE DEL PROYECTO										
Bodega Z Bridgestone										
ACTIVIDAD	3 semanas				3 semanas			3 semanas		
	18/9 AL 1/10	2/10 AL 8/10	9/10 AL 15/10	16/10 AL 22/10	23/10 AL 29/10	30/10 AL 5/11	6/11 AL 12/11	13/11 AL 19/11	20/11 AL 26/11	27/11 AL 3/12
Pedestales P7										
Cimientos P8										
Armadura P8										
Colocación y Chorrea de cimentación P8										
Pedestales P8										
ETAPA 3: Area de RACKCS										
Cimientos P7										
Armadura 3P7										
Colocación y Chorrea de cimentación 3P7										
Pedestales P7										
Cimientos P8										
Armadura 3P8										
Colocación y Chorrea de cimentación 3P8										
Pedestales P7										
Cimientos P12										
Armadura 3P12										
Colocación y Chorrea de cimentación 3P12										
Pedestales P12										

En la figura 31 se puede apreciar la continuación de los cimientos de las diferentes áreas de la bodega, en la cual la conformación de las armaduras se encuentra asignada a la primera y segunda semana mientras la colocación, chorrea y pedestales están distribuidas entre las semanas 8 y 10.

Figura 32. Plan Maestro Bodega Z Bridgestone.

NOMBRE DEL PROYECTO											
Bodega Z Bridgestone											
ACTIVIDAD	3 semanas				3 semanas			3 semanas			
	18/9 AL 1/10	2/10 AL 8/10	9/10 AL 15/10	16/10 AL 22/10	23/10 AL 29/10	30/10 AL 5/11	6/11 AL 12/11	13/11 AL 19/11	20/11 AL 26/11	27/11 AL 3/12	
MURO DE RETENCIÓN											
ETAPA 1: Taller de sanblasting + soldadura											
Cimentaciones de Muros											
Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 1											
Colocación y Colado Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 1											
Colocación bloques de muro Etapa 1											
Columnas y Vigas muros retención											
Vigas VC-8 Etapa 1											
Columnas Etapa 1											
ETAPA 2: Taller de facilidades + Ingeniería											
Cimentaciones de Muro eje 11											
Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 2											
Colocación y Colado Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 2											
Colocación bloques de muro Etapa 2											
Columnas y Vigas muros retención											
Vigas VC-8 Etapa 2											
Columnas Etapa 2											
ETAPA 3: Area de RACKCS											
Cimentaciones de Muros											
Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 3											
Colocación y Colado Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 3											
Colocación bloques de muro Etapa 3											

En la figura 32, se observa la distribución de las actividades y las diferentes etapas del muro de contención, se puede apreciar cómo está planeado que la conformación de la armadura de la placa se realice durante la semana 1 y 2 tanto para la etapa 1 como para la etapa 2. Por otro lado, el resto de la conformación del muro y los demás elementos se encuentran distribuidos entre la semana 6 y la semana 10.

Figura 33. Plan Maestro Bodega Z Bridgestone.

NOMBRE DEL PROYECTO		3 semanas			3 semanas			3 semanas			
Bodega Z Bridgestone		18/9 AL 1/10	2/10 AL 8/10	9/10 AL 15/10	16/10 AL 22/10	23/10 AL 29/10	30/10 AL 5/11	6/11 AL 12/11	13/11 AL 19/11	20/11 AL 26/11	27/11 AL 3/12
ACTIVIDAD											
Columnas y Vigas muros retención											
Vigas VC-8 Etapa 3											
Columnas Etapa 3											
ESTRUCTURA METÁLICA											
ETAPA 1: Taller de sanblasting + soldadura											
Placas de asientos											
Columnas											
Vigas											
Largueros de Techos											
Largueros de Pared											
ETAPA 2: Taller de facilidades + Ingeniería											
Placas de asientos											
Columnas											
Vigas											
Largueros de Techos											
Largueros de Pared											
ETAPA 3: Area de RACKCS											
Placas de asientos											
Columnas											
Vigas											
Largueros de Techos											
Largueros de Pared											

En la figura anterior, se puede apreciar la planificación para la colocación de los diferentes elementos de la estructura metálica en las diferentes etapas constructivas de la bodega. La estructura metálica está a cargo de un subcontrato, por lo que no será analizada a profundidad como aquellos otros procesos que sí sean desarrollados directamente por los trabajadores de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A.

Figura 34. Plan Maestro Bodega Z Bridgestone.

NOMBRE DEL PROYECTO											
Bodega Z Bridgestone											
ACTIVIDAD	3 semanas				3 semanas			3 semanas			
	18/9 AL 1/10	2/10 AL 8/10	9/10 AL 15/10	16/10 AL 22/10	23/10 AL 29/10	30/10 AL 5/11	6/11 AL 12/11	13/11 AL 19/11	20/11 AL 26/11	27/11 AL 3/12	
<b>PAREDES DE MAMPOSTERÍA - ETAPA 1</b>											
Columnas y Vigas											
Armadura											
Colocación y Chorrea de cimentación											
Muros de mampostería bodegas											
Acabados en paredes de mampostería											
Repello fino y grueso											
Acabado con sellador + pintura											
<b>CUBIERTA DE TECHO</b>											
ETAPA 1: Taller de sanblasting + soldadura											
Lamina de Techo rectangular											
Lamina Danpalon											
Hojalatería en techos											

En la figura 34 se pueden apreciar las actividades correspondientes a los procesos de las paredes de mampostería, acabados y cubierta de techos. La conformación de la armadura se planea realizar en la cuarta semana, mientras que la colocación de las armaduras y las coladas de los elementos del muro se planean realizar durante la semana 6 y 7. Por otra parte, los acabados están planeados para la semana 7, 8 y 9, y en cuanto a la cubierta de techos, esta también está asignada con un subcontrato, por lo que al igual que la estructura metálica no será analizada.

Figura 35. Plan Maestro Bodega Z Bridgestone.

NOMBRE DEL PROYECTO	3 semanas			3 semanas			3 semanas			
Bodega Z Bridgestone	18/9 AL 1/10	2/10 AL 8/10	9/10 AL 15/10	16/10 AL 22/10	23/10 AL 29/10	30/10 AL 5/11	6/11 AL 12/11	13/11 AL 19/11	20/11 AL 26/11	27/11 AL 3/12
ACTIVIDAD										
LOSAS DE CONCRETO										
ETAPA 1: Taller de sanblasting + soldadura										
Colocación de malla Bodega 1										
Colocación de concreto Bodega 1										
Pruebas de concreto Bodega 1										
ETAPA 2: Taller de facilidades + Ingeniería										
Colocación de malla Bodega 2										
Colocación de concreto Bodega 2										
Pruebas de concreto Bodega 2										
ETAPA 3: Area de RACKCS										
Colocación de malla Bodega 3										
Colocación de concreto Bodega 3										
Pruebas de concreto Bodega 3										
CERRAMIENTO METÁLICO DE PAREDES										
ETAPA 1: Taller de sanblasting + soldadura										
Forro Metalico de Paredes										
ETAPA 2: Taller de facilidades + Ingeniería										
Forro Metalico de Paredes										
ETAPA 3: Area de RACKCS										
Forro Metalico de Paredes										
ENTREGABLES DE BODEGA										
DEMOLICIÓN DE ACCESO EN NAVE EXISTENTE										
Desmontaje de laminas estructurales										
Corte de estructura metalica										

En la figura anterior, se pueden apreciar las actividades correspondientes al proceso constructivo de las losas de concreto de las diferentes etapas del proyecto, para la etapa 1 las actividades están establecidas para realizarse en las semanas 8 y 9, mientras que las etapas 2 y 3 solamente las actividades de colocación de la malla están establecidas para las semanas 9 y 10. Se muestra que para las semanas 8 y 9 también se encuentran asignadas los cerramientos de la etapa 1 y la demolición de acceso a la nave existente.

Figura 36. Plan Maestro Bodega Z Bridgestone.

NOMBRE DEL PROYECTO	3 semanas			3 semanas			3 semanas			
Bodega Z Bridgestone										
ACTIVIDAD	18/9 AL 1/10	2/10 AL 8/10	9/10 AL 15/10	16/10 AL 22/10	23/10 AL 29/10	30/10 AL 5/11	6/11 AL 12/11	13/11 AL 19/11	20/11 AL 26/11	27/11 AL 3/12
<b>TUBERIA MECANICA: POTABLE + SANITARIO</b>										
Instalacion de sistema potable										
Instalacion de sistema sanitario										
Intalacion de 2 lavajos										
Instalacion de 2 pilas fregadero										
<b>SISTEMA PLUVIAL + DRENAJES</b>										
Cajas de registro pluvial										
Instalacion de drenaje muro de retención										
Instalacion de sistema pluvial en techos										
Instalacion de drenaje zonas de parqueos										
<b>PAVIMENTO DRENANTE</b>										
Viga de confinamiento										
Colocacion de sub-base, base, cama de piedra										
Colocación de Geotextil + Adoquin										
<b>PORTONES METALICOS</b>										
Portón #1										
Portón #2										
Portón #3										
Portón #4										
Portón #5										
Portón #6										
Intalación de puerta anti-ruido										

Finalmente, en la figura 36 se muestran las semanas establecidas para la instalación del sistema potable y cajas de registro pluviales, además de los portones metálicos los cuales están asignados para las semanas 9 y 10.

## Plan intermedio – look ahead

Como se mencionó anteriormente en el marco teórico, el plan intermedio – look ahead se obtiene directamente de las actividades del plan maestro, dividiéndolas en segmentos o plazos de análisis de cuatro a seis semanas hacia adelante, en esta sección se establecen las actividades que se deben hacer. Para este proyecto, en conjunto con los encargados se decidió utilizar un plazo de 3 semanas entre cada uno de los planes intermedios programados, además, de no incluir a los subcontratistas en la aplicación de la filosofía Lean Construction, sí se toman en cuenta los procesos en los que están involucrados los subcontratistas por un tema de orden y control de los plazos de entrega, pero estos no fueron parte de las reuniones ni se les asignaron responsabilidades extras. Esto se decidió de esta manera para centrar los planes intermedios en las actividades realizadas por la cuadrilla de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. pero el ingeniero residente sí mantenía un control detallado con cronograma de las fechas y tiempos de entrega de cada subcontrato.



Ya que se tienen seleccionadas las actividades del plan intermedio, se realiza un análisis individual de cada actividad para identificar si tiene alguna restricción de las que se contemplan en el cuadro de restricciones o no. De no presentar ninguna restricción la actividad en la columna de “CONDICIÓN” se clasifica como “SIN RESTRICCIÓN”, de lo contrario se clasifica como “RESTRINGIDA”.

Las restricciones se analizaron con el personal de SCH para incluir en el plan intermedio las principales y generar un espacio para otras posibles restricciones que no se muestran en el cuadro. A continuación, en la figura 29, se muestra la hoja de plan intermedio desarrollada.

Figura 37. Plan intermedio primeras 3 semanas.

BRIDGESTONE	ANÁLISIS DE RESTRICCIONES										CONDICIÓN	FECHA DE INICIO
	DISEÑO	SUBMITTALS	PREDECESORA	MATERIALES / EQUIPO	SUBCONTRTO	CLIENTE	CURSOS	MANO DE OBRA	OTRO			
ACTIVIDAD												
Ingreso de material	1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	28/9/2023
Confección de bodegas para materiales secos en bodega Z	2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	28/9/2023
Ajustar niveletas	3	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	2/10/2023
Apertura de zona actual de ubicación de malla	4	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	6/10/2023
Colocación de varillas y soldadura exotérmica	5	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	7/10/2023
Colocación de cajas de registro	6	OK	OK	X	X	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	11/10/2023
Pruebas de compactación de lo existente	7	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	5/10/2023
Relleno de 20cm	8	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	6/10/2023
Pruebas de compactación	9	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	13/10/2023
Relleno de 20cm	10	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	14/10/2023
Pruebas de compactación	11	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	20/10/2023
Excavación de cimientos de placas aisladas	12	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	14/10/2023
Excavación de placas corridas	13	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	14/10/2023
Excavación del área del muro de retención Etapa 1	14	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	28/10/2023
Armadura P13	15	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	5/10/2023
Armadura P12	16	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	6/10/2023
Armadura PC1	17	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	7/10/2023
Colocación y Chorrea de cimentación PC1	18	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	20/10/2023
Armadura PC2	19	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	7/10/2023
Colocación y Chorrea de cimentación PC2	20	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	20/10/2023
Armadura P6	21	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	6/10/2023
Armadura P7	22	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	10/10/2023
Armadura P8	23	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	13/10/2023
Armadura 3P7	24	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	6/10/2023
Armadura 3P8	25	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	10/10/2023
Armadura 3P12	26	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	13/10/2023
Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 1	27	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	9/10/2023
Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 2	28	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	17/10/2023
Cimentaciones de Muro EJE 11	28	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	2/10/2023

En figura 37 se establecen las actividades presentes en el plan intermedio de las primeras 3 semanas de trabajo, en ella se puede apreciar cuales actividades están sin restricciones y pasarán directamente al inventario de trabajo ejecutable (ITE) y cuáles presentan algún tipo de restricción que deberá ser analizado en la hoja correspondiente al análisis de restricciones.

## Análisis de restricciones

Las actividades que se clasifican como restringidas en el Plan intermedio, pasan a la tabla de análisis de restricciones en la cual se realiza una descripción de la restricción que está afectando la actividad y se establece un encardado y fecha máxima para eliminar dicha restricción. Esta revisión se realiza de manera diaria para así reconocer el estado de cada actividad y verificar la posibilidad de incluirla en el inventario de trabajo ejecutable como una actividad “libre”. A continuación, en la figura 38 se muestra la tabla hoja de análisis de restricciones.

**Figura 38.** Resultados revisión restricciones semana 1.

REVISIÓN		BRIDGESTONE BODEGA Z				
SEMANA	1					
FECHA	4/10/2023	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	ENCARGADO	FECHA MAX DE LIBERACIÓN	ESTADO
	3	Ajustar niveletas	RELLENOS	ING	1/10/2023	LIBRE
	5	Colocación de varillas y soldadura exotérmica	PREDECESORA	MO	6/10/2023	PROCESO
	6	Colocación de cajas de registro	COMPRA DE MATERIALES Y PREDECESORA	ING / MO	10/10/2023	PROCESO
	8	Relleno de 20cm	PRUEBAS DE COMP	ING / LAB	5/10/2023	LIBRE
	9	Pruebas de compactación	RELLENO 1	ING / SUBCONT	12/10/2023	LIBRE
	10	Relleno de 20cm	PRUEBAS DE COMP	ING / LAB	13/10/2023	LIBRE
	11	Pruebas de compactación	RELLENO 2	ING / SUBCONT	19/10/2023	LIBRE
	18	Colocación y Chorrea de cimentación PC1	EXCAVACIÓN / ARMADURA	ING / MO	19/10/2023	PROCESO
	20	Colocación y Chorrea de cimentación PC2	EXCAVACIÓN / ARMADURA	ING / MO	19/10/2023	PROCESO

En la figura 38 se pueden apreciar las actividades procedentes del plan intermedio que fueron marcadas con algún tipo de restricción, esto con el fin de realizar el análisis y la descripción de dicha restricción, asignar un encargado de liberarla y por supuesto una fecha límite para hacerlo. En la última columna con la descripción “Estado” se puede apreciar como algunas de las actividades se encuentran en un estado “Libre” lo que significa que ya han sido liberadas la o las restricciones que tenía, y aquellas presentando un estado de “Proceso” es porque aún no se ha logrado liberar la restricción de dicha actividad.

## Inventario de trabajo ejecutable (ITE)

El inventario de trabajo está constituido por las actividades del plan intermedio que no presentan ninguna restricción y las actividades que se encuentran en estado “libre” en la hoja de análisis de restricciones. En estas actividades se encuentran las que se pueden hacer. A continuación, en la figura 39 se muestra la hoja correspondiente al ITE, se establece una fecha de inicio para la actividad, un encargado y se marca con una equis las actividades que se trasladaran al plan semanal para ser ejecutadas. Se marca en verde la actividad que fue ejecutada de manera exitosa.

Figura 39. Resultados revisión del inventario de trabajo ejecutable semana 1.

REVISIÓN		BRIDGESTONE BODEGA Z				
SEMANA	1	ACTIVIDAD	FECHA DE INICIO	ENCARGADO	A EJECUTAR	EJECUTADAS
FECHA	4/10/2023					
1		Ingreso de material	28/9/2023	ING	X	
2		Confección de bodegas para materiales secos en bodega Z	28/9/2023	MO	X	X
3		Ajustar niveletas	2/10/2023	MO	X	X
4		Apertura de zona actual de ubicación de malla	6/10/2023	MO	X	X
5		#N/D	#N/D			
6		#N/D	#N/D			
7		Pruebas de compactación de lo existente	5/10/2023	ING / LAB	X	X
8		Relleno de 20cm	6/10/2023	ING / LAB	X	X
9		Pruebas de compactación	13/10/2023	ING / SUBCONT	X	X
10		Relleno de 20cm	14/10/2023	ING / LAB	X	X
11		Pruebas de compactación	20/10/2023	ING / SUBCONT	X	X
12		Excavación de cimientos de placas aisladas	14/10/2023			
13		Excavación de placas corridas	14/10/2023			
14		Excavación del area del muro de retención Etapa 1	28/10/2023			
17		Armadura PC1	7/10/2023	MO	X	X
18		#N/D	#N/D			
19		Armadura PC2	7/10/2023	MO	X	X
20		#N/D	#N/D			
27		Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 1	9/10/2023			
28		Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 2	17/10/2023			
29		Cimentaciones de Muro EJE 11	2/10/2023	MO	X	

En la figura anterior se pueden apreciar las actividades pertenecientes al inventario ejecutable de trabajo durante la semana 1, se muestran las actividades a ejecutar para la primera semana de trabajo, marcándolas con una equis en la columna denominada “A EJECUTAR” además, se asigna un encargado a cada actividad y aquellas actividades que se completan exitosamente se marcan con una equis y en color verde. El resto de las actividades y las que no fueron completadas, serán asignadas en los próximos planes semanales.

## Plan semanal

El plan semanal se desarrolla antes de iniciar la semana laboral, las actividades que se contemplan en este plan son seleccionadas desde el inventario de trabajo ejecutable por los encargados del proyecto y serán asignadas las fechas de inicio y fin de cada actividad en un cronograma semana. El escenario ideal es que este se apege al plan maestro; sin embargo, si se presenta un adelanto o retraso de la actividad las fechas podrán ser modificadas a conveniencia, siempre y cuando se establezcan los porcentajes de avance teóricos para cada actividad por semana. El plan semanal es comunicado a los trabajadores en la reunión semanal, en la cual se repasan las actividades a realizar, los encargados de realizarla y el porcentaje de avance que se quiere alcanzar.

Al finalizar la semana y tras la inspección del encargado se obtienen los resultados de avances reales, los cuales son utilizados para determinar la cantidad de actividades completadas y calcular así el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC), el cual se clasifica como excelente si es mayor a un 85%, bueno si se encuentra entre 70% y 85% y malo si está por debajo del 70%. El plan semanal también contiene un espacio para clasificar las Causas de No Cumplimiento de las actividades que no alcancen el porcentaje de avance teórico, se digita una "X" cada una de las causas de no cumplimiento de la actividad, se genera un gráfico de pastel para el posterior análisis de las causas de cumplimiento. A continuación, se presentan los planes semanales en las figuras de la 40 a la 48.

Figura 40. Plan semanal, semana 0.1.

NOMBRE DEL PROYECTO		SEMANA DEL 18/9 AL 24/9							% DE AVANCE		CANTIDAD DE TAREAS		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO								PAC		
Fecha de revisión		L 18/9	K 19/9	M 20/9	J 21/9	V 22/9	S 23/9	D 24/9	TEÓRICO	REAL	PLANIFICADAS	COMPLETADAS	PREDECESORAS	MATERIALES Y EQUIPO	TRANSPORTE	CLIMA	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	CAMBIOS DE DISEÑO	CAMBIO EN EL ALCANCE	SUBCONTRATISTA	OTRA	
ACTIVIDAD											5,00	4,00											80%
Armadura P13									100%	100%	1,00	1,00											
Armadura P12									100%	100%	1,00	1,00											
Armadura P6									100%	100%	1,00	1,00		X									
Armadura P7									100%	100%	1,00	1,00											
Armadura P8									100%	90%	1,00	0,00				X							

Las actividades presentes en este plan semanal corresponden a la conformación de armadura que se realizó antes de dar inicio de manera oficial con el proyecto, se puede apreciar como la conformación de la armadura P6 marca como causa de no cumplimiento los materiales y equipo, sin embargo, revisando los porcentajes de avance ambos corresponden a un 100%, lo que significa que hubo un retraso en la actividad, pero no afectó en completarla. Con respecto a la armadura P8 el porcentaje de avance real no alcanzó el teórico, por lo que la actividad no se completó. Esto genera un buen porcentaje de actividades completadas del 80%.

Figura 41. Plan semanal, semana 0.2.

NOMBRE DEL PROYECTO																						
Fecha de revisión		SEMANA DEL 25/9 AL 1/10							% DE AVANCE		CANTIDAD DE TAREAS		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO								PAC	
ACTIVIDAD	L	K	M	J	V	S	D	TEÓRICO	REAL	PLANIFICADAS	COMPLETADAS	PREDECESORAS	MATERIALES Y EQUIPO	TRANSPORTE	CLIMA	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	CAMBIOS DE DISEÑO	CAMBIO EN EL ALCANCE	SUBCONTRATISTA	OTRA	91%
	25/9	26/9	27/9	28/9	29/9	30/9	1/10															
Ingreso de material								100%	75%	1,00	0,00											
Confección de bodegas para materiales secos en bodega Z								100%	100%	1,00	1,00		X	X								
Apertura de zona actual de ubicación de malla								50%	50%	1,00	1,00											
Armadura P8								100%	100%	1,00	1,00											
Armadura 3P7								100%	100%	1,00	1,00											
Armadura 3P8								100%	100%	1,00	1,00											
Armadura 3P12								100%	100%	1,00	1,00											
Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 1								100%	100%	1,00	1,00											
Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 2								100%	100%	1,00	1,00											
Armadura PC1								50%	50%	1,00	1,00											
Armadura PC2								50%	50%	1,00	1,00											

En la figura 41 se muestran las actividades correspondientes a la segunda semana de trabajo no oficial, las actividades correspondientes siguen siendo la conformación de armadura. El día 28 de septiembre se da la firma del contrato por lo que se puede ingresar material y dar inicio con las obras preliminares. El porcentaje de actividades completadas para esta semana fue del 91%, lo cual es considerado excelente.

Figura 42. Plan semanal, semana 1.

NOMBRE DEL PROYECTO																						
Fecha de revisión		SEMANA DEL 2/10 AL 8/10							% DE AVANCE		CANTIDAD DE TAREAS		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO								PAC	
ACTIVIDAD	L	K	M	J	V	S	D	TEÓRICO	REAL	PLANIFICADAS	COMPLETADAS	PREDECESORAS	MATERIALES Y EQUIPO	TRANSPORTE	CLIMA	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	CAMBIOS DE DISEÑO	CAMBIO EN EL ALCANCE	SUBCONTRATISTA	OTRA	82%
	2/10	3/10	4/10	5/10	6/10	7/10	8/10															
Ingreso de material								100%	80%	1,00	0,00		X	X								
Apertura de zona actual de ubicación de malla								100%	100%	1,00	1,00											
Pruebas de compactación de lo existente								100%	100%	1,00	1,00											
Repleno de 20cm								100%	100%	1,00	1,00											
Cimentaciones de Muro EJE 11								75%	70%	1,00	0,00		X		X							
Pruebas de compactación								100%	100%	1,00	1,00											
Repleno de 20cm								100%	100%	1,00	1,00											
Pruebas de compactación								100%	100%	1,00	1,00											
Ajustar niveles								85%	85%	1,00	1,00											
Armadura PC1								40%	40%	1,00	1,00											
Armadura PC2								50%	50%	1,00	1,00											

En la figura 42 se muestran las actividades de la primera semana de trabajo oficial (tercera semana desde inicio de armaduras), en la cual se evidencia como el ingreso de materiales y la cimentación del muro eje 11 no alcanza el porcentaje de avance teórico, esto generó un porcentaje de actividades completadas para la semana 1 del 82%, el cual se considera como bueno.

Figura 43. Plan semanal, semana 2.

NOMBRE DEL PROYECTO		SEMANA DEL 9/10 AL 15/10							% DE AVANCE		CANTIDAD DE TAREAS		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO								PAC		
Fecha de revisión		L	K	M	J	V	S	D	TEÓRICO	REAL	PLANIFICADAS	COMPLETADAS	PREDECESORAS	MATERIALES Y EQUIPO	TRANSPORTE	CLIMA	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	CAMBIOS DE DISEÑO	CAMBIO EN EL ALCANCE	SUBCONTRATISTA	OTRA	
ACTIVIDAD		9/10	10/10	11/10	12/10	13/10	14/10	15/10			7,00	5,00											71%
Ingreso de material									100%	100%	1,00	1,00		X	X								
Cimentaciones de Muro eje T1									90%	90%	1,00	1,00											
Ajustar niveletas									100%	100%	1,00	1,00											
Excavación y sello del área del muro de retención Etapa 1									100%	100%	1,00	1,00							X				
Excavación de placas corridas y sello									100%	23%	1,00	0,00	X										
Excavación de cimientos de placas aisladas y sello									100%	70%	1,00	0,00	X										
Colocación y Chorroa de cimentación PC2									10%	10%	1,00	1,00											

Para la semana 2 observando la columna de cantidad de tareas se evidencia como hay 7 tareas planificadas y solamente 5 completadas, las actividades que no alcanzaron los porcentajes de avance teóricos fueron la excavación de placas corridas y sello y la excavación de cimientos de placas aisladas y los sellos. Las causas de no cumplimiento se atribuyen a la actividad predecesora la cual corresponde a la excavación de la etapa 1 del muro de retención. Este retraso fue generado por un cambio en el diseño en los muros de retención que evitó poder abrir el resto de las placas que se encontraban más cercanas a la excavación del muro. Se genera un porcentaje de actividades completadas del 71%.

Figura 44. Plan semanal, semana 3.

NOMBRE DEL PROYECTO		SEMANA DEL 16/10 AL 22/10							% DE AVANCE		CANTIDAD DE TAREAS		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO								PAC		
Fecha de revisión		L	K	M	J	V	S	D	TEÓRICO	REAL	PLANIFICADAS	COMPLETADAS	PREDECESORAS	MATERIALES Y EQUIPO	TRANSPORTE	CLIMA	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	CAMBIOS DE DISEÑO	CAMBIO EN EL ALCANCE	SUBCONTRATISTA	OTRA	
ACTIVIDAD		16/10	17/10	18/10	19/10	20/10	21/10	22/10			9,00	8,00											89%
Cimentaciones de Muro eje T1									100%	100%	1,00	1,00											
Excavación de placas corridas y sello									40%	40%	1,00	1,00											
Colocación y Chorroa de cimentación PC2									30%	30%	1,00	1,00											
Colocación Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 1									100%	100%	1,00	1,00											
Colocación y Chorroa de cimentación P12									100%	100%	1,00	1,00											
Colocación y Chorroa de cimentación P13									40%	40%	1,00	1,00											
Colocación y Chorroa de cimentación P11									20%	20%	1,00	1,00											
Excavación y sello del área del muro de retención Etapa 2									80%	65%	1,00	0,00				X							
Colocación bloques de muro Etapa 1									90%	95%	1,00	1,00											

Para la semana 3, por motivos de que no se pueden abrir las placas cercanas al muro de contención, se decide visualizar las actividades que se encuentran más adelante en el cronograma, con el fin de no detener las actividades y poder adelantar otras actividades. Para las actividades de esta semana solamente la excavación y sello de la etapa 2 del muro de retención no pudo alcanzar el porcentaje de avance teórico debido a complicaciones climáticas, alcanzando un porcentaje de actividades completadas del 89%. Además, se evidencia que la cuadrilla realizó trabajos el domingo.

Figura 45. Plan semanal, semana 4.

NOMBRE DEL PROYECTO																						
Fecha de revisión	SEMANA DEL 23/10 AL 29/10							% DE AVANCE		CANTIDAD DE TAREAS		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO								PAC		
ACTIVIDAD	L	K	M	J	V	S	D	TEÓRICO	REAL	PLANIFICADAS	COMPLETADAS	PREDECESORAS	MATERIALES Y EQUIPO	TRANSPORTE	CLIMA	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	CAMBIOS DE DISEÑO	CAMBIO EN EL ALCANCE	SUBCONTRATISTA	OTRA	77%
	23/10	24/10	25/10	26/10	27/10	28/10	29/10															
Muros de mampostería bodegas								25%	25%	1.00	1.00											
Colocación bloques de muro Etapa 1								100%	100%	1.00	1.00											
Columnas Etapa 1								100%	100%	1.00	1.00											
Excavación y sello del área del muro de retención Etapa 2								100%	100%	1.00	1.00											
Colocación Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 2								100%	100%	1.00	1.00											
Excavación de cimientos de placas aisladas y sello								57%	57%	1.00	1.00				X							
Colocación y Chorroa de cimentación P13								40%	40%	1.00	1.00											
Colocación y Chorroa de cimentación P6								28%	28%	1.00	1.00											
Colocación y Chorroa de cimentación P7								20%	20%	1.00	1.00											
Excavación y sello del área del muro de retención Etapa 3								100%	70%	1.00	0.00	X			X							
Colocación Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 3								50%	50%	1.00	1.00											
Pedestales P13								50%	0%	1.00	0.00											
Pedestales P12								100%	0%	1.00	0.00		X	X								

En la figura 45 se muestra el plan semanal de la semana 4, se presenta un porcentaje de actividades completadas del 77%, debido a que, de las 13 actividades planificadas, solamente 10 se lograron completar. Las actividades que no alcanzaron el porcentaje de avance teórico fueron la excavación y sello de la etapa 3 del muro de retención, los pedestales de las placas P12 y P13. Las causas de no cumplimiento fueron falta de materiales, retrasos con las actividades predecesoras y el clima.

Figura 46. Plan semanal, semana 5.

NOMBRE DEL PROYECTO																						
Fecha de revisión	SEMANA DEL 30/10 AL 5/11							% DE AVANCE		CANTIDAD DE TAREAS		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO								PAC		
ACTIVIDAD	L	K	M	J	V	S	D	TEÓRICO	REAL	PLANIFICADAS	COMPLETADAS	PREDECESORAS	MATERIALES Y EQUIPO	TRANSPORTE	CLIMA	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	CAMBIOS DE DISEÑO	CAMBIO EN EL ALCANCE	SUBCONTRATISTA	OTRA	100%
	30/10	31/10	1/11	2/11	3/11	4/11	5/11															
Excavación y sello del área del muro de retención Etapa 3								100%	100%	1.00	1.00											
Colocación y Colado Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 3								100%	100%	1.00	1.00											
Pedestales P13								100%	100%	1.00	1.00											
Pedestales P12								100%	100%	1.00	1.00											
Muros de mampostería bodegas								100%	100%	1.00	1.00											
Colocación bloques de muro Etapa 2								100%	100%	1.00	1.00											
Colocación bloques de muro Etapa 3								100%	100%	1.00	1.00											
Columnas Etapa 2								100%	100%	1.00	1.00											
Columnas Etapa 3								50%	50%	1.00	1.00											
Reellenos								20%	20%	1.00	1.00											
Excavación de cimientos de placas aisladas y sello								65%	65%	1.00	1.00											

Para la semana 5 se logra alcanzar un 100% del porcentaje de actividades completadas, esto quiere decir que todas las actividades alcanzaron los porcentajes de avance teóricos y no se presentó ningún retraso en ninguna actividad. Este hecho es muy bueno para el proyecto; sin embargo, es importante analizar si se logró un 100% de PAC por eficiencia o si fue porque se asignó una carga de trabajo menor a la que la cuadrilla es capaz de ejecutar.

Figura 47. Plan semanal, semana 6.

NOMBRE DEL PROYECTO		SEMANA DEL 6/11 AL 12/11							% DE AVANCE		CANTIDAD DE TAREAS		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO								PAC		
Fecha de revisión		L	K	M	J	V	S	D	TEÓRICO	REAL	PLANIFICADAS	COMPLETADAS	PREDECESORAS	MATERIALES Y EQUIPO	TRANSPORTE	CLIMA	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	CAMBIOS DE DISEÑO	CAMBIO EN EL ALCANCE	SUBCONTRATISTA	OTRA	
ACTIVIDAD		6/11	7/11	8/11	9/11	10/11	11/11	12/11			17.00	15.00											88%
Reellenos									40%	40%	1.00	1.00											
Columnas Etapa 3									100%	100%	1.00	1.00											
Excavación de cimientos de placas aisladas y sello									85%	85%	1.00	1.00											
Excavación de cimientos de placas aisladas y sello									80%	80%	1.00	1.00											
Excavación de cimientos de placas aisladas y sello									100%	100%	1.00	1.00											
Excavación de placas corridas y sello									60%	60%	1.00	1.00											
Colocación y Chorroa de cimentación P6									85%	85%	1.00	1.00											
Colocación y Chorroa de cimentación P7									80%	80%	1.00	1.00											
Colocación y Chorroa de cimentación P13									100%	100%	1.00	1.00											
Colocación y Chorroa de cimentación PC2									60%	60%	1.00	1.00											
Pedestales P6									85%	85%	1.00	1.00											
Pedestales P7									90%	90%	1.00	1.00											
Pedestales P13									100%	70%	1.00	0.00		X									
Placas de asientos									90%	80%	1.00	0.00	X	X									
Vigas VC-8 Etapa 3									33%	33%	1.00	1.00											
Colocación de malla sobre muro de retención									15%	15%	1.00	1.00											
Reellenos									50%	50%	1.00	1.00											

Durante la semana 6 se obtiene un porcentaje de actividades completadas de 88% lo que entra en el rango de excelente, las actividades de los pedestales de las placas 13 y las placas de asientos para las columnas fueron las que no alcanzaron los porcentajes de avance teóricos. Durante esta semana ingresó el subcontrato de estructura metálica al proyecto.

Figura 48. Plan semanal, semana 7.

NOMBRE DEL PROYECTO		SEMANA DEL 13/11 AL 19/11							% DE AVANCE		CANTIDAD DE TAREAS		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO								PAC		
Fecha de revisión		L	K	M	J	V	S	D	TEÓRICO	REAL	PLANIFICADAS	COMPLETADAS	PREDECESORAS	MATERIALES Y EQUIPO	TRANSPORTE	CLIMA	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	CAMBIOS DE DISEÑO	CAMBIO EN EL ALCANCE	SUBCONTRATISTA	OTRA	
ACTIVIDAD		13/11	14/11	15/11	16/11	17/11	18/11	19/11			16.00	13.00											81%
Muros de mampostería bodegas									60%	60%	1.00	1.00											
Vigas VC-8 Etapa 3									100%	100%	1.00	1.00											
Vigas VC-8 Etapa 2									100%	100%	1.00	1.00											
Colocación de malla sobre muro de retención									25%	25%	1.00	1.00											
Pedestales P13									100%	100%	1.00	1.00											
Placas de asientos									86%	86%	1.00	1.00											
Excavación de placas corridas y sello									100%	100%	1.00	1.00											
Vigas VC-8 Etapa 1									100%	50%	1.00	0.00					X						
Excavación de cimientos de placas aisladas y sello									100%	100%	1.00	1.00											
Excavación de cimientos de placas aisladas y sello									100%	100%	1.00	1.00											
Excavación de cimientos de placas aisladas y sello									100%	50%	1.00	0.00										X	
Colocación y Chorroa de cimentación PC1									100%	100%	1.00	1.00											
Colocación y Chorroa de cimentación PC2									100%	100%	1.00	1.00											
Colocación y Chorroa de cimentación P6									100%	100%	1.00	1.00											
Colocación y Chorroa de cimentación P7									100%	100%	1.00	1.00											
Colocación y Chorroa de cimentación P8									100%	50%	1.00	0.00										X	



En la figura 48, correspondiente al plan semanal de la semana 7 se evidencia un buen porcentaje de actividades completadas del 81%. De las 16 actividades planificadas, 3 no alcanzaron los porcentajes de avance teórico, una de ellas fue la viga VC-8 de la etapa 1 del muro de contención, la cual por motivos de mano de obra no se logró generar el total de la armadura ni colocar toda la formaleta. Por otro lado, por motivos de que el subcontratista de la estructura metálica necesitaba espacio para la grúa, no se pudo abrir una de las excavaciones para la placa P8 y por lo tanto no se realizó la colocación de la armadura ni la chorroa de esta.

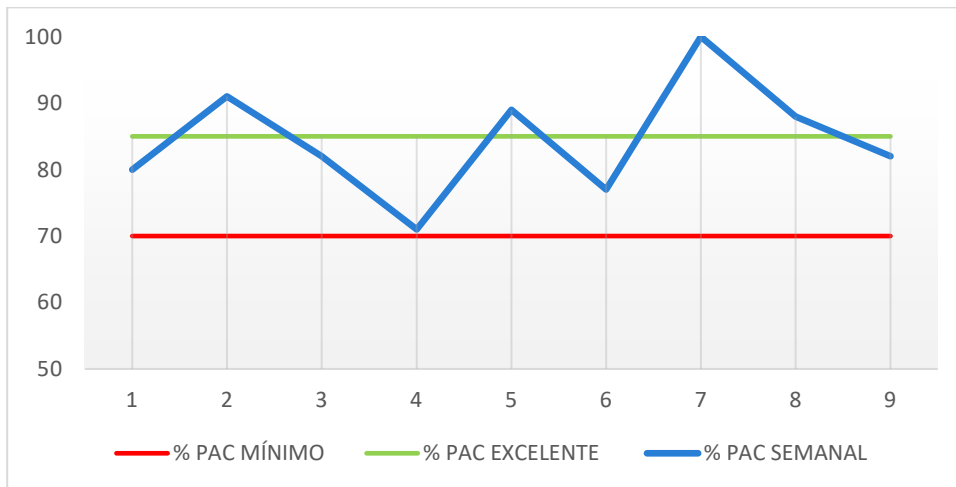
A continuación, e la figura 49, se muestran los resultados del PAC para cada una de las semanas y el promedio, cómo se mencionó anteriormente, para este proyecto se estableció que un PAC mayor o igual a 85% es excelente, entre 70% y 85% es bueno y menor a 70% es malo.

**Figura 49.** Resumen Porcentaje de Actividades Completadas proyecto Bodega Z Bridgestone.

SEMANA	% PAC MÍNIMO	% PAC EXCELENTE	% PAC SEMANAL	CONDICIONES	
Semana del 18/9 al 24/9	70	85	80		
Semana del 25/9 al 1/10	70	85	91		
Semana del 2/10 al 8/10	70	85	82	Exc	PAC ≥ 85%
Semana del 9/10 al 15/10	70	85	71	Bueno	70% ≤ PAC < 85%
Semana del 16/10 al 22/10	70	85	89	Malo	PAC < 70%
Semana del 23/10 al 29/10	70	85	77		
Semana del 30/10 al 5/11	70	85	100		
Semana del 6/11 al 12/11	70	85	88		
Semana del 13/11 al 19/11	70	85	82		
		<b>Promedio</b>	<b>84,44</b>		

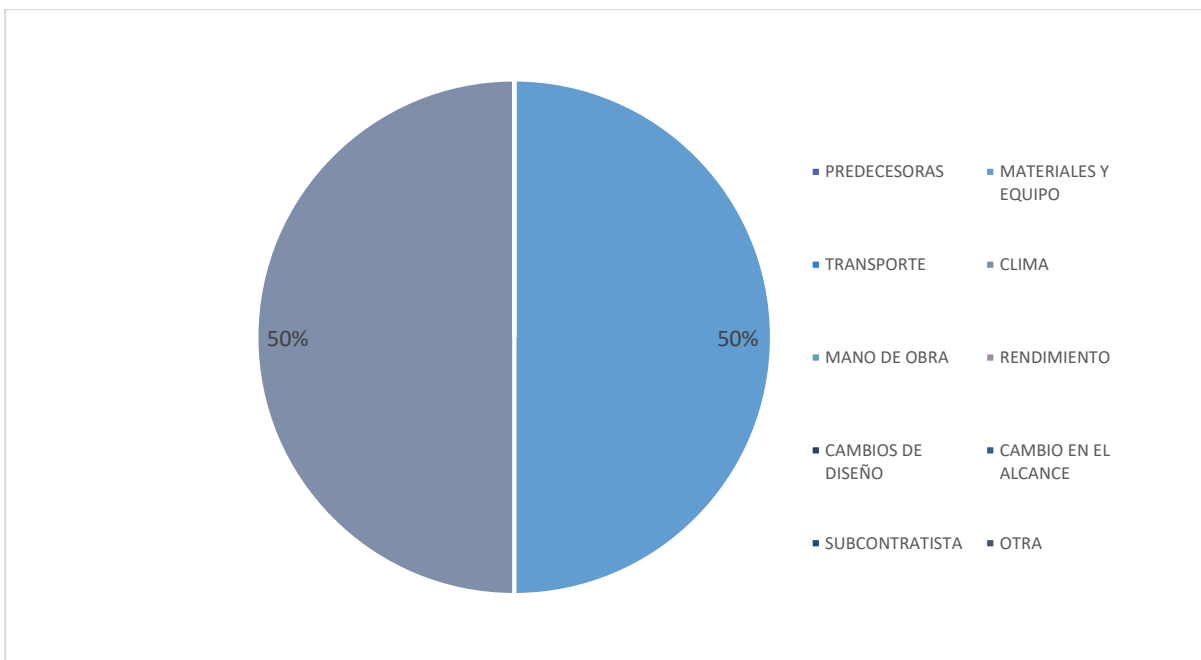
Grificando los resultados de la figura 49 se obtiene el gráfico de seguimiento que se muestra a continuación en la figura 50.

**Figura 50.** Gráfico Porcentaje de Actividades Completadas proyecto Bodega Z Bridgestone.



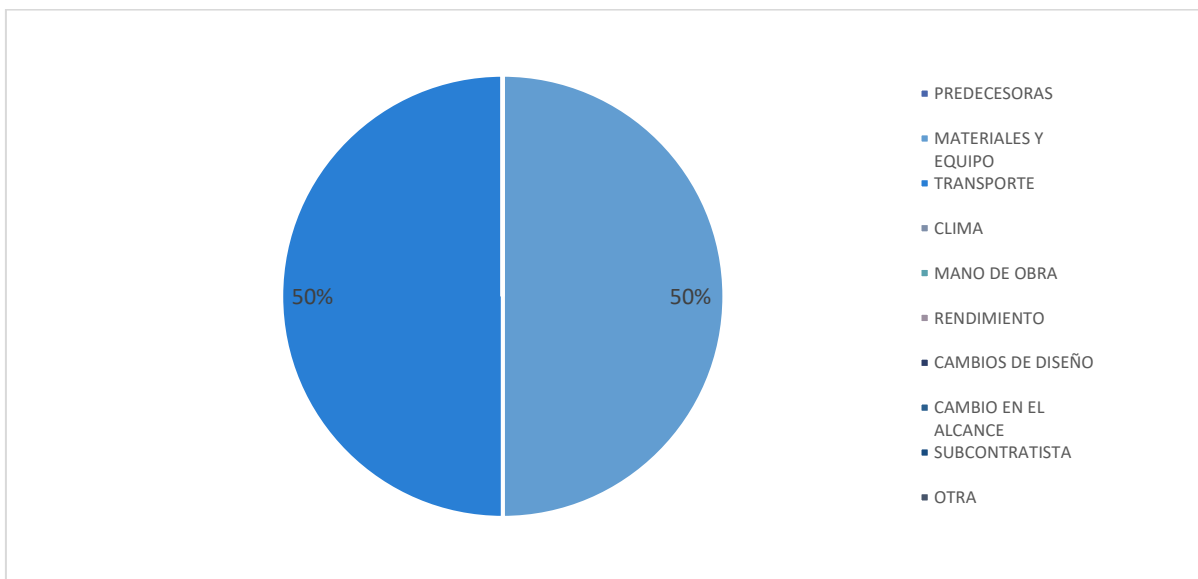
Por otra parte, con respecto a las causas de no cumplimiento, como se puede apreciar en los planes semanales cada una de las semanas tiene un espacio asignado para marcar la causa de no cumplimiento de la actividad, a partir de estas marcas la herramienta genera un gráfico de pastel en el cual se reflejan las CNC de cada semana, este gráfico permite identificar las causas de no cumplimiento más fácilmente y es más práctico y eficiente en las reuniones semanales mostrar el gráfico que el segmento de la tabla del plan semanal. A continuación, se muestran los gráficos de las causas de no cumplimiento para cada semana y un gráfico general.

**Figura 51.** Gráfico Causas de No Cumplimiento, semana 0.1.



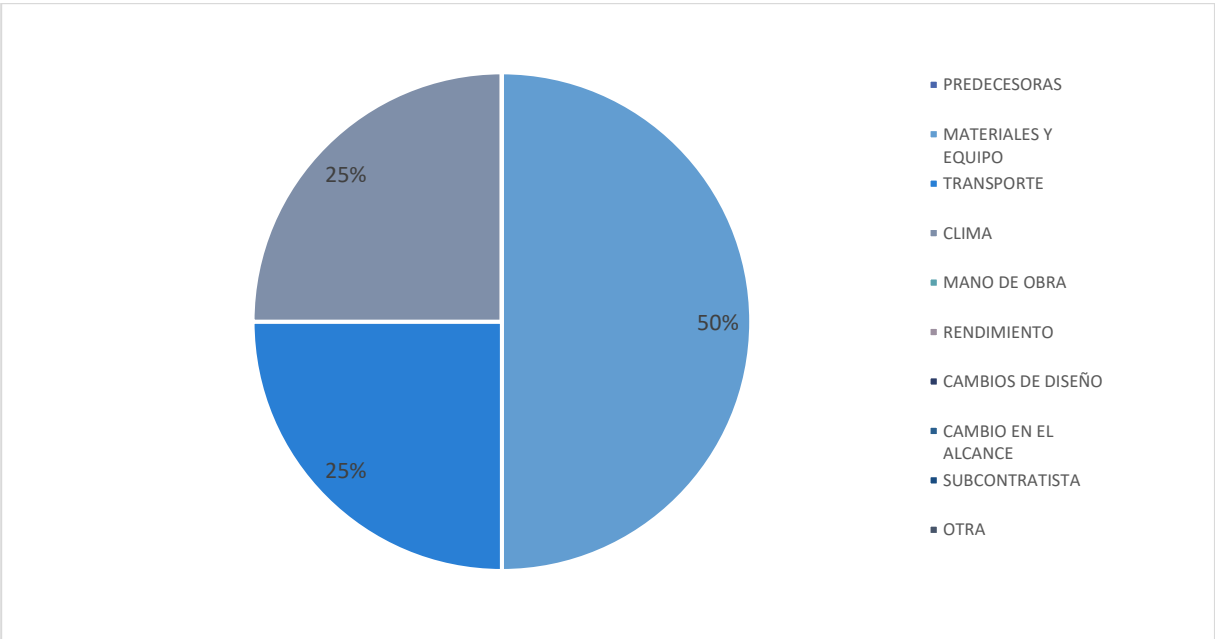
En la figura 51 se evidencian las causas de no cumplimiento de la semana 0.1, con respecto a los materiales y equipo, se solicitaron 3 cizallas y solamente llegó 1, además se reportaron lluvias todos los días en horas de la tarde, lo cual impedía seguir avanzando en la conformación de armadura.

**Figura 52.** Gráfico Causas de No Cumplimiento, semana 0.2.



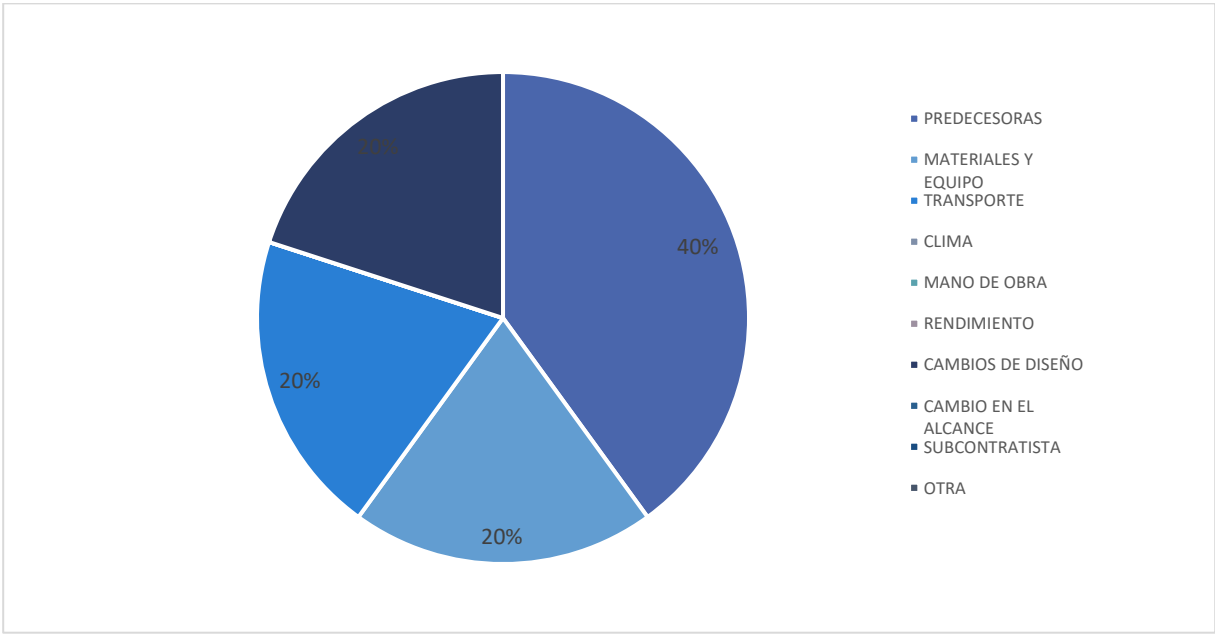
Para la semana 0.2 se puede apreciar que la falta de materiales y equipo y el transporte fueron las causas de no cumplimiento de las actividades, esto se debe a que SCH solo cuenta con 1 camión para el transporte de materiales y no fue posible enviar todos los materiales solicitados.

**Figura 53.** Gráfico Causas de No Cumplimiento, semana 1.



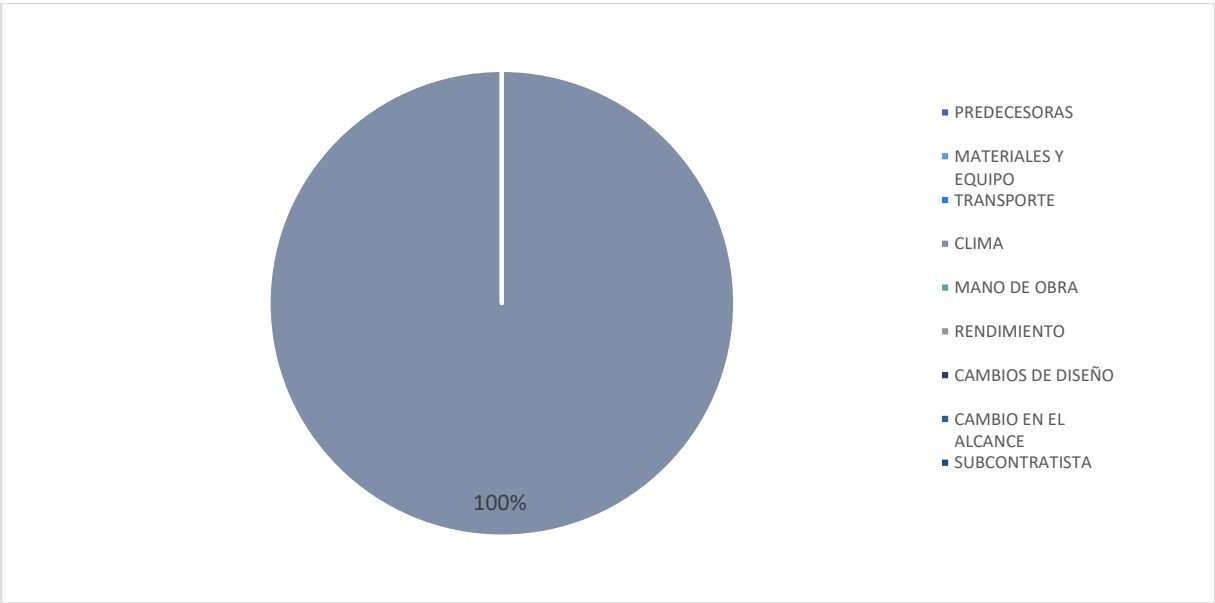
En la figura anterior se identifica que las causas de no cumplimiento para las actividades de la semana 1 fueron la falta de materiales y equipo necesario para desarrollar ciertos trabajos, dichos materiales no llegaron a proyecto debido a que no fueron solicitados con suficiente antelación y el camión tenía asignados otros viajes. Además, se reportaron lluvias todos los días en horas de la tarde.

**Figura 54.** Gráfico Causas de No Cumplimiento, semana 2.



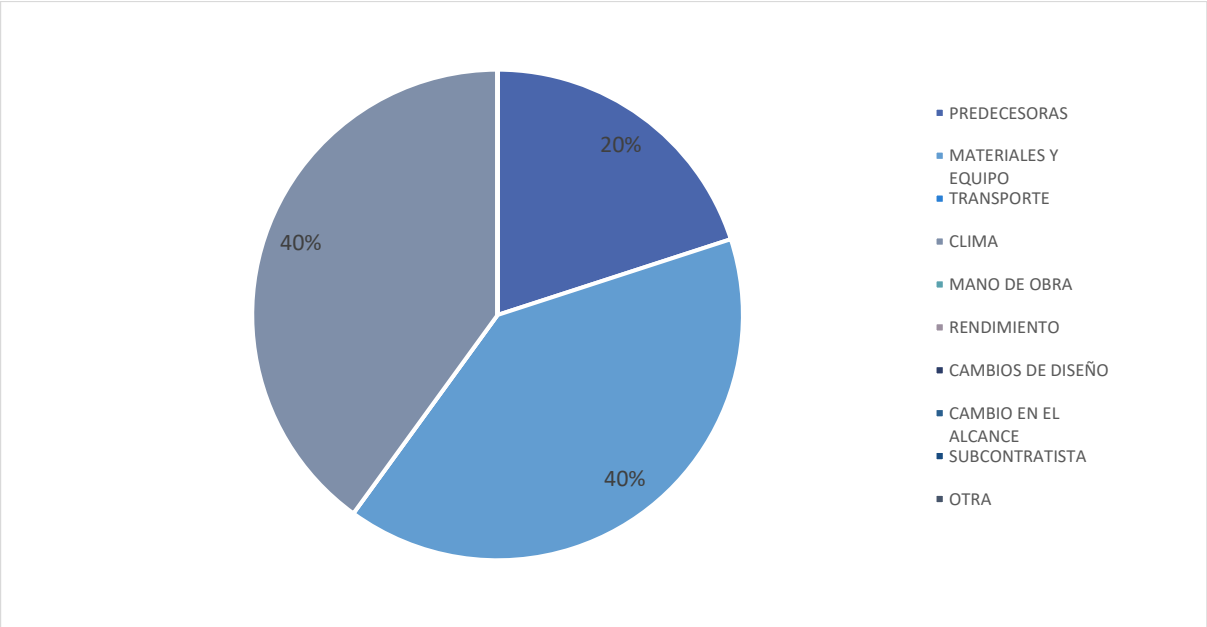
Para la semana 2, las causas de no cumplimiento fue la predecesora, y el cambio de diseño del muro de contención, se generó un atraso mientras se aprobaba el cambio en el diseño y, posteriormente, se tuvo que excavar 40 cm más lo que atrasó el resto de las actividades.

Figura 55. Gráfico Causas de No Cumplimiento, semana 3.



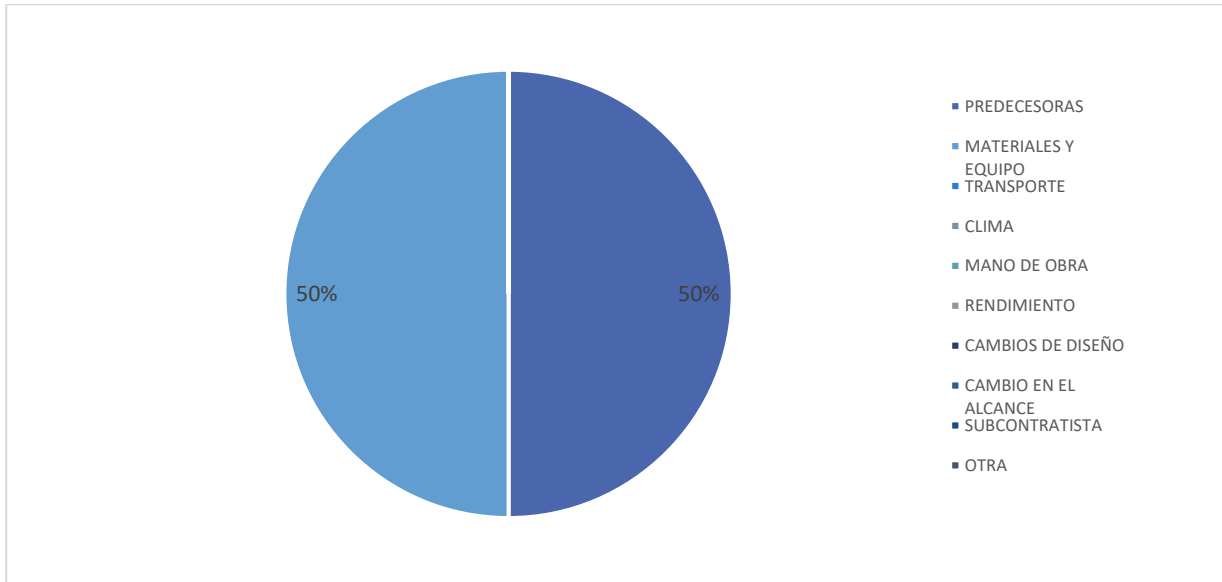
En la figura 55 se evidencia como la única causa de no cumplimiento para esta semana fueron por motivos de clima, durante estas semanas el país estaba siendo afectados por varias ondas tropicales las cuales provocaron una gran cantidad de lluvias.

Figura 56. Gráfico Causas de No Cumplimiento, semana 4.



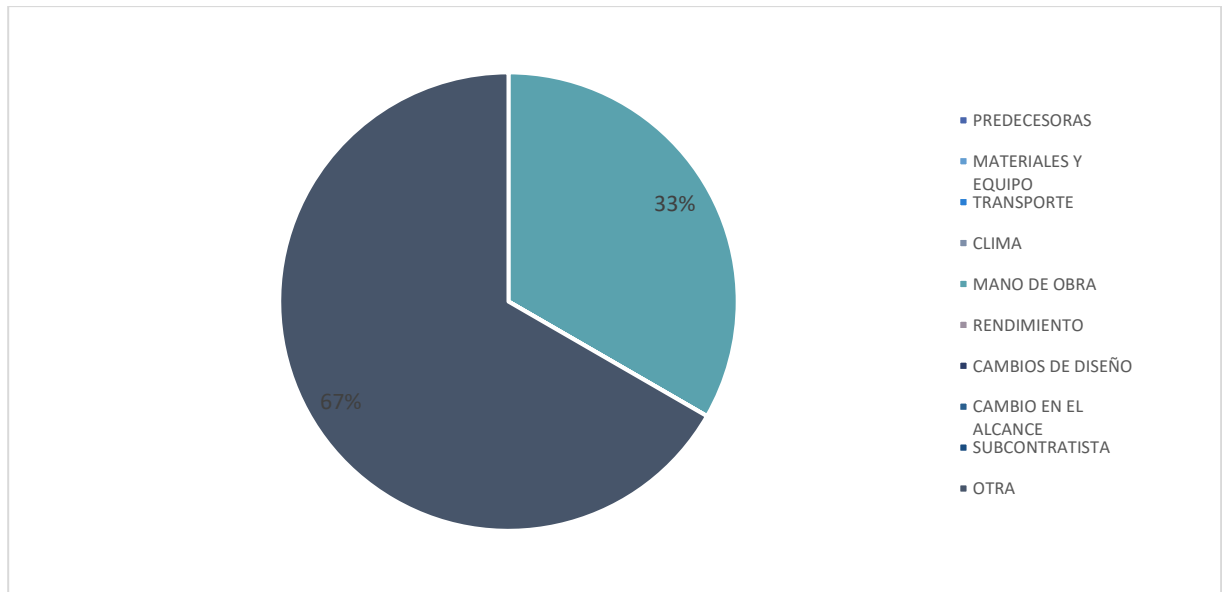
Para la semana 4 de trabajo se debían realizar los pedestales de las placas P12 y P13, sin embargo, esto no fue posible ya que los pernos que se requerían según plano no se encontraban en el país por lo que se realizó un submittal y tardaron en la aprobación por lo que no estuvieron listos para esta fecha. El clima siguió afectando durante las tardes generando retrasos en las excavaciones.

Figura 57. Gráfico Causas de No Cumplimiento, semana 6.



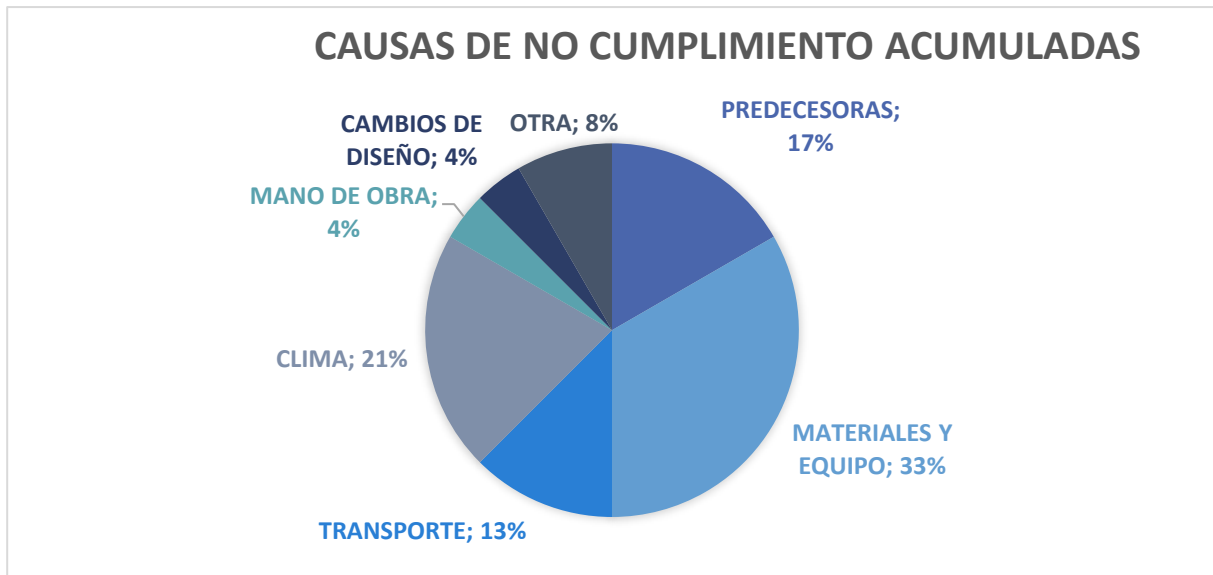
Para la semana 6 una de las causas de no cumplimiento fueron la falta de pernos para colocar en los pedestales de las placas P13 lo que generó un incumplimiento del porcentaje de avance de esta actividad y generó una restricción para poder colocar las placas de asientos.

Figura 58. Gráfico Causas de No Cumplimiento, semana 7.



En la figura 58 se puede observar que para la semana 7 la mano de obra fue una causa de no cumplimiento, esto debe a que durante esta semana se despidieron a 3 trabajadores por mal comportamiento y no acatar órdenes. La otra causa de no cumplimiento fue que por la ubicación de la grúa que estaba siendo utilizada por el subcontratista para la colocación de la estructura metálica era imposible excavar y, por ende, no fue posible realizar una de las placas P8.

Figura 59. Gráfico general de Causas de No Cumplimiento proyecto Bodega Z Bridgestone.



En la figura 59 se presenta el gráfico de causas de no cumplimiento general del proyecto, este contiene la sumatoria de las causas de no cumplimiento de las 9 semanas en las que se desarrolló el proceso de implementación piloto de Last Planner System en el proyecto Bodega Z.

## Resultados de la aplicación de la encuesta 2 “Ambientación a la filosofía Lean Construction”

Con el objetivo de conocer cómo se han sentido los involucrados en la aplicación de la filosofía Lean y con el fin de obtener retroalimentación de qué consideran se está haciendo bien, y que se podría mejorar se aplica la encuesta 2 al ingeniero Jorge Sánchez, la ingeniera Katherine Chaves y el maestro de obra Mario Cisneros. Los resultados se muestran en las siguientes figuras.

Figura 60. Respuesta a la pregunta 3.

¿Qué rol desarrolla en el proyecto piloto

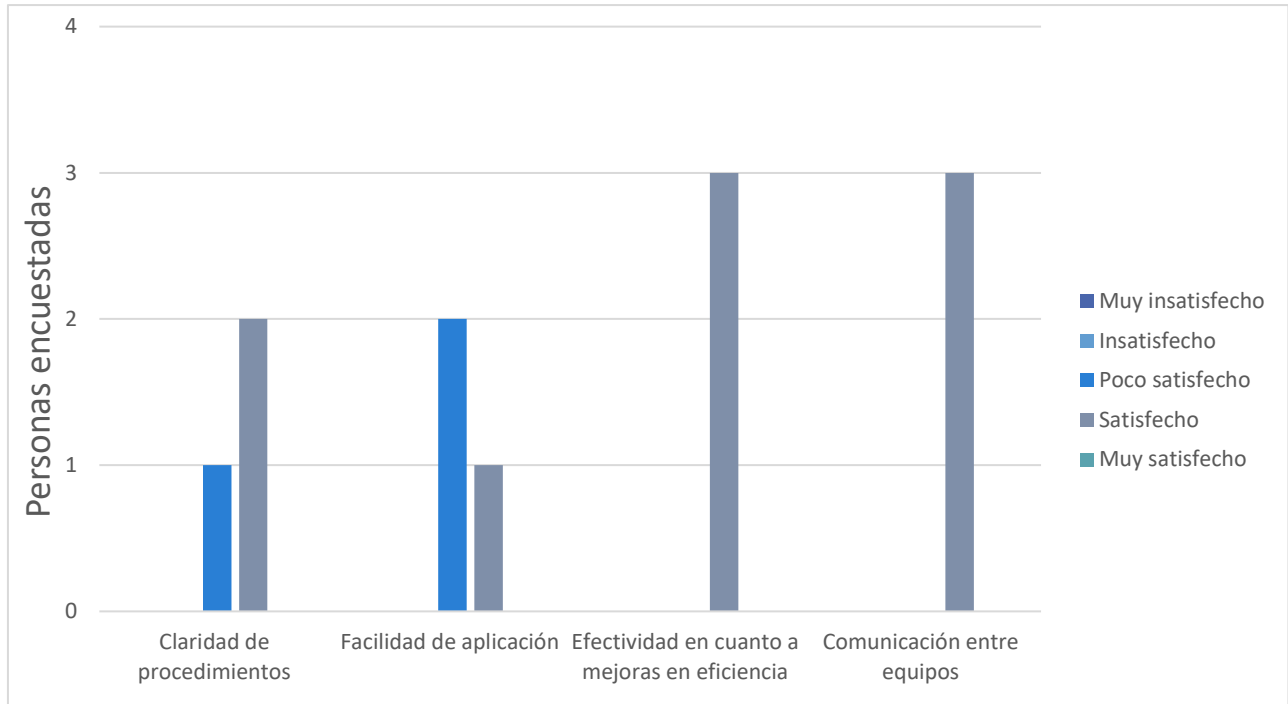
3 respuestas

Coordinador

Responsable de ejecutar las tareas

Coordinadora

**Figura 61.** Gráficos de las respuestas a la pregunta 4.



En la figura 61 se refleja el nivel de satisfacción de los encuestados; siendo el azul muy insatisfecho y el morado muy satisfecho. Con base en esta escala se aprecia como en la claridad de los procedimientos una persona está satisfecha y las otras 2 están poco satisfechas hasta el momento. Lo contrario pasa con la facilidad de aplicación; donde 2 personas están satisfechas y una está poco satisfecha. Para los últimos 2 aspectos las 3 personas encuestadas están satisfechas con los resultados obtenidos hasta el momento cuanto a la eficiencia y comunicación.

**Figura 62.** Respuestas a la pregunta 5.

¿Cuáles han sido los desafíos que ha experimentado en la implementación de la metodología Lean Construction en el proyecto piloto?

3 respuestas

El principal desafío ha sido el cómo acomodar las actividades debido al inconveniente que se generó al inicio del proyecto con el muro de retención.

Algunas veces ha sido difícil acoplarse al nuevo método de trabajo, y hay un poco más de presión para sacar los porcentajes de las tareas asignadas.

El tener que buscar en el plan intermedio y apegarse a las actividades que se seleccionaron, específicamente por motivos de que hemos tenido que adelantar actividades y atrasar otras y esto ha sido un tanto complejo por ser algo nuevo.

**Figura 63.** Respuestas a la pregunta 6.

¿Qué aspectos de los procedimientos Lean considera han funcionado mejor en el proyecto?

3 respuestas

La proyección de las actividades ha sido de mucha ayuda.

Me ha funcionado para pedir los materiales que necesito con antelación.

El visualizar las actividades futuras ha sido bastante bueno, y la comunicación y el control que se ha generado semana a semana

**Figura 64.** Respuestas a la pregunta 7.

¿Qué aspectos considera se pueden mejorar en el procedimiento de aplicación Lean?

3 respuestas

Considero que todo se puede mejorar, es la primera vez que lo utilizamos.

Integrar un poco más al resto del equipo para pensar en estrategias y soluciones.

Podríamos mejorar en la retroalimentación de, evaluar lo que está funcionando y ajustar lo que no. Utilizarlo también en los procesos desarrollados por los subcontratos.

## **Resultados de la aplicación de la encuesta 3 “Experiencia de aplicación de Lean Construction”**

Con el objetivo de conocer cuáles fueron los beneficios obtenidos tras la aplicación de la metodología y cuales herramientas consideran fueron efectivas y exitosas, se aplica la encuesta 3 al ingeniero Jorge Sánchez, la ingeniera Katherine Chaves y el maestro de obra Mario Cisneros. Los resultados se muestran en las siguientes figuras.



Figura 65. Respuestas a la pregunta 3.

## ¿Qué rol desarrolla en el proyecto piloto?

3 respuestas

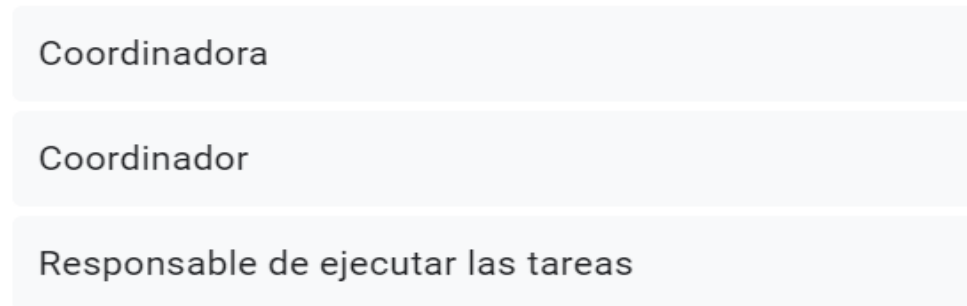
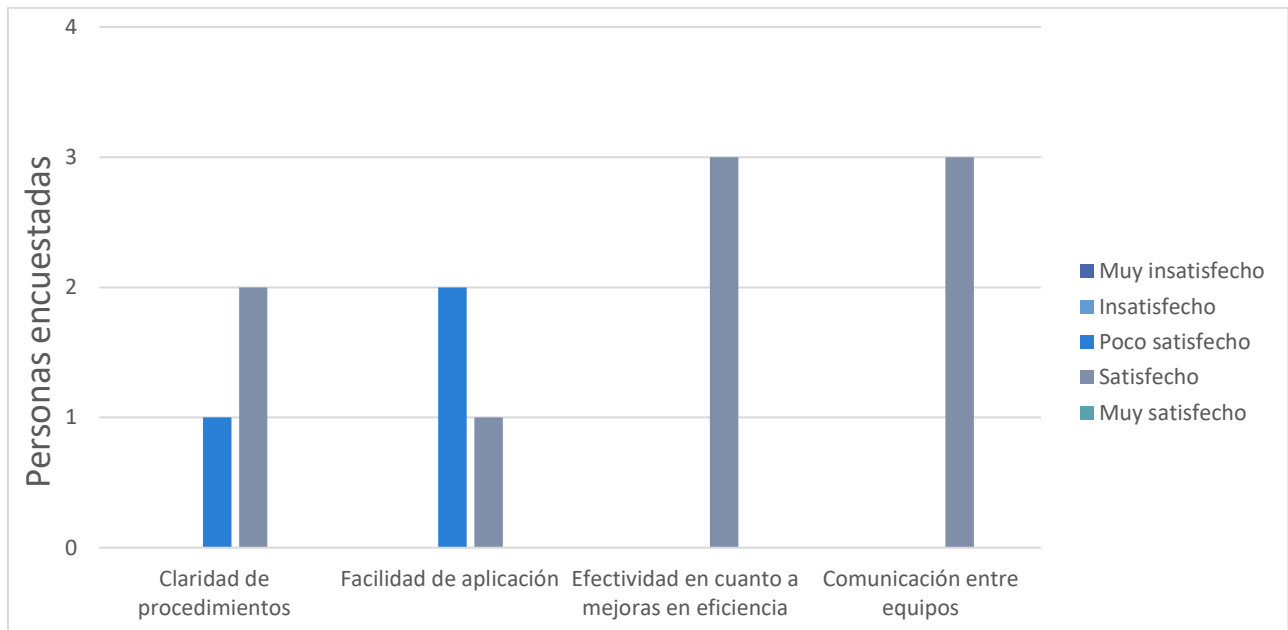


Figura 66. Respuestas a la pregunta 4.



En la figura 66 se refleja el nivel de satisfacción de los encuestados; el cual va desde muy insatisfecho hasta muy satisfecho. Con base en esta escala se aprecia como en la claridad de los procedimientos una persona está poco satisfecha y las otras 2 están satisfechas. Lo contrario pasa con la facilidad de aplicación; donde 2 personas están pocp satisfechas y una está satisfecha. Para los últimos 2 aspectos las 3 personas encuestadas están satisfechas con los resultados obtenidos hasta el momento cuanto a la eficiencia y comunicación.

**Figura 67.** Respuestas a la pregunta 5.

¿Qué aspectos de la implementación de Lean Construction en el proyecto considera que fueron efectivos y exitosos?

3 respuestas

El utilizar el plan intermedio fue muy favorable para poder elegir que actividades se podían desarrollar específicamente durante las complicaciones con el muro de retención.

La optimización en la secuencia de actividades a través del plan semanal y las reuniones semanales ayudaron a mejorar la comunicación y que todo estuviera más claro entre las partes.

Las reuniones semanales donde se veían las actividades a realizar y se anotaban en la pizarra

**Figura 68.** Respuestas a la pregunta 6.

¿Cuáles fueron los principales beneficios que experimentó como resultado de la implementación Lean Construction en el proyecto?

3 respuestas

Más control sobre las actividades futuras, mayor compromiso por parte de los encargados en alcanzar las metas establecidas al inicio de la semana.

Mayor compromiso por parte de los trabajadores en completar las actividades y que tenía más claridad de las tareas posteriores gracias al plan intermedio.

Que se tenían las actividades a desarrollar durante la semana ya establecidas desde el inicio y habían menos tiempos muertos.

**Figura 69.** Respuestas a la pregunta 7.

¿Cuáles son las principales preocupaciones o desafíos que considera se deben tomar en cuenta para futuras aplicaciones?

3 respuestas

La capacitación del personal y la resistencia al cambio que puedan tener, se debe tener cuidado y contemplar en caso de que cambie el alcance del proyecto.

El contar con un equipo de trabajo dispuesto a participar y que se comprometa con la implementación y asegurarse de que todos entiendan bien el funcionamiento de la metodología con capacitaciones.

Explicar bien el funcionamiento del sistema y la comunicación con los encargados.

# Análisis de resultados

## Situación actual de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A.

El desarrollo de este proyecto consistió en la implementación de la metodología Lean Construction a la empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. a través de la herramienta Last Planner System, con el fin de generar beneficios y mejoras en la planificación y el control de los proyectos de la empresa.

Todas las empresas, aunque estén en un mismo nicho de mercado funcionan de manera distinta. Un punto esencial para el buen funcionamiento de la metodología Lean Construction es conocer la situación de la empresa, comprender como se manejan y recopilar datos importantes de proyectos pasados que pueden aportar información valiosa sobre los procesos constructivos de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. Por lo que siguiendo lo estipulado en el primer objetivo específico del proyecto, se realiza el análisis de la situación actual.

En el análisis realizado se logra identificar un proceso de planificación bastante sólido y bien estructurado el cual comienza desde la fase de presupuesto y licitación, hasta la ejecución y control de obra. El proceso de planificación en SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. comienza con la elaboración de presupuesto, al tener clientes como Walmart, Dos Pinos, Bridgestone, entre otros, se debe participar en las licitaciones, por lo que el segundo paso a seguir es enviar la oferta y esperar los resultados de la adjudicación. Una vez adjudicado el proyecto, se crea un cronograma de actividades utilizando la herramienta Microsoft Project®. Este cronograma se realiza tomando como referencia las fechas de corte establecidas por el cliente. Utilizan la ruta crítica para identificar los procesos constructivos que podrían impactar significativamente el plazo y costo del proyecto.

SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. ha implementado un sistema de control de costos llamado Odoos el cual se muestra en la figura 2, este sistema permite asignar una cuenta analítica a cada proyecto y así asignar cada uno de los gastos, pagos o compras que se realizan día a día para el proyecto. Esta es una de las herramientas más utilizadas en la empresa, ya que permite una comparación directa entre los montos presupuestados y los gastos reales tanto por actividad, como en el proyecto en general. Esto le permite al personal de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. generar proyecciones para estimar el costo real del proyecto y poder hacer ajustes a tiempo en caso de que no se vaya según lo planeado.

Esta funcionalidad de Odoos se alinea perfectamente con los principios de Lean Construction. La filosofía Lean se centra en la eliminación de desperdicios y la optimización de procesos para lograr la eficiencia operativa. Al utilizar Odoos para comparar los costos presupuestados con los reales, SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. puede identificar posibles áreas de desperdicio o ineficiencia en sus proyectos de construcción. Además, la capacidad de generar proyecciones y estimaciones de costos futuros basadas en los datos históricos y visualizando a través del plan intermedio de trabajo los procesos y actividades que están proyectadas, proporciona a SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. la oportunidad de realizar ajustes y tomar medidas preventivas a tiempo para corregir desviaciones en el presupuesto del proyecto. Esta capacidad de ajuste y mejora continua es fundamental en la implementación de Lean Construction, que promueve la adaptabilidad y la capacidad de respuesta ante cambios en el entorno del proyecto.

Por otro lado, el avance de obra de los proyectos se supervisa mediante visitas regulares del encargado, quien compara el progreso real con el teórico establecido en el cronograma. El uso de Microsoft Project le permite gestionar actualizaciones en el cronograma de manera semanal y dar un seguimiento preciso a través del diagrama de Gantt; sin embargo, se evidenció que el cronograma del proyecto no es actualizado semanalmente, sino que en algunas ocasiones se realizan cambios hasta 15 días después de la última actualización, esto claramente perjudica el control de la obra y la planeación de las actividades futuras lo que puede derivar en afectaciones considerables en el plazo de entrega y costos del proyecto.

Otro aspecto que se logró identificar es que el proceso de planificación de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. es el mismo para cualquier tipo de proyecto, sin importar si es un proyecto público, privado, grande o pequeño. Siempre se elabora el presupuesto, se presenta la oferta, una vez aprobada se inicia la planificación detallada de cronograma y control de obra. Se pudo identificar que durante el proceso de control en los proyectos se realizan reuniones, sin embargo, estas no son de manera constante o planeadas a detalle, sino que son solicitadas cuando se desea revisar o conversar de temas especiales, por lo que no se puede tomar como la reunión que establece la herramienta Last Planner para hacer las revisiones de trabajo, las causas de no cumplimiento y revisar y asignar los encargados de realizar las tareas del plan semanal.

Actualmente, SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. realiza las comparaciones entre el avance teórico y el real de los proyectos con las minutas, además de asignar algunas de las tareas que se consideran más importantes y que necesiten tenerse monitoreadas con antelación para que no se conviertan en puntos de retraso en el proyecto, para ello se debe tener claridad de la fecha en la que se realizarán y los alcances que tendrán.

Cuando el proyecto en desarrollo presenta órdenes de cambio sí se realizan una mayor cantidad de reuniones para analizarlas y determinar si se aprueban o se rechazan, estas deben ser analizadas por gerencia y los encargados del proyecto para determinar la variación que cada orden de cambio puede generar en el alcance, el costo y el plazo, para conversar esos temas es que se vuelve esencial mantener una constante y buena comunicación con el cliente para así llegar a buenos acuerdos.

## **Encuesta 1 “Conocimiento Lean Construction” y entrevistas**

Una vez que se conoce la situación y las herramientas con las que cuenta la empresa actualmente se realizó la encuesta 1 “Conocimiento Lean Construction”, con el fin de identificar el conocimiento que tienen los trabajadores de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. de la filosofía Lean Construction, para ello se tuvo el apoyo de 7 profesionales: los ingenieros, ingenieras y una arquitecta que son los responsables de dirigir proyectos en la empresa.

Al analizar los resultados de la pregunta 3 que se puede ver en la figura 10, se evidencia que la mayoría de los encargados de dirigir proyectos en SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. poseen una experiencia sustancial en la industria de la construcción, este hecho es de gran relevancia, ya que los comentarios y opiniones de los encuestados serán fundamentales en el éxito de la implementación de la filosofía Lean Construction, al combinar la sólida base teórica con la experiencia, se crea la oportunidad de adaptar la metodología Lean de la manera más óptima para cubrir de manera precisa las necesidades de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A.

Con respecto al conocimiento de la filosofía Lean Construction, de los 7 encuestados solo 1 de ellos marcó que sí está familiarizado con la filosofía (este resultado se evidencia en la figura 9), esto deja en

evidencia que durante el periodo de planeación y control de obra tanto la empresa en sus procedimientos establecidos, como los encargados de proyectos de manera personal, no utilizan las herramientas propuestas por Lean Construction para la planeación y control de obra, o al menos no son conscientes de que lo están haciendo. Con los resultados de las siguientes respuestas se identifica que solamente uno de los trabajadores de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. ha estado involucrado en un proyecto en el que se ha utilizado la filosofía Lean, sin embargo, el rol que este desarrollaba en ese momento no está relacionado directamente con la planeación y el control de obra.

En general los resultados obtenidos en la encuesta 1 “Conocimiento Lean Construction” deja claro que uno de los pasos principales para llevar a cabo la aplicación de Lean Construction en un proyecto piloto según el objetivo específico 4 de este proyecto, es dar una inducción y explicar de la manera más clara posible a los encargados del proyecto seleccionado donde se aclare qué es, cuáles son los objetivos y cuáles son las herramientas que existen dentro de la filosofía Lean dando énfasis a el sistema Last Planner, ya que esta será la herramienta que se utilizará para la programación y control de obra durante la aplicación.

Con el fin de obtener información relevante sobre los desafíos y experiencias que han tenido que enfrentar en los proyectos de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A., se realiza una entrevista al personal con más años de trabajar en la empresa. El objetivo es identificar cuáles son los procesos o actividades que afectan en mayor medida los proyectos de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. Según los datos obtenidos de esta entrevista presentes en el cuadro 6 se identifica que los entrevistados tienen una experiencia bastante variada en proyectos de construcción, con roles que van desde la gestión y supervisión hasta la planificación y control de proyectos. Esta variedad de roles permite obtener opiniones variadas y desde diferentes perspectivas o frentes de trabajo.

A pesar de que la mayoría de los entrevistados han escuchado sobre Lean Construction, ninguno de ellos parece tener una familiarización con la filosofía, lo que reafirma los resultados obtenidos en la encuesta 1 “Conocimiento Lean Construction” y confirma la necesidad de una capacitación sobre Lean Construction dentro de la empresa. Entre los desafíos en común que han experimentado los entrevistados se encuentran los presupuestos ajustados, cambios en el diseño o cambios en el alcance, la gestión de los recursos disponibles, la gestión de los materiales, retrasos por relacionados al suministro de materiales, condiciones climáticas y mano de obra no calificada. Estos son considerados puntos críticos por los entrevistados. No se obtiene una respuesta concreta con respecto a la eficiencia de los procesos constructivos, lo que se dice es que esta varía de proyecto en proyecto. Además, se especifica que los problemas relacionados con el pedido de materiales y transporte son recurrentes y pueden llegar a afectar negativamente los plazos de entrega de algunos procesos y del proyecto en general.

Tras una explicación concisa de lo que es y cómo funciona la filosofía Lean Construction, los entrevistados reconocen el potencial que esta tiene para mejorar la secuencia de actividades, reducir retrabajos y mejorar la calidad. Mencionan que la capacitación del personal y el establecimiento de métricas de progreso van a ser importantes en la adaptación de la filosofía Lean a SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. Por último, los entrevistados mencionan que la adaptación a una nueva filosofía podría ser complicada y requerir de un esfuerzo significativo de capacitación y apoyo. Además, la confianza y colaboración del equipo son aspectos fundamentales para una buena adaptación y funcionamiento.

## **Procesos constructivos de mayor impacto**

Los resultados obtenidos en la identificación de los procesos que han provocado atrasos, retrabajos, problemas en la calidad y cambios en el costo de los proyectos de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A., ofrecen una visión muy valiosa de las experiencias pasadas a las que se ha enfrentado la empresa. Estos resultados son recuperados de la evaluación de proyectos previos, conversaciones con los encargados, la gerencia y con la revisión de los cronogramas actualizados comparando las fechas de comienzo y fin

previstos versus las fechas de comienzo y fin reales. Los cronogramas analizados corresponden a proyectos desarrollados en el periodo que comprende desde enero del 2022 hasta agosto del 2023.

Mediante la información recopilada en las conversaciones con la ingeniera Katherine Chaves, Mariela Chaves y el ingeniero Jorge Sánchez, se destacan tres procesos los cuales a criterio de ellas son críticos en términos de plazo y costo, estos son: acabados, movimientos de tierras y conformación de armadura. Han sido destacados como puntos de atención debido a su historial de provocar atrasos, retrabajos, problemas en la calidad y cambios en los costos que se tenían asignado a esas actividades.

Con respecto al proceso de acabados, la ingeniera Katherine Chaves señala que este proceso siempre es la etapa del proyecto que se lleva más tiempo de lo que se tenía contemplado, señala que, los proyectos “Remodelación Pali Tres Ríos” y “Remodelación Maxi Pali Alajuelita”, fueron afectados por actividades correspondientes al proceso de acabados. Esto se le atribuye a la complejidad y la necesidad de mantener altos estándares de calidad en los trabajos y no tener mano de obra calificada para realizarlos. Por otro lado, el ingeniero Jorge Sánchez junto con la ingeniera Katherine, destacan que el movimiento de tierras es un proceso crítico en todo proyecto, y más aún si se está desarrollando en época lluviosa. Durante un día lluvioso se limita demasiado la cantidad de trabajo que se puede desarrollar, la lluvia puede traer consigo grandes afectaciones al terreno impidiendo la posibilidad de seguir trabajando una vez merme o se detenga, también puede destruir avances en el proceso por algún deslizamiento o inundación en el terreno. Por lo que se recomienda aprovechar al máximo el tiempo y ser lo más eficientes posibles durante los movimientos de tierras.

Se destaca la importancia de coordinar correctamente y de manera cuidadosa la conformación de las armaduras para los cimientos con los movimientos de tierras, con el fin de evitar retrasos posteriores. Para tener un buen ritmo de trabajo y fabricar las armaduras en los tiempos establecidos, es esencial contar con mano de obra bien calificada, planos bien detallados y equipo y materiales suficientes, estos son puntos clave en el desarrollo de este proceso. Por otro lado, la gestión de los pedidos y envíos de materiales es señalada por Mariela Chaves como un factor crítico. Los retrasos en la compra y traslado de materiales afectan significativamente los plazos de ejecución de las tareas, si bien es cierto parece algo que no pueda llegar a afectar en gran medida la fecha de entrega de un proyecto, si cada vez que se necesita algún material este no ha llegado, va a ir generando pequeños atrasos que al final van a sumar mucho tiempo. Para esto, SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. cuenta con un proceso establecido de pedidos y compra de materiales, sin embargo, los encargados de hacer los pedidos muchas veces no se apegan al procedimiento establecido o bien no contemplan actividades que están próximas a realizar y para las cuales se necesita algún material especial, esto en algunas ocasiones provoca que un día o unas horas antes de iniciar con la actividad se esté buscando donde comprar y como hacer llegar el material al proyecto. Esto por lo general produce no solamente retrasos sino también un aumento en los costos de las actividades porque debido a la limitación de tiempo no se puede conseguir un mejor precio del producto o se debe pagar transporte, generando así gastos que se pueden reducir o evitar.

En las figuras 16, 17, 18 y 19, se presentan las duraciones teóricas y reales de algunos de los procesos que se llevaron a cabo, estos fueron los proyectos recomendados para revisión por las ingenieras Katherine Chaves, Mariela Chaves y el ingeniero Jorge Sánchez. En la figura 19, se evidencia como para el proyecto “Modulo de baños Bridgestone” la fecha prevista de finalización para el proceso de movimiento de suelo presentó un retraso de 2 días, así como también el proceso constructivo de los cimientos, columnas y paredes tuvo un retraso de 6 días, estos procesos fueron desarrollado a finales del mes de abril y a inicios del mes de mayo, en Costa Rica para estas fechas ya se pueden empezar a presentar algunas lluvias por la entrada del invierno, además, en la figura 17 correspondiente a la “Remodelación Pali Tres Ríos” se puede apreciar también como se produjo un retraso en la fecha de fin real para el proceso constructivo del Muro de retención nuevo, el cual incluía en sus actividades el movimiento de tierras. Con respecto a los problemas mencionados con los procesos de acabados, en la figura 19 se puede apreciar cómo se extendió la fecha de fin real comparándola con la fecha de fin prevista para los enchapes de baño. En la figura 18 correspondiente a la “Remodelación de Pali Tres Ríos”, se evidencia como las fechas de fin real exceden lo previsto para los procesos de pintura, tanto en la estructura metálica como en las paredes internas. En el proyecto “Remodelación Maxi Pali Alajuelita” en la figura 16 se pueden observar más ejemplos de cómo los procesos de acabados no son completados en los periodos previstos, como los casos de los enchapes de azulejo.

La Tabla 2 ofrece una comparativa entre los resultados proyectados y los reales en términos de plazos y costos de dos proyectos, "Remodelación de Pali Tres Ríos" y "Remodelación Maxi Pali Alajuelita". Su propósito es destacar cómo los retrasos y reprocesos en un proyecto pueden impactar la planificación, subrayando la relevancia de un control riguroso durante la ejecución. Afortunadamente, en los casos presentados, aunque se observó una desviación en las ganancias esperadas, la empresa no experimentó pérdidas. Sin embargo, es crucial reconocer que este tipo de complicaciones podría conducir a pérdidas en proyectos futuros, reforzando la importancia de mantener un control preciso en cada etapa del proceso de construcción.

En la figura 20 se encuentran los procesos constructivos a realizar en el proyecto "Bodega Z Bridgestone", los cuales se tomaron del cronograma desarrollado por Jorge Sánchez y Katherine Chaves, encargados del proyecto en SCH Consultoría y Construcción Tica S.A., en conjunto y cubriendo con las solicitudes realizadas por los ingenieros e ingenieras de Bridgestone que estarán encargados de supervisar y gestionar del lado del cliente. Se encuentran marcados en color celeste los procesos constructivos que se llevarán a cabo y que concuerdan con los procesos descritos por los ingenieros e identificados en los cronogramas que se representan en las figuras 16, 17, 18, y 19, esto con el fin de prestar especial atención a estos procesos ya que en el pasado han sido problemáticos para SCH Consultoría y Construcción Tica S.A.

La experiencia que pueden aportar los profesionales de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. en la definición de los procesos críticos de la empresa es sumamente relevante. Adicional a esta información se genera el Cuadro 6 el cual contiene los procesos críticos en términos de plazo y costo específicamente para el proyecto de "Bodega Z Bridgestone" basados en el cronograma y el presupuesto del proyecto. Para la elaboración de este cuadro se toman los procesos constructivos que conforman la ruta crítica y desde el presupuesto, se obtiene el porcentaje que representa cada uno de estos procesos del costo total del proyecto. Se obtienen 6 procesos constructivos que bajo estos criterios mencionados de plazo y costo son los que pueden afectar en mayor proporción el desarrollo del proyecto. Como se puede observar el movimiento de tierras, las cimentaciones de muros y las paredes de mampostería son procesos que se pueden ligar con los mencionados por los ingenieros e identificados en las figuras 16, 17, 18, y 19.

Analizando el cuadro 7 se identifica que cualquiera de los procesos constructivos que tengan un atraso va a afectar directamente el plazo de entrega del proyecto ya que todos forman parte de la ruta crítica, por otra parte lo que son los procesos de relleno más pruebas de compactación y la estructura de pavimentos drenantes son los que pueden afectar en mayor medida el presupuesto del proyecto en caso de tener algún tipo de complicación con los materiales, retraso en el desarrollo del proceso o los cambios en el alcance que se puedan presentar. Sin embargo, para el desarrollo de este proyecto, los procesos que sean realizados por un subcontratista no serán considerados ya que la empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. proporciona al subcontratista una fecha de inicio y fin, por lo que de momento no es posible controlar el plan de trabajo que desarrollen los subcontratistas. De igual manera, se dará seguimiento a los trabajos desarrollados por los subcontratistas y sí se reflejarán en las diferentes secciones del Last Plannes System para poder informar y tener control de las fechas de inicio y fin que se le darán a los subcontratistas y para la coordinación de los demás procesos que son dependientes de estos, directa e indirectamente.

En el Cuadro 8 se pueden apreciar los que se consideran los procesos constructivos críticos del proyecto "Bodega Z Bridgestone", estos fueron seleccionados con la colaboración del ingeniero Jorge Sánchez y los criterios utilizados fueron los plazos, costos y las experiencias pasadas que ha tenido SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. en otros proyectos. Entre los procesos seleccionados está el movimiento de tierras, ya que revisando los planos se debe realizar un relleno de 60 cm, y se tiene una gran cantidad de placas aisladas que excavar, así como 2 tipos de placas corridas y un muro de contención el cual tendrá una longitud de 80 m aproximadamente, todo esto durante la época lluviosa, lo que dificulta aún más estas labores. Adicionalmente, contempla un 3.25 % del costo total del proyecto por lo que es una suma bastante grande de dinero y los retrasos que se puedan presentar por retrabajos, horas en las que la maquinaria esté detenida, entre otras podrían hacer subir dicho porcentaje y acaparar parte del presupuesto de otras actividades o de las ganancias.

A petición del Gerente General de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. se decide incluir en el cuadro de procesos críticos la estructura metálica, a pesar de estar con un subcontrato. La petición viene debido a que el porcentaje del costo total del proyecto es de un 24.66 casi una cuarta parte del presupuesto, por lo que se quiere tener control sobre los días de inicio, desarrollo y entrega de cada una de las etapas correspondientes al montaje de la estructura metálica de los talleres de Bodega Z Bridgestone. Como se mencionó anteriormente, no se le pedirá a la empresa encargada de la estructura metálica ni a ninguna otra formar parte del proceso de implementación piloto, pero la empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. sí mantendrá un control mediante el uso del Last Planner System.

El tercer proceso constructivo seleccionado es el de los acabados en paredes de mampostería, este proceso a pesar de no formar parte de la ruta crítica ni ser de los que representan un mayor porcentaje del costo total del proyecto se decide seleccionar como un proceso crítico por las experiencias que se han tenido en proyectos anteriores, la ingeniera Katherine Chaves recomendó seguir de cerca. Utilizando como referencia el proyecto de la remodelación de Pali Tres Ríos, en este se tuvieron que hacer muchos retrabajos por problemas con los acabados y cada uno de estos retrabajos implica aumentos en el costo de la actividad por el hecho de tener que utilizar más material del planeado y por el pago de la mano de obra utilizada para realizarlos. Por último, se incluye en esta lista las cimentaciones, dentro de estas está incluido el proceso del armado de las placas corridas y asiladas que forma parte del proceso y que fue mencionado por la ingeniera Mariela Chaves como un proceso de cuidado especialmente por la posibilidad de contratar mano de obra no calificada que puede retrasar la conformación de las armaduras. Por otra parte, el proceso de la colocación y colado del cemento forma parte de la ruta crítica del proyecto y tiene asignado un 6.39 % del costo total del proyecto.

Es importante aclarar que el hecho de realizar esta selección de los procesos críticos del proyecto “Bodega Z Bridgestone” no significa que en el proceso de implementación piloto de la filosofía Lean Construction mediante el Last Planner System se vaya a desarrollar solamente para estos 4 procesos constructivos. Por el contrario, la aplicación se realizará a todos los procesos que conforman el proyecto, pero por las razones descritas anteriormente se prestará especial atención a estos 4 procesos ya que son los que se considera pueden generar una mayor afectación al desarrollo del proyecto.

## **Identificación de buenas prácticas del Last Planner System**

No se puede realizar la implementación de una metodología sin antes identificar cuáles son las buenas prácticas e identificar la brecha que existe entre estas y las prácticas actuales que desarrolla la empresa, esto con el fin de generar un proceso de implementación que le permita a la empresa alcanzar o mejorar cada una de esas buenas prácticas aplicadas por el Last Planner System. Para esto se desarrolló el cuadro 9, en el cual se pueden apreciar las buenas prácticas de la filosofía Lean Construction según la teoría, una descripción, la situación actual de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. con respecto a cada una de las prácticas según el análisis realizado al inicio de esta sección y, por último, se presentan las acciones para la implementación de la práctica en SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. Es importante recordar que la constructora nunca ha aplicado ninguna herramienta relacionada con la filosofía Lean.

Del cuadro 9, se puede analizar que, la asignación de un coordinador de Last Planner System para el desarrollo de los proyectos de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. no se realiza, esto se debe a que no se ha aplicado la herramienta Last Planner por lo tanto no requiere de asignar un coordinador, para esta práctica la acción propuesta es brindarles a los encargados de los proyectos la información necesaria para que conozcan de la herramienta y establecer las responsabilidades que tiene el coordinador en el desarrollo del proyecto.

Con respecto a la planificación inicial y el plan maestro, SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. actualmente sí cumple con la descripción de dichas prácticas, por lo que solamente se propone realizar una



lista de requerimientos durante la planificación inicial, para tener claridad de lo que se está contemplado y lo que aún está pendiente.

Otra práctica importante según la literatura consultada es informar al equipo de trabajo que se trabajará bajo una metodología especial, explicarles sobre el funcionamiento, las reuniones semanales, los equipos de trabajo y los encargados de las tareas para que todos los miembros del equipo sean conscientes del método de trabajo a utilizar en el proyecto. Claramente esto no se realiza en SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. y el plan es realizar una reunión previa al inicio del proyecto, en la cual estén presentes el maestro de obras, ayudantes, peones y operarios para informarles y explicarles los métodos de trabajo.

El plan intermedio es una práctica que SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. no realiza como lo describe la teoría, sino que toman el plan maestro o cronograma y a partir de este solo acomodan las actividades a realizar semana a semana, no hay un control de las actividades que vienen en las posteriores semanas y esto muchas veces ha causado retrasos en las obras especialmente cuando se necesita un material específico que es difícil de conseguir. Como parte del proceso de implementación se desarrolla una hoja de control, en la cual se clasificarán las actividades a realizar con una proyección de 3 semanas para poder dar un rango aceptable a la planificación, y a la vez no sobrecargar la hoja de actividades para poder tener un mejor control, ya que es la primera vez que se utilizará esta herramienta. Lo anterior se estableció con la colaboración de los encargados de proyecto, la revisión y sugerencias de la literatura y posterior a la revisión del cronograma del proyecto. Adicional a esta hoja de control de actividades se desarrolla una sección para el análisis de las restricciones y para el inventario de trabajo ejecutable (ITE) de las actividades presentes en las semanas proyectadas.

Con respecto a la reunión de planificación semanal, actualmente lo que se realiza es una reunión más enfocada a la inspección, en la que están presentes los ingenieros del cliente y de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A., algunas veces están los subcontratistas que tenga SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. o algún proveedor para revisión de las fichas técnicas del producto a colocar. En estas reuniones por lo tanto no se tocan temas de descripción de actividades a realizar, la asignación de responsabilidades ni se realiza la revisión de porcentajes de trabajo completado y causas de no cumplimiento, entre otros. Debido a esto, el proceso de implementación que se establece es crear un espacio los lunes, posterior al ingreso del personal y de la asignación de las tareas a realizar, para reunirse con los encargados y realizar la revisión de las actividades del programa semanal que inicia, de los porcentajes metas para cada actividad o proceso y asignar el responsable del cumplimiento del porcentaje acordado al finalizar la semana. Adicional a esto, es importante realizar la revisión de las estadísticas del proyecto y del plan semanal que está terminando. Las reuniones de inspección que se desarrollan hasta el día de hoy no serán remplazadas por estas reuniones de planificación, por el contrario, se utilizarán también como un método de medición y control de los porcentajes de avance del proyecto.

El cumplimiento de los porcentajes de avance establecidos para cada plan semanal será medido con el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) y las Causas de No Cumplimiento (CNC), estas son dos herramientas que utiliza el Last Planner System, y que serán implementadas mediante las hojas de cálculo donde se podrán medir y graficar los resultados de cada semana y los resultados acumulados del proyecto. Con los resultados que se obtengan de los gráficos de las causas de no cumplimiento y el porcentaje de actividades completadas, se analizarán y se buscará la manera de que las causas de no cumplimiento que afectaron en una semana no se repitan en las siguientes semanas, para poder alcanzar el escenario ideal de un 100% de actividades completadas.

En el cuadro 10 se muestran los resultados de las buenas prácticas Lean aplicadas por las empresas constructoras en Costa Rica. Empresas como; Clean Construction, Edificar, Edica, EVCO, utilizan prácticas muy similares y que coinciden con las recomendadas por la teoría en el cuadro 8. En la última línea del cuadro 10 el ingeniero John Rojas Quesada quien ha laborado como ingeniero residente para empresas como; Edica, Edificar, EVCO, brinda un aporte con base en las experiencias que ha tenido en cada una de ellas. El ingeniero John Rojas menciona que cada empresa tiene una visión un tanto distinta del Last Planner System, pero sin embargo todas mantienen la estructura que recomienda la teoría.

Una vez se tienen identificadas las buenas prácticas de la empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A., las buenas prácticas recomendadas por la teoría y las que aplican día a día las empresas en el mercado costarricense y se cuenta con un proceso para la implementación de las acciones, se procede con el desarrollo de la filosofía Lean mediante la herramienta Last Planner System para la empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. En el cuadro 11, se pueden identificar los recursos en los que debe invertir SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. para la aplicación de la filosofía. En cuanto a los recursos materiales, no hay nada que requiera de una inversión alta de dinero, ya que las tablas para planificación se desarrollarán en Microsoft Excel® con el cual la empresa ya cuenta, con respecto a la sala de reuniones, se utilizará un espacio anexo a la bodega en el cual normalmente se realizan las revisiones de los planes y se encuentra el cronograma de trabajo. Un recurso que sí es indispensable es la pizarra para colocar las actividades semanales, los porcentajes de avance y el responsable de cada actividad. Para esto si es necesario habilitar un espacio junto a la pizarra del cronograma del proyecto en la sala en la que se realizarán las reuniones, la idea de esta pizarra es que los encargados de las actividades puedan tener acceso fácil y rápido a la planificación semanal, por último, un recurso que debe existir en todo proyecto es la documentación del avance del proyecto.

Por otra parte, el recurso humano requerido para la implementación es un coordinador de Last Planner System, que se encargue de actualizar los datos y crear los planes intermedios, los semanales, asignar los porcentajes de avance y los encargados a cada una de las actividades. Se requiere tener un equipo de trabajadores dispuestos a colaborar y a seguir las indicaciones y tareas que se les asignen, como lo comentaron los entrevistados una de las posibles complicaciones ante la aplicación de esta nueva metodología es la resistencia al cambio que tengan los colaboradores. El ingeniero a cargo de es un recurso indispensable para el control, planificación y manejo de la obra en general, es el profesional que está más informado y que mejor conoce el proyecto, por lo que la información y datos que este pueda brindar al coordinador de la herramienta Last Planner es fundamental para el buen funcionamiento de esta.

## **Guía para la implementación del Last Planner System**

La guía para la implementación del Last Planner System (LPS) muestra una metodología detallada y estructurada para la aplicación efectiva de esta herramienta. La guía se compone de varias secciones, cada una dedicada a aspectos específicos del LPS:

En el plan maestro (planificación a largo plazo) se establece la importancia de alinear el plan maestro con el cronograma del proyecto. Se destaca la integración de la plantilla del plan maestro con el software Microsoft Project® para evitar errores y asegurar la coherencia entre las actividades y fechas planificadas. Plan intermedio (Look Ahead): Se detalla el propósito del plan intermedio y se proporcionan instrucciones paso a paso para su implementación. Se muestra una plantilla correspondiente al plan intermedio para facilitar su uso y comprensión. Para el análisis de restricciones; se explica la función de esta sección y cómo identificar tareas con restricciones. La herramienta asigna automáticamente las tareas con restricciones, y el encargado debe proporcionar una descripción y designar a alguien para liberar la actividad. Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE): Se describe qué actividades pertenecen al ITE y cómo iniciar la fase del "SE PUEDE". Se ofrece una explicación detallada sobre el funcionamiento de la plantilla correspondiente. Plan semanal: Se explica el proceso de planificación semanal y cómo se relaciona con las fases del "SE PUEDE" y "SE HARÁ". Se proporciona una plantilla para la planificación semanal, con indicaciones claras sobre su uso y gestión. Además, se destacan los indicadores clave del LPS, como el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) y las Causas de No Cumplimiento (CNC). Se explica cómo utilizar las plantillas para recopilar datos y generar gráficos que ayuden en el seguimiento y análisis de los resultados obtenidos.

# Implementación Last Planner System

El proceso de implementación se desarrolló en conjunto con los encargados del proyecto, tomando en cuenta todos los puntos y buenas prácticas que se han mencionado anteriormente, así como las necesidades a cubrir. Como paso inicial se necesitan las herramientas para el control del avance de obra, por lo que se procede con la creación de un machote en Microsoft Excel® el cual contenga todas las fases que el Last Planner System sugiere; plan maestro, plan intermedio, análisis de restricciones, inventario de trabajo ejecutable y el plan semanal de trabajo. Para el desarrollo de esta herramienta se utilizaron sugerencias y ejemplos encontrados en los documentos de consulta, con el fin de que la herramienta fuera lo más completa posible, durante el periodo de creación se realizaron mejoras en las ecuaciones y los diseños de las distintas hojas con el fin de asegurar una fácil comprensión y adaptación al usuario.

Con respecto al Plan Maestro este fue suministrado por la empresa, a través de un cronograma en Microsoft Project®, del cual se tomaron las actividades y se insertaron en la hoja desarrollada para el plan maestro en Microsoft Excel®. Cuando se estaban ingresando las actividades a la hoja se evidenció que algunos procesos constructivos estaban descritos de forma muy general, por lo que se no se tenía un desglose de las actividades y los periodos de duración, para esto se realizó una revisión del cronograma con el ingeniero Jorge Sánchez en la cual se desglosaron algunos de los procesos que estaban descritos de manera muy general en el cronograma inicial como por ejemplo los cimientos, que fueron desglosados en: armaduras, colocación y colado y pedestales. Otro ejemplo fueron los muros de retención, los cuales fueron desglosados en: colocación de la armadura y el colado de losa, armadura del muro, colocación y relleno de bloques. Y las duraciones teóricas para cada una de estas nuevas actividades. En caso de que durante la ejecución del proyecto suceda algún cambio en el diseño, se deberá actualizar el cronograma para incluir o eliminar la o las tareas necesarias según la orden de cambio presentada y aprobada.

En las figuras de la 29 a la 36 correspondientes al plan maestro del proyecto Bodega Z Bridgestone, se puede apreciar que hay una columna la cual abarca las fechas desde el 18 de septiembre y hasta el 1 de octubre. El motivo por el cual esta columna fue insertada y no está contemplada dentro de la proyección de las primeras 3 semanas es que, por motivos propios del cliente, la firma del contrato no salió a tiempo, lo que causó un retraso considerable en el inicio de las obras. La decisión que tomó SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. ante esta situación fue enviar a los trabajadores y el material necesario para realizar las armaduras del proyecto, todo esto sin tener el contrato firmado por lo que no era posible realizar ninguna otra actividad. El atraso con la firma del contrato generó variaciones en las fechas que estaban definidas en el cronograma inicial, las cuales ya se ven reflejadas en las figuras mencionadas. El día 28 de septiembre se da el visto bueno para ingresar con el resto del equipo de trabajo y de materiales para dar inicio de manera oficial con el proyecto. Debido a este retraso, también se ve afectado el tiempo de aplicación de la herramienta Last Planner por motivos del plazo de entrega del informe final.

Para el Plan Intermedio o Look Ahead se estableció desarrollar 3 planes intermedios de 3 semanas cada uno, esto con el fin de facilitar el manejo de las actividades que se encontrarán en plan intermedio, el análisis de restricciones y el inventario de trabajo ejecutable. Al ser la primera vez que se aplican estas herramientas se pueden generar confusiones y pérdidas de información al tener una cantidad muy grande de tareas, adicionalmente, se consulta con los ingenieros encargados del proyecto y tras una revisión de las actividades a realizar, se establece que una proyección a 3 semanas es un periodo aceptable para este proyecto en específico. En la hoja desarrollada para el plan intermedio se establece la condición de la actividad mediante un primer análisis de las restricciones, en caso de no tener ninguna restricción la actividad pasará directamente al inventario de trabajo ejecutable, de no ser así, se incluirá automáticamente en la hoja para el posterior análisis de la restricción.

Durante el desarrollo del proyecto, específicamente durante la excavación de los cimientos y el muro del eje 11, se detecta que el nivel freático del terreno se encuentra a menos profundidad de lo esperado. Este acontecimiento genera preocupación en los ingenieros, se toma la decisión de iniciar con la excavación de la etapa 1 del muro de retención la cual es la excavación más profunda del proyecto. Esta decisión generó un

cambio importante en el desarrollo del proyecto ya que efectivamente se encontró que el nivel freático estaba muy alto por lo que fue necesario realizar una sustitución de 40 cm a lo largo de todo el muro de retención. Este acontecimiento generó una serie de cambios en el diseño que debían ser aprobado por el cliente, lo que generó atrasos e imposibilitaba empezar con las excavaciones de las placas aisladas que estaban más cerca del muro por un tema de riesgo con el terreno y que se necesitaba espacio para el trabajo de la maquinaria. Con el fin de no retrasar las obras y para poder asignarles trabajos a todos los miembros del equipo, los ingenieros deciden seguir avanzando en las obras que se encuentran más alejadas del muro de retención, por lo que se genera una revisión de cuales actividades del plan intermedio se pueden adelantar para posteriormente iniciar con los trabajos cercanos a la ubicación del muro de retención y contrarrestar de cierta manera los atrasos generados.

Bajo estas circunstancias se prueba la capacidad de respuesta que tiene la herramienta generada para el control de obra y el Last Planner System ante estos cambios inesperados en las fechas de inicio de cada actividad y los porcentajes de avance, ya que muchas de estas actividades no quedarán completadas en su totalidad como lo es el caso de las placas corridas que tienen un porcentaje alejado del muro que se puede trabajar y otro que deberá esperar hasta que el muro esté terminado.

Una vez se realiza el primer análisis de restricciones en la hoja correspondiente al pan intermedio, las actividades se dividen en 2 grupos o condiciones; restringida que pasará automáticamente a la hoja de análisis de restricciones o sin restricción, que también pasará automáticamente al inventario de trabajo ejecutable. La principal restricción que presentan las actividades de este proyecto son las a tareas predecesoras, ya que al depender de una actividad anterior no se puede dar inicio hasta que la anterior concluya. La hoja diseñada para el análisis de restricciones lo que busca es identificar exactamente cuál es la actividad que está generando una restricción, asignar un responsable de finalizarla que en este proyecto la mayoría de las actividades están bajo la responsabilidad del maestro de obras, y terminarla como máximo en la fecha máxima de fin especificada para evitar atrasos en las obras posteriores. Para los casos en los que la restricción que se identifica es la falta de materiales o herramientas, de igual forma se asigna un responsable para que realice la solicitud de compra con anticipación para no generar atrasos cuando se vaya a iniciar la actividad. Para cualquiera que sea la restricción que tenga la actividad analizada el proceso será el mismo.

El inventario de trabajo ejecutable ITE corresponde a todas aquellas actividades que en el análisis de restricciones desarrollado en la hoja del plan intermedio no presentan ninguna restricción, a este inventario se sumarán aquellas actividades que se encuentran en la hoja correspondiente al análisis de restricciones en el momento que sean liberadas de su restricción. El objetivo del ITE es mostrar las actividades habilitadas para que, a partir de estas, se genere el plan de trabajo semanal. El ITE es analizado semana a semana por el ingeniero y el maestro de obras para determinar cuáles actividades serán las asignadas la semana que inicia. El inconveniente que se presentó con el muro de retención ocasiona que algunas actividades que se encuentran en el inventario no sean asignadas al plan semanal.

El plan de trabajo semanal es una herramienta que antes de la aplicación del Last Planner System no se aplicaba en todos los proyectos de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A., sino que el método de trabajo era ir desarrollando las tareas según se describían en el cronograma del proyecto, además no se realizaba ningún tipo de control ni análisis de los avances semanales de obra ni las causas de no cumplimiento, por lo que esta es una herramienta muy valiosa para garantizar que las actividades se ejecutan de manera eficiente y que las causas de no cumplimiento sean identificadas y analizadas para generar ajustes que favorezcan el desarrollo del proyecto.

Como se mencionó anteriormente la planificación de este plan semanal es responsabilidad del ingeniero y el maestro de obras del proyecto, este será transmitido al resto del equipo el lunes en la reunión semanal, así como los responsables y los porcentajes de avance que se esperan obtener al finalizar la semana. El hecho de asignar porcentaje de avance teóricos a las actividades permite proyectar y probar el rendimiento de la cuadrilla. Posteriormente, se analizarán los datos de PAC y CNC, con el fin de identificar si quedaron trabajos pendientes de la semana anterior y la razón por la cual no se llegó a la meta de avance

establecida, este análisis le permitirá al encargado lograr un balance con respecto al rendimiento que tenga la cuadrilla.

Durante las primeras semanas de aplicación de la filosofía, se puede identificar como las principales causas de no cumplimiento de los porcentajes de avance fueron los materiales y equipo y el transporte, esto tanto para las 2 semanas en las que solo se ejecutaron actividades de armadura, como para las siguientes 2 semanas en las cuales se inició el proyecto de manera formal. Este hecho deja en evidencia que existe un problema con la solicitud y el envío de los materiales y el equipo necesario para desarrollar el proyecto. Con el fin de encontrar una solución, se establecen el siguiente plan:

## Plan de pedido y envío de materiales

Se establecen dos días a la semana para que los encargados del proyecto realicen los pedidos de materiales y equipo que necesitarán para el desarrollo de las diferentes actividades asignadas, y en el cual el encargado de las compras contará con un periodo de 2 días como máximo para hacer llegar los materiales al proyecto. Como se puede apreciar en las figuras 55 y 58 correspondientes a las semanas 3 y 7 y hay que sumar la semana 5, no se presentó ningún incumplimiento por falta de materiales, equipo o por problemas con el transporte. Además, es importante señalar que, aunque en las semanas 4 y 6 los materiales y equipo sí se encuentran entre las causas de no cumplimiento, estas no fueron generadas por una mala planeación, sino, por el retraso en la aprobación del submittal de los bastones.

Otro punto importante a mencionar y que fortaleció el plan generado para la solicitud y envío de materiales es que durante la cuarta semana del 16/10/2023 al 22/10/2023, el camión de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. fue robado, por lo que la empresa no contaba con la capacidad de enviar materiales al proyecto cada vez que se necesitaran, el encargado de compras desempeñó un papel de gran importancia coordinando el transporte con los diferentes proveedores para hacer llegar los materiales a tiempo y no retrasar las labores en campo.

Un aspecto importante para mencionar es que, durante las 9 semanas de aplicación de la herramienta, en ninguna se presentó un porcentaje de actividades completadas (PAC) menor al 70% que es el mínimo. El PAC más bajo se obtuvo durante la semana 2, con un 71%, como se puede observar en la figura 43, este porcentaje tan bajo se le atribuye a que solamente se asignaron 7 actividades al plan semanal, por lo que cada actividad representa un porcentaje más alto con respecto a las semanas que tienen más actividades asignadas. El caso contrario se encuentra en la semana 5 (figura 46), la cual presenta un PAC del 100%, esto es muy bueno, ya que representa un excelente desempeño por parte de todas las partes durante la semana. Se podría pensar que alcanzar el 100% es un indicador de que se asignó una carga de trabajo menor a la que el equipo es capaz de ejecutar, sin embargo, para en este plan semanal se asignaron 11 actividades, por lo que alcanzar un PAC del 100% se atribuye a un excelente rendimiento de todas las partes involucradas.

Analizando la figura 49 en la cual se muestra el porcentaje de actividades completadas promedio para las 9 semanas de aplicación de la herramienta, se puede decir que el rendimiento de la cuadrilla a lo largo del periodo de estudio fue bueno y casi excelente, pues el PAC promedio es de un 84.44%, el cual está muy cerca del 85% que es considerado un escenario excelente. A pesar de estar tan cerca de un excelente rendimiento, se deben seguir mejorando los métodos de trabajo y buscando como alcanzar un PAC cada vez más alto.

En la figura 50, generada a partir del resumen de porcentajes de actividades completadas, se observa el gráfico de desempeño a lo largo de las 9 semanas de aplicación de la filosofía Lean, a pesar de que los porcentajes se mantuvieron por encima del mínimo, se evidencian una serie de altibajos, los cuales se atribuyen a la cantidad y tipo de actividades que se asignaron a los planes semanales. En el plan de la semana 2, correspondiente al punto 4 del gráfico se asignaron muy pocas actividades y dos de ellas no fueron completadas, por lo que el PAC se vio muy afectado, por otro lado, para la semana 4, correspondiente al punto 6 del gráfico no se lograron completar 3 de las 13 actividades asignadas, sin embargo, las CNC fueron

por situaciones fuera de lo normal por lo que no se considera prudente culpar a un miembro del equipo, sino que son situaciones propias del proyecto. El escenario ideal y a lo que se aspira es que la línea correspondiente al PAC semanal se mantenga constante y por encima de un 85%, o bien, que vaya en aumento con cada semana que pasa.

Durante el periodo de aplicación de la filosofía en el proyecto se analizaron las causas de no cumplimiento en cada una de las semanas y se generó un gráfico en el cual se especifica el porcentaje de afectación de las diferentes causas, estos gráficos se pueden apreciar de la figura 51 a la 58. Tomando las causas de no cumplimiento de cada semana, se genera el gráfico de la figura 59 que corresponde a las causas de no cumplimiento del proyecto en general. Con este gráfico, se logra identificar que la principal causa de no cumplimiento fue la falta de materiales y equipo, con un 33%, esto a pesar de las acciones tomadas para reducir la incidencia de esta. La segunda causa con más incidencia fue el clima con un 21%, esto debido a que el proyecto se inició durante el invierno y en una temporada en la que el país se vio afectado por varias ondas tropicales, como tercera causa se encuentran las actividades predecesoras con un 17%. Un punto para rescatar es que solamente un 4% corresponde a mano de obra, lo que habla muy bien de la cuadrilla de trabajo que tiene la empresa en este proyecto en específico.

Los procesos y actividades constructivas desarrolladas por subcontratistas se manejaron de una manera distinta a aquellas desarrolladas por la cuadrilla de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. Estas actividades se mantuvieron dentro de los planes maestro e intermedio e incluso se realizaron los análisis de restricciones para determinar cuáles tareas podían afectar o ser afectadas por las que desarrollaría el subcontratista, además de poder establecer fechas para el ingreso y salidas de los subcontratos.

La implementación de la filosofía Lean Construction, específicamente a través de la herramienta del Last Planner System, se realizó con el fin de mejorar y satisfacer algunos puntos débiles que se encontraron en la planeación y ejecución de los proyectos de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A., como por ejemplo, la falta de un plan semanal el cual permita tener un mayor control de las actividades, los porcentajes de avance, mantener un flujo de trabajo más constante, con menos pérdidas y reducir los retrasos durante la ejecución del proyecto. Además, con los análisis de las causas de no cumplimiento, se lograron identificar algunas acciones que se corrigieron generando buenos resultados como lo fue el establecer un plan para el pedido y envío de materiales y equipo al proyecto, este plan no forma parte del alcance del Last Planner System pero sin el análisis de las CNC posiblemente el problema hubiera seguido generando atrasos y complicaciones durante todo el periodo de ejecución del proyecto.

Al momento de iniciar con la implementación de la filosofía, no se contaba con un manual de implementación el cual se le pudiera dar a los encargados del proyecto para guiarse durante las primeras semanas mientras se familiarizaban con la herramienta y su funcionamiento. Por este hecho y por qué los ingenieros no contaban con ningún tipo de experiencia previa en la filosofía Lean, fue necesario dar acompañamiento muy cercano durante las primeras semanas hasta que ellos se sintieran acoplados al nuevo método de trabajo. Con el objetivo de conocer cómo se han sentido los involucrados en la aplicación de la filosofía Lean y con el fin de obtener retroalimentación de lo que ellos consideran se está haciendo bien, y que se puede mejorar, se aplica la encuesta número 2 “Ambientación a la filosofía Lean Construction” al ingeniero Jorge Sánchez, la ingeniera Katherine Chaves y al maestro de obras Mario Cisneros.

## **Encuestas 2 “Ambientación a la filosofía Lean Construction” y 3 “Experiencia de aplicación de Lean Construction”**

Los resultados de la encuesta 2 “Ambientación a la filosofía Lean Construction” se pueden observar de la figura 60 a la figura 64 en el apartado de resultados. De esta se rescata que uno de los entrevistados

no tenía completamente claros algunos conceptos y procedimientos de la filosofía, por lo que se realizó una reunión con los tres encuestados en la cual se explicó a detalle cada paso del proceso. Con respecto a la facilidad de aplicación dos de ellos marcan que están medio satisfechos, por lo que en la reunión se les pide la retroalimentación necesaria para mejorar las hojas de trabajo, a lo cual ellos responden que la herramienta está funcionando bien, que es más un tema de acostumbrarse al cambio y a la nueva filosofía de trabajo. Con respecto a las mejoras en eficiencia y en la comunicación, los tres marcaron que se encuentran satisfechos con los resultados obtenidos.

Entre los desafíos que han enfrentado durante el proceso de aplicación se mencionan el acomodo y selección de las actividades que se adelantarían por el retraso generado con el muro de contención, así como el acoplarse al cambio en el método de trabajo, y que existe más presión por alcanzar los porcentajes asignados para cada actividad. Por otro lado, como procedimientos que han funcionado bien se destacan las proyecciones por medio del plan intermedio, y la comunicación y el control semana a semana ya que permite que todo el equipo de trabajo tenga un objetivo común y claro. Con respecto a las mejoras que se pueden realizar comentan que se podría integrar a los demás miembros del equipo de trabajo y no solamente a los encargados, también comentan que sería buena incluir los procesos desarrollados por los subcontratistas, sin embargo, como se mencionó anteriormente, a pesar de que la filosofía Lean y la herramienta Last Planner System, sí los incluyen, por motivos del alcance de este trabajo final de graduación estos procesos no serán incluidos, pero sí se realizará la recomendación para que en proyectos posteriores sea implementado.

Durante el proceso de aplicación de la filosofía y con el fin de facilitar el proceso de adaptación de los responsables de los futuros proyectos en los cuales se aplicará la filosofía Lean y la herramienta desarrollada, se crea una guía de aplicación la cual se encuentra en la sección de apéndices (ver apéndice 1). En esta guía se realiza una introducción a lo que es Lean Construction, se explica el Last Planner System y las diferentes herramientas que lo componen, como el plan maestro, plan intermedio, el análisis de restricciones, inventario de trabajo ejecutable, plan semanal, porcentaje de actividades completadas y causas de no cumplimiento mientras se realiza una explicación de cómo utilizar la herramienta desarrollada en Microsoft Excel® así como recomendaciones de como implementar cada una de las hojas y que corresponden a los diferentes procesos del Last Planner System.

Una vez finalizadas las 9 semanas de aplicación de la filosofía se realiza una tercera encuesta al ingeniero Jorge Sánchez, la ingeniera Katherine Chaves y al maestro de obras Mario Cisneros con el objetivo de conocer cuáles fueron los beneficios obtenidos tras la aplicación de la filosofía y cuales herramientas consideran fueron efectivas y exitosas. Los resultados de la encuesta se pueden observar desde la figura 65 y hasta la figura 69. Los encuestados consideran como efectivos y exitosos el plan intermedio, ya que fue muy favorable para identificar las actividades a ejecutar con sus proyecciones a futuro, además rescatan la optimización en la secuencia de actividades durante la semana de trabajo, así como las reuniones semanales, ya que ayudaron a mejorar la comunicación y que todas las partes trabajaran son una meta en común.

Con respecto a los beneficios obtenidos destacan el control que se tuvo sobre las actividades futuras, un mayor compromiso por parte de los encargados en alcanzar los porcentajes de avance establecidos al inicio de la semana, también mencionan que tuvieron más claridad al momento de ejecutar las actividades y que se redujeron significativamente los tiempos muertos durante la semana. Por último, se les solicita mencionar cuales consideran ellos son los desafíos que se deben tomar en cuenta para futuras aplicaciones de la filosofía Lean, a lo cual mencionan que la capacitación del personal y la resistencia al cambio pueden tener un gran impacto. Para este proyecto en específico todos los involucrados fueron muy colaboradores, aceptaron las instrucciones y se comprometieron con la filosofía lo que facilitó la su aplicación. Otro punto que mencionan es que se debe asegurar el mantener una muy buena comunicación entre los encargados y las cuadrillas de trabajo, para que así todos estén claros en las tareas y funciones que deben desarrollar.

# Conclusiones y recomendaciones

## Conclusiones

- La empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A., aunque cuenta con un proceso de planificación estandarizado, presenta deficiencias significativas en la actualización de los cronogramas, la planificación y control de tareas, así como en la comunicación intermitente entre los responsables y las cuadrillas. Estas deficiencias han sido identificadas como oportunidades de mejora para fortalecer la eficiencia y la efectividad en la gestión de proyectos.
- A través de los resultados de la encuesta 1 “Conocimiento Lean Construction”, se identifica la necesidad de una inducción detallada sobre la filosofía Lean Construction para todos los responsables de proyectos, debido a la falta de conocimiento con respecto a los métodos, los beneficios y la finalidad de Last Planner System en la gestión de proyectos de construcción.
- Combinando los resultados obtenidos de las entrevistas, las conversaciones con los ingenieros y la revisión y análisis de cronogramas y presupuestos de proyectos pasados de la empresa, se identifican los procesos más críticos y que han afectado en mayor medida a la empresa bajo los criterios de plazo y costo en los diferentes proyectos desarrollados por SCH, estos procesos son: los acabados generales, los movimientos de tierras y el armado de armaduras.
- Con base en las experiencias pasadas, y tras un análisis del cronograma y presupuesto del proyecto “Bodega Z Bridgestone”, debido a su influencia tanto en el plazo como el costo del proyecto, se seleccionaron cinco procesos críticos: movimientos de tierras, cimentaciones, estructura metálica, acabados y armadura de placas. La identificación de estos procesos permitió a los encargados tomar las medidas necesarias para tener un mayor control sobre estos procesos.
- A través del estudio de la literatura se logran identificar las buenas prácticas del Last Planner System, lo cual permite evaluar la brecha existente entre las prácticas actuales de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. y las recomendadas por la metodología Last Planner System, estableciendo así un proceso de implementación para alcanzar o mejorar dichas prácticas. Algunos de los beneficios que brinda el Last Planner System son: la gestión durante el proceso de ejecución de obra, generando una reducción de los tiempos muertos de trabajo al establecer un plan y porcentajes de avance meta a cada tarea, genera una mejor comunicación entre los equipos de trabajo y un mayor control sobre el cumplimiento de los plazos establecidos para cada actividad.
- Se confeccionó una herramienta en Microsoft Excel® que abarca las fases sugeridas por el Last Planner System, como el plan maestro, plan intermedio, análisis de restricciones, inventario ejecutable de trabajo y el plan semanal con su respectivo porcentaje de actividades completadas y las causas de no cumplimiento para cada semana. Esta herramienta se desarrolló específicamente para SCH Consultoría y Construcción, con el fin de que se adapte de la mejor manera posible a los proyectos y a las necesidades que presenta la empresa y siguiendo el proceso de implementación que se desarrolló.
- Se desarrolla un proceso de implementación en colaboración con los responsables del proyecto “Bodega Z Bridgestone”, abordando las necesidades específicas y aplicando las buenas prácticas identificadas para la implementación de la filosofía Lean Construction, a través de la herramienta Last Planner System.



- La aplicación de las buenas prácticas del Last Planner System y los beneficios que traen consigo, sin duda se muestra como un pilar para una gestión ágil y eficaz de los proyectos constructivos de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A., permitiéndole alcanzar altos estándares de calidad, al mismo tiempo que fomenta una cultura de trabajo en equipo y mejora continua.
- Durante la implementación de la filosofía Lean en el proyecto “Bodega Z Bridgestone”, se puso a prueba la versatilidad tanto del Last Planner System como de la herramienta diseñada para manejar cambios inesperados y significativos en el orden de las actividades programadas y los porcentajes de avance determinados. Ambas demostraron una sólida capacidad de adaptación ante los cambios necesarios de manera efectiva y fácil.
- Durante la implementación de la filosofía Lean en el proyecto “Bodega Z Bridgestone” se obtuvo que la causa de no cumplimiento que representa mayor incidencia fue la falta de materiales y equipo con un 32%, el proyecto se desarrolló durante la temporada de invierno, por lo que se vio muy afectado por las lluvias la cual representa un 20% de las causas de no cumplimiento de todo el proyecto. A pesar de esto, el porcentaje de actividades completadas promedio fue de un 84.44%, el cual se encuentra dentro del rango recomendado y muy cerca del límite de excelencia de 85% lo que demuestra una buena planificación y efectividad en cada semana de trabajo.

# Recomendaciones

- Se recomienda a la empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A., antes de implementar la metodología en un nuevo proyecto, proporcionar una capacitación exhaustiva a todos los miembros del equipo, asegurándose que todos comprendan completamente los procesos y las herramientas a utilizar durante el proceso de ejecución del proyecto.
- Se recomienda a la empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A., implementar gradualmente la metodología a través de proyectos similares a “Bodega Z Bridgestone” como una primera fase, esto con el fin de que los equipos puedan adaptarse de manera más efectiva para su posterior aplicación en proyectos completos.
- Para la aplicación en futuros proyectos, se sugiere al encargado de la aplicación realizar un seguimiento constante del progreso del proyecto y de la utilización de las herramientas, con el fin de identificar cualquier desviación y poder tomar medidas correctivas a tiempo. Así como también obtener comentarios regulares de los equipos para identificar áreas de mejora y ajustar las herramientas y procesos para una implementación cada vez más eficiente.
- Se sugiere a la empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A., que la persona encargada de la planificación de los planes intermedios y semanales realice una revisión detallada del plan maestro y del presupuesto, con el fin de identificar las tareas que más críticas en términos de plazo y costo total para el proyecto y así poder tener un mayor control sobre estas.
- Se recomienda a la empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A., seguir aplicando el plan de pedidos y envío de materiales en futuros proyectos con el fin de mejorar la comunicación entre los encargados de los proyectos en campo y el equipo de compras para mejorar el proceso de pedidos y entregas de materiales y evitar retrasos por falta de materiales y equipo.
- Se recomienda a la empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A., que para proyectos futuros se integren los procesos y actividades desarrolladas por los subcontratistas dentro de la herramienta de planificación semanal para garantizar una sincronización adecuada y mejorar el flujo de trabajo, teniendo un mayor control de las actividades a desarrollar y los porcentajes de avance esperados durante la semana.
- Se recomienda a la empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A., invertir en recursos digitales y reutilizables para cada proyecto en el que se vaya a implementar la filosofía Lean Construction. Dado que el plan de trabajo experimenta cambios semana a semana, se genera un desperdicio significativo de papel. Estos recursos reutilizables permitirán una mayor flexibilidad y sostenibilidad en la gestión de la planificación y control de la obra.

# Referencias

- Aziz, R. F., & Hafez, S. M. (2013). Applying lean thinking in construction and performance improvement. Alexandria Engineering Journal.
- Barrantes, R. (1999). Investigación un camino al conocimiento un enfoque cualitativo y cuantitativo. Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Binda, N. U., & Balbastre-Benavent, F. (2013). Investigación cuantitativa e investigación cualitativa: buscando las ventajas de las diferentes metodologías de investigación. Revista de Ciencias Económicas, 31(2), 179-187.
- Cabrera Méndez, M. (2010). Introducción a las fuentes de información. Universidad Politécnica de Valencia.
- Cerdas Esquivel, C. (2009). Productividad de la mano de obra en la construcción costarricense. ULACIT, 24.
- Gómez Villa, P. A. (2022). Guía práctica para la implementación de la metodología LEAN Construction en el proyecto Termosuria. Bogotá, Colombia.
- Gutiérrez, N. (S.F.). Metodología para la aplicación del Last Planner System. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- H-DEQ. (2022). Guía de la aplicación de Last Planner System a los proyectos habitacionales de la empresa H-DEQ Diseño & Equilibrio.
- Hernández, R. Fernández, C y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. (sexta edición ed). México, DF: Mc Graw Hill.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2017). Cómo se originan las investigaciones cuantitativas, cualitativas o mixtas.
- Pérez Cervantes, J.C. (2004). Capítulo 1, Planeación y control de obra. Universidad de Américas Puebla.
- Picado Marchena, L. F. (2015). Aplicación de la filosofía Lean en la construcción del Centro Comercial Zona Centro. Cartago, Costa Rica.
- Porras Díaz, H., Giovanni, O., Rivera, S., Alberto, J., & Guerra, G. (2014). Lean Construction philosophy for the management of construction projects: a current review. Avances Investigación en Ingeniería Vol. 11- No. 1(2014).
- Pons Achell, J. F., & Rubio Pérez, I. (2019). Lean Construction y la planificación colaborativa. Metodología del Last Planner System. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
- Pond Achell, J. F. (2014). Introducción a Lean Construction. Madrid, España: Fundación Laboral de la Construcción.
- Project Management Institute. (2021). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK). 7th ed., Project Management Institute, Inc.
- Rivas Tovar, L. (2015). ¿Cómo hacer una tesis? Capítulo 6 La definición de variables o categorías de análisis. ResearchGate. Enlace

Rojas Quesada, J. M. (2021). Metodología de planificación basada en la filosofía “Last Planner” en la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería. Cartago, Costa Rica.

Sanchis Mestre, I. (2013). Last Planner System: un caso de estudio. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.

Taylor, S. J., & Bogdan, R. (1998). Introduction to Qualitative Research Methods: A Guidebook and Resource. New York: John Wiley & Sons.

Universidad de Cantabria, (S.F.), Pliego de prescripciones técnicas para la contratación del servicio de asistencia técnica a la dirección facultativa y de control de calidad de las obras de construcción del “Edificio Tres Torres”, Cantabria, España.

# Apéndices

**Apéndice 1:** Preguntas realizadas en las entrevistas y encuestas al personal de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A.

**Apéndice 2:** Evidencias visuales de los avances

**Apéndice 3:** Guía de implementación.

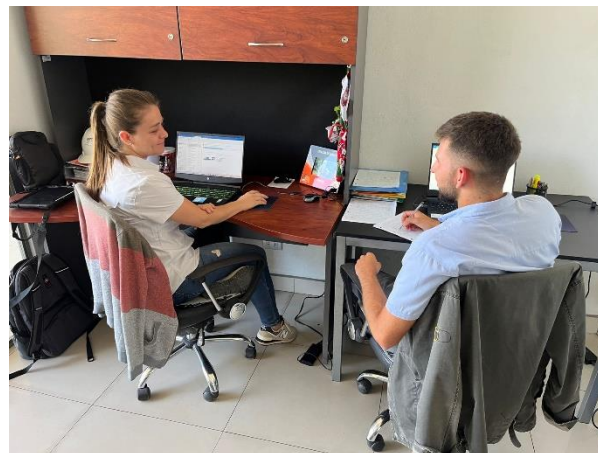
**Apéndice 4:** Resultados del proyecto piloto.

**Apéndice 1:** Preguntas realizadas en las entrevistas y encuestas al personal de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A.

- **Entrevistas**

1. ¿Cuál es su experiencia en proyectos de construcción en SCH y cuáles han sido sus principales actividades para realizar?
2. ¿Está familiarizado con la metodología Lean Construction? Si es así, ¿podría describir qué comprende sobre Lean Construction?
3. En los proyectos que ha estado involucrado, ¿Cuáles considera son los principales desafíos?
4. ¿Cómo describiría la eficiencia de los procesos constructivos desarrollados por la empresa SCH?
5. ¿Ha experimentado retrasos en proyectos anteriores? Si es así, ¿podría identificar cuáles fueron las principales causas de estos retrasos?
6. ¿Cómo cree que la implementación de Lean Construction podría mejorar la eficiencia y la productividad en los proyectos de construcción de SCH?
7. Según su experiencia ¿Qué desafíos anticipa en el proceso de implementación de Lean Construction y cómo se podrían abordar?

**Evidencia fotográfica entrevistas con los ingenieros Jorge Sánchez, Cesar Murillo y Katherine Chaves.**



- **Encuestas**

**Encuesta 1 “Conocimiento Lean Construction”**

1. Nombre
2. Cargo
3. Experiencia en la industria de la construcción
4. ¿Está familiarizado con la metodología Lean Construction?
5. Si su respuesta fue “Sí”, ¿podría describir brevemente qué es Lean Construction?
6. ¿Ha participado en algún proyecto en el que se implementara la metodología Lean Construction?
7. Si su respuesta fue “Sí”, ¿qué rol desarrolló en ese proyecto?
8. ¿Tiene conocimiento sobre la herramienta Last Planner System, podría describir brevemente que función tiene y como es su aplicación?
9. En una escala del 1 al 5, donde 1 es “Nada familiarizado” y 5 es “Muy familiarizado”, ¿Qué tan familiarizado se siente con la metodología Lean Construction y sus herramientas?
10. ¿Cuál es su opinión con respecto a la implementación de la metodología Lean Construction a los procesos constructivos de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A.?

**Encuesta 2 “Ambientación a la filosofía Lean Construction”**

1. Nombre
2. Cargo
3. ¿Qué rol desarrolla en el proyecto piloto?
4. En una escala del 1 al 5, donde 1 es “Muy insatisfecho” y 5 es “Muy satisfecho”, evalúe los siguientes aspectos:
  - a. Claridad de los procedimientos
  - b. Facilidad de aplicación
  - c. Efectividad en cuanto a mejoras en eficiencia
  - d. Comunicación entre equipos
5. ¿Cuáles han sido los desafíos que ha experimentado en la implementación de la metodología Lean Construction en el proyecto piloto?
6. ¿Qué aspectos de los procedimientos Lean considera han funcionado mejor en el proyecto?
7. ¿Qué aspectos considera se pueden mejorar en el procedimiento de aplicación Lean?

**Encuesta 3 “Experiencia de aplicación de Lean Construction”**

1. Nombre
2. Cargo
3. ¿Qué rol desarrolla en el proyecto piloto?
4. En una escala del 1 al 5, donde 1 es “Muy insatisfecho” y 5 es “Muy satisfecho”, evalúe los siguientes aspectos:
  - a. Claridad de los procedimientos
  - b. Facilidad de aplicación
  - c. Efectividad en cuanto a mejoras en eficiencia
  - d. Comunicación entre equipos
5. ¿Qué aspectos de la implementación de Lean Construction en el proyecto considera que fueron efectivos y exitosos?
6. ¿Cuáles fueron los principales beneficios que experimentó como resultado de la implementación Lean Construction en el proyecto?
7. ¿Cuáles son las principales preocupaciones o desafíos que considera se deben tomar en cuenta para futuras aplicaciones?



## **Apéndice 2:** Evidencia visual

Figura 1. Tareas semanales SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. y DCC.

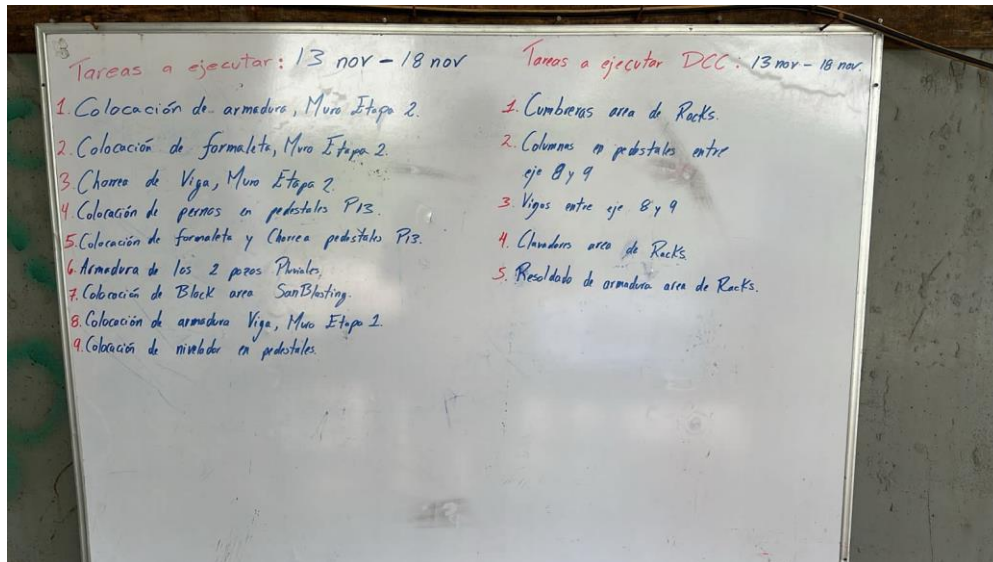
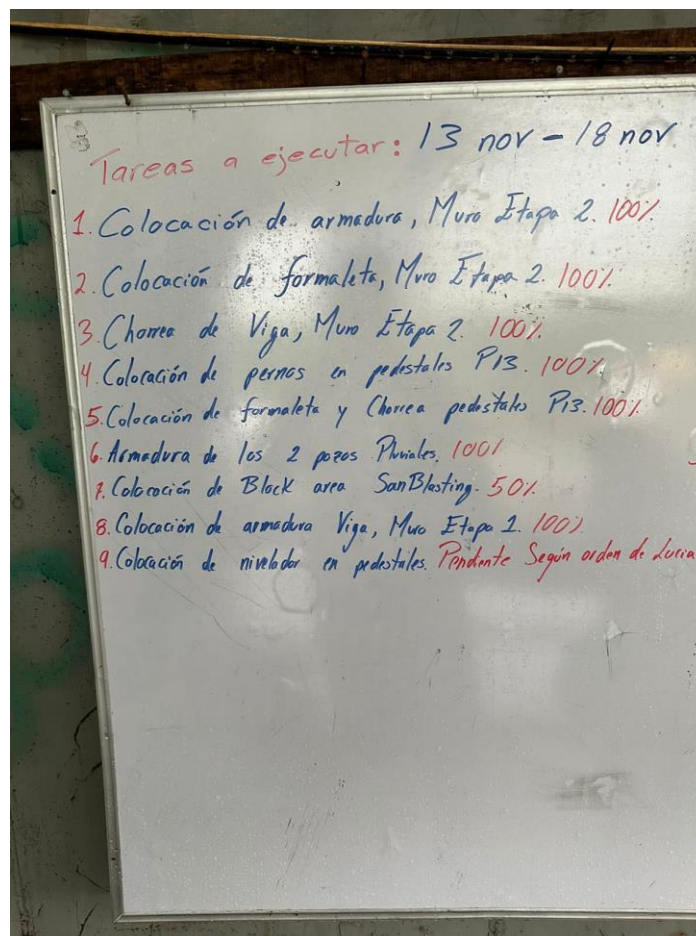
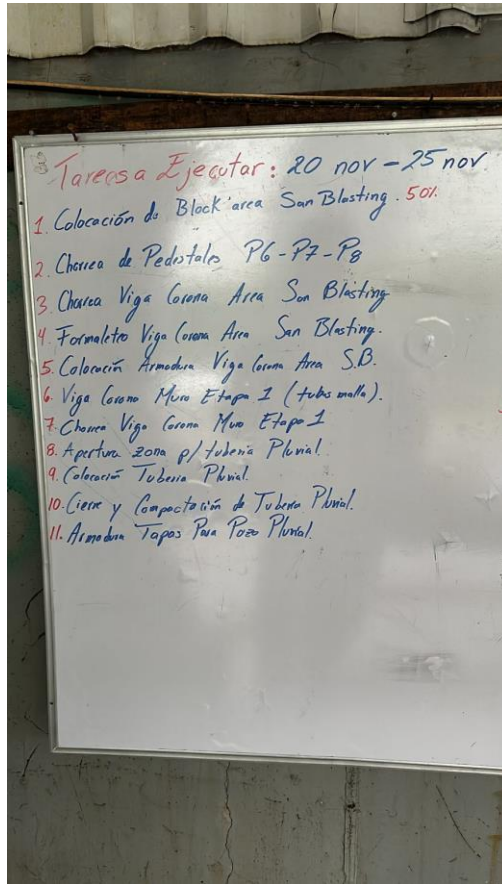


Figura 2. Porcentaje de Avance Real al finalizar la semana.



**Figura 3.** Tareas semanales SCH Consultoría y Construcción Tica S.A.



**Figura 4.** Asignación de tareas del plan de trabajo semanal por parte del responsable a los trabajadores SCH.





**Figura 5.** Asignación de tareas del plan de trabajo semanal por parte del responsable a los trabajadores SCH.



**Figura 6.** Asignación de tareas del plan de trabajo semanal por parte del responsable a los trabajadores de SCH y DCC.





**Figura 7.** Avances en Muro de Retención proyecto Bodega Z Bridgestone.



**Figura 8.** Evidencia de lluvias en el proyecto Bodega Z Bridgestone.





**Figura 9.** Avance de obra proyecto Bodega Z Bridgestone.



**Figura 10.** Avance de obra levantamiento de paredes proyecto Bodega Z Bridgestone.



## **Apéndice 3:** Guía de implementación.

# GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN

## Last Planner System

Diciembre, 2023

## SCH Consultoría y Construcción Tica S.A.

Dirección: Autopista 27, del peaje salida  
Atenas, 500 m Radial hacia Atenas.

Teléfono: 2446-8084  
Correo electrónico: [info@schcr.com](mailto:info@schcr.com)





# Introducción

Este manual se creó con el fin de servir como una guía para los equipos de trabajo y los futuros responsables del uso de la herramienta de aplicación Lean a través del Last Planner System, diseñada específicamente para la empresa SCH Consultoría y Construcción, contiene todas las instrucciones y pasos necesarios para la correcta aplicación de la herramienta diseñada en Microsoft Excel® con el fin de mejorar los procesos de planificación y control de obra de la empresa SCH. Se utilizan imágenes y definiciones como elementos de apoyo con el objetivo de explicar de la manera más clara posible cada uno de los procedimientos. Adicionalmente, se presenta un ejemplo de aplicación.

## Objetivo

Proporcionar a SCH Consultoría y Construcción una herramienta integral que facilite la comprensión y el uso eficaz de las plantillas diseñadas en Microsoft Excel® para la implementación de la metodología Lean Construction a través del Last Planner System en sus proyectos de construcción, con el fin de mejorar los procesos de planificación y control de obra.

## Alcance

El alcance de esta guía abarca los conceptos básicos de la filosofía Lean Construction, el Last Planner System y una descripción de los pasos a seguir para su efectiva implementación en SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. Se incluye la explicación práctica de las plantillas diseñadas específicamente para la aplicación del Last Planner System adaptadas al contexto de la empresa mediante Microsoft Excel®. Se detallan los parámetros de medición y evaluación de los resultados obtenidos durante la implementación de la herramienta en un proyecto real.

# Conceptos básicos

A continuación, se procede a explicar los conceptos básicos de la metodología Lean Construction con el fin de que el usuario cuente con el conocimiento teórico fundamental sobre la metodología, lo que facilitará el proceso de comprensión de cada una de las fases.

## Lean Construction

La filosofía Lean Construction, cuyo origen se remonta al Sistema de Producción Toyota desarrollado en la década de 1950 en Japón, el cual marcó un punto de inflexión con respecto a la optimización de los procesos en distintas áreas empresariales. Su éxito inmediato atrajo la atención de diversas empresas debido a sus notables resultados. Este enfoque se basa en la minimización o eliminación de actividades que no generan valor añadido para el producto o servicio final. Busca, en esencia, maximizar la eficiencia, calidad, efectividad y la satisfacción del cliente. Lauri Koskela adaptó esta exitosa estrategia al sector de la construcción en la década de los 90, proponiendo su aplicación en proyectos de esta índole. Lean Construction, por lo tanto, busca optimizar la productividad, reducir costos y plazos, y mejorar la calidad general de los proyectos a través de la identificación y eliminación de las pérdidas y todas aquellas actividades que no aporten valor al producto final a lo largo de todas las etapas de un proyecto.

## Last Planner System

Entre las diversas herramientas con las que cuenta la metodología Lean para cumplir su objetivo, en el mercado de la construcción se destaca el Last Planner System, el cual se puede definir como un sistema planificador y de control del desarrollo de proyectos de construcción, cuyo propósito es mantener un flujo de trabajo continuo y a su vez contribuir con el control de las actividades para disminución de las pérdidas y actividades que no generan valor (Sanchis, 2013).

Pons & Rubio (2019), dicen que el LPS puede entenderse como un mecanismo para la transformación de “lo que debería hacerse” en “lo que se puede hacer”, formando así un inventario de trabajo realizable, que puede ser incluido en los planes de trabajo semanal. La forma tradicional de planificación es ejecutar los trabajos que se deben hacer sin tener una perspectiva clara si se tienen los recursos o las condiciones adecuadas para desarrollarlos. El mecanismo de transformación de Last Planner, crea un inventario de trabajo ejecutable conocido como (ITE), que serán las labores que se pueden incluir en el plan de trabajo semanal.

**Figura 1.** Relación entre el DEBE-SE PUEDE-SE HARÁ y las fases de planificación del LPS.

RELACIÓN ENTRE EL DEBE-SE HARÁ-SE PUEDE Y LAS FASES DE PLANIFICACIÓN DEL LPS		
Debería	PROGRAMA MAESTRO	Establecer hitos y primeros acuerdos.
	PLANIFICACIÓN POR FASES	Especificar entregables y fechas de cada equipo/sector.
Se puede	PLANIFICACIÓN INTERMEDIA	Preparar trabajo, identificando restricciones y gestionando su liberación.
Se hará	PLANIFICACIÓN SEMANAL	Establecer compromisos de avance para el período.
Se hizo	APRENDIZAJE	Medir porcentaje de cumplimiento de compromisos del período (avance y gestión). Actuar sobre causas de no cumplimiento.

Fuente: Pons & Rubio, (2019).

## Plan Maestro

Programa general que se realiza previo al inicio del proyecto. En esta fase es en la que se define el “DEBE”, o que debería de ocurrir en el proyecto. Establece un mapa global de las actividades y la coordinación de estas. Es un programa general por lo que no cuenta con mucho nivel de detalle, sin embargo, si es necesario que tenga bien definidos los plazos de ejecución, recursos necesarios y que siga los hitos principales.

## Plan Intermedio (Look Ahead)

Plan en el que se identifican las tareas presentes en el Plan Maestro que necesitan ser completadas y se determinan las relaciones o vínculos que tienen con otras tareas. Este ejercicio lo que permite es tener un control del trabajo realizable, permitiendo identificar cuales tareas y que aspectos de esas tareas pueden ser restricciones para el desarrollo de otras, evitando así retrasos y tiempos muertos en obra. Para ello se deben revisar las tareas que se encuentran en un futuro cercano y estén próximas a realizar pero que estén lo suficientemente lejos para poder estudiarlas a detalle, Gutiérrez (S.F), explica que la amplitud de la ventana de tiempo depende de la naturaleza, complejidad y duración de las actividades, así como también del tiempo de reacción de los proveedores, subcontratistas y la duración total del proyecto.

# Plan Semanal

Última fase de la planificación del Last Planner System, es desarrollado por los encargados del proyecto ya que son los que están enterados de lo que está pasando en el proyecto. En el Plan semanal se establecen las actividades que serán desarrolladas por el personal durante la semana de trabajo, así como los porcentajes de avance para cada una de ellas.

# Implementación

Antes de dar inicio con la implementación del Last Planner System en un proyecto, es importante realizar algunas acciones previas.

## Selección e instrucción del equipo

Al momento de tomar la decisión de aplicar el Last Planner System a un proyecto, es de suma importancia que el personal que estará asignado sea seleccionado con anticipación, esto con el objetivo de poder informar con anticipación al equipo de trabajo (profesionales y colaboradores) sobre la aplicación de la herramienta en el proyecto en el que ellos estarán participando, y que así cada uno de los involucrados en el proyecto esté anuente a apoyar y participar de manera activa durante todo el proceso.

Del equipo de profesionales asignados al proyecto, es necesario designar al planificador o coordinador del Last Planner System, se recomienda que el profesional elegido sea el ingeniero residente o el asistente. Debido al tipo de proyectos que realiza la empresa SCH, no siempre se tiene un ingeniero residente, por lo que en este caso se recomienda que el ingeniero a cargo del proyecto sea asignado como el planificador.

Es necesario que en caso de que los profesionales involucrados en el proyecto no hayan utilizado la herramienta del Last Planner System en otras ocasiones, sean capacitados de manera que puedan evacuar todas las dudas que tengan con respecto a la implementación y funcionamiento de la metodología.

## Plantillas Last Planner System

A través del software Microsoft Excel® se creó un machote específicamente para la empresa SCH Consultoría y Construcción Tica S.A., el cual contiene las plantillas para cada una de las fases de planificación que componen el Last Planner System. A continuación, se desarrolla la explicación para la aplicación del Last Planner System mediante la utilización de la herramienta generada.

Dentro del servidor de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. se ha creado un espacio específico para la implementación del Last Planner System en la cual se puede encontrar una carpeta con dos archivos en MS Excel® correspondientes a los machotes.

**Ubicación:**



Dentro de esta carpeta se encuentran las plantillas que se muestran a continuación, las cuales serán las utilizadas a lo largo del periodo de implementación de la metodología en el proyecto y las cuales están configuradas para periodos de Look Ahead de 3, 4, 5 y 6 semanas hacia adelante.

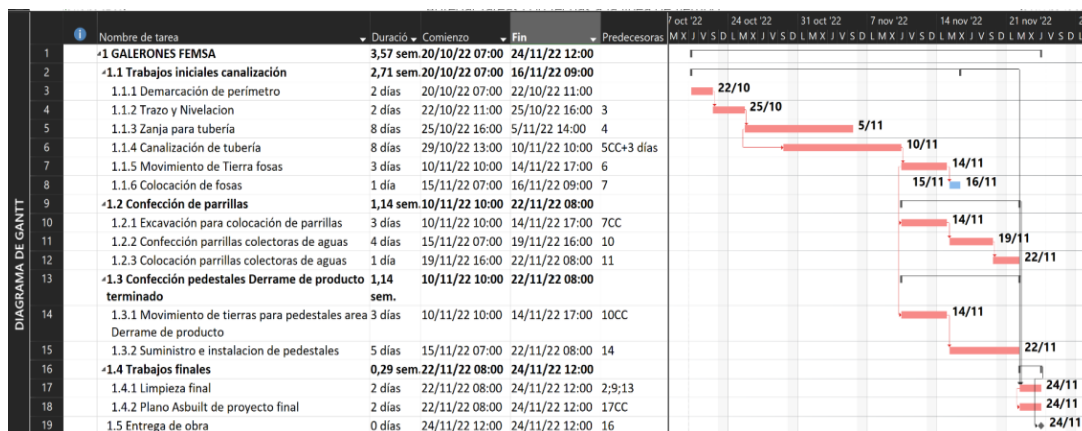


La plantilla de LPS deberá ser replicada con el paso de cada semana, por esto en el título es importante identificar a cuál semana de aplicación corresponde cada una de las plantillas generadas. Se recomienda y lo ideal es que se realice todo el proceso que se describirá a continuación para la adaptación de la plantilla para posteriormente tomar esta como la plantilla referencia para cada una de las semanas.

## Plan Maestro (Planificación a largo plazo)

El Plan Maestro es la etapa de planificación inicial del proyecto, en esta se determinan cada una de las actividades que serán ejecutadas durante el desarrollo del proyecto, se incluyen las fechas de inicio y duraciones de cada una de ellas. En otras palabras, el Plan Maestro es una extensión del cronograma del proyecto, por lo que para este punto es ideal que el cronograma de obra ya haya elaborado, SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. desarrolla sus cronogramas mediante el software MS Project®, el cronograma funciona como base para identificar los hitos importantes durante la planificación.

Figura. 2. Plan Maestro desarrollado en MS Project®



Fuente: Base de datos SCH, (2023)

El siguiente paso es copiar las actividades del cronograma con las duraciones y fechas de inicio y fin y pegarlas en la hoja con el nombre: "CRONOGRAMA" en la plantilla de Microsoft Excel® seleccionada, Como se muestra a continuación.

Figura 3. Sección del cronograma dentro de la herramienta de aplicación del LPS.

	A	B	C	D	E
		TAREA	Duración	Comienzo	Fin
1					
2		Nombre de tarea			
3		<b>GALERONES FEMSA</b>	<b>3,57 sem.</b>	<b>20/10/2022 07:00</b>	<b>24/11/2022 12:00</b>
4		<b>Trabajos iniciales canalización</b>	<b>2,71 sem.</b>	<b>20/10/2022 07:00</b>	<b>16/11/2022 09:00</b>
5		Demarcación de perímetro	2 días	20/10/2022 07:00	22/10/2022 11:00
6		Trazo y Nivelación	2 días	22/10/2022 11:00	25/10/2022 16:00
7		Zanja para tubería	8 días	25/10/2022 16:00	5/11/2022 14:00
8		Canalización de tubería	8 días	29/10/2022 13:00	10/11/2022 10:00
9		Movimiento de Tierra fosas	3 días	10/11/2022 10:00	14/11/2022 17:00
10		Colocación de fosas	1 día	15/11/2022 07:00	16/11/2022 09:00
11		<b>Confección de parrillas</b>	<b>1,14 sem.</b>	<b>10/11/2022 10:00</b>	<b>22/11/2022 08:00</b>
12		Excavación para colocación de parrillas	3 días	10/11/2022 10:00	14/11/2022 17:00
13		Confección parrillas colectoras de aguas	4 días	15/11/2022 07:00	19/11/2022 16:00
14		Colocación parrillas colectoras de aguas	1 día	19/11/2022 16:00	22/11/2022 08:00
15		<b>Confección pedestales Derrame de producto terminado</b>	<b>1,14 sem.</b>	<b>10/11/2022 10:00</b>	<b>22/11/2022 08:00</b>
16		Movimiento de tierras para pedestales area Derrame de producto	3 días	10/11/2022 10:00	14/11/2022 17:00
17		Suministro e instalacion de pedestales	5 días	15/11/2022 07:00	22/11/2022 08:00
18		<b>Trabajos finales</b>	<b>0,29 sem.</b>	<b>22/11/2022 08:00</b>	<b>24/11/2022 12:00</b>
19		Limpieza final	2 días	22/11/2022 08:00	24/11/2022 12:00

Es sumamente importante que se respeten las columnas asignadas para las tareas, la duración y las fechas de inicio y fin, ya que, de no ser así, la programación de la herramienta no funcionará de manera adecuada. Una vez desarrollado el Plan Maestro, lo que se debe hacer es definir según las características del proyecto el número de semanas que se contemplaran en el Plan Intermedio (look ahead). Esto con la intención de seccionar la plantilla con el periodo correspondiente para que sea más sencillo identificar las tareas.

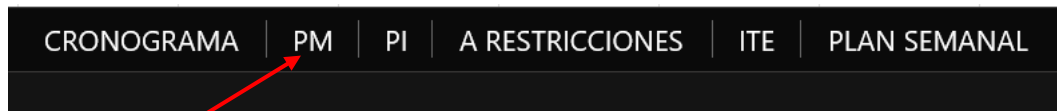


Figura 4. Plan maestro con periodos de 4 semanas.

SCH CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN		SCH Consultoría y Construcción																			
NOMBRE DEL PROYECTO		4 SEMANAS				4 SEMANAS				4 SEMANAS				4 SEMANAS				4 SEMANAS			
ACTIVIDAD		SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14	SEM 15	SEM 16	SEM 17	SEM 18	SEM 19	SEM 20
GALERONES FEMSA																					
Trabajos iniciales canalización																					
Demarcación de perímetro																					
Trazo y Nivelación																					
Zanja para tubería																					
Canalización de tubería																					
Movimiento de Tierra fosas																					
Colocación de fosas																					
Confección de parrillas																					
Excavación para colocación de parrillas																					
Confección parrillas colectoras de aguas																					
Colocación parrillas colectoras de aguas																					
Confección pedestales Derrame de producto terminado																					
Movimiento de tierra para pedestales area Derrame de producto																					
Suministro e instalacion de pedestales																					

En la figura 4 se aprecian las divisiones a cada 4 semanas, como se mencionó anteriormente, existen plantillas para aquellos casos en que el proyecto requiera periodos de 3, 5 o 6 semanas. La información que se presenta en este cuadro corresponde a la fase "SE DEBE". A continuación, en la Figura 5, se presenta una sección del Plan Maestro realizado durante el proceso de aplicación del Proyecto Piloto.

Figura. 5. Ejemplo de Plan Maestro Proyecto Piloto.

NOMBRE DEL PROYECTO		3 semanas			3 semanas			3 semanas			
Bodega Z Bridgestone											
ACTIVIDAD		18/9 AL 1/10	2/10 AL 8/10	9/10 AL 15/10	16/10 AL 22/10	23/10 AL 29/10	30/10 AL 5/11	6/11 AL 12/11	13/11 AL 19/11	20/11 AL 26/11	27/11 AL 3/12
<b>PRELIMINARES</b>											
Ingreso de material											
Confección de bodegas para materiales secos en bodega Z											
Ajustar niveletas											
<b>REUBICACIÓN DE MALLA EXISTENTE</b>											
Apertura de zona actual de ubicación de malla											
Colocación de varillas y soldadura exotérmica											
Colocación de cajas de registro											
<b>RELLENO + PRUEBAS</b>											
Pruebas de compactación de lo existente											
Relleno de 20cm											
Pruebas de compactación											
Relleno de 20cm											
Pruebas de compactación											
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>											
Excavación de cimientos de placas aisladas y sello											
Excavación de placas corridas y sello											
Excavación y sello del área del muro de retención Etapa 1											
Excavación y sello del área del muro de retención Etapa 2											
Excavación y sello del área del muro de retención Etapa 3											

## Plan Intermedio (Look Ahead)

La planificación intermedia corresponde a la fase “SE PUEDE”. Para esta etapa es crucial que el planificador encargado decida el periodo o ventana de proyección con la que va a trabajar, ya que una vez se toma esta decisión no se puede cambiar durante el proceso de aplicación. Por el tipo de proyectos que desarrolla SCH se llegó al acuerdo de utilizar periodos de 3 a 6 semanas, con el fin de que el encargado pueda elegir a conveniencia.

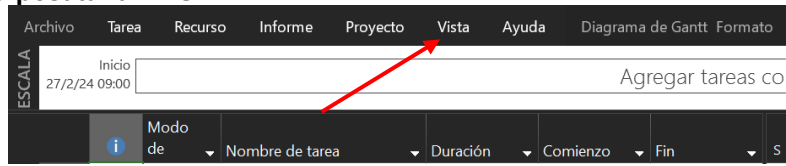
A partir de este punto, es necesario que la plantilla se actualice semana a semana, esto debido a que, si en la semana 1 el planificador decide utilizar una proyección de 4 semanas de las actividades futuras, al finalizar la semana 1 la ventana se va a ver reducida y solo contará con 3 semanas, por lo que se deben ingresar al Plan Intermedio las tareas que se encuentran en el Plan Maestro correspondientes a la semana 5. Se recomienda que este proceso se realice los viernes o sábados para poder tener la proyección completa, al momento de iniciar la siguiente semana.

El proceso de selección de las actividades para cada semana puede ser un tanto complejo, por lo que se recomienda al planificador utilizar el Plan Maestro de la figura 5 como una guía, y complementar este análisis con el documento de MS Project, en el cual se pueden filtrar las actividades por fechas. Para ello se deben seguir los siguientes pasos:



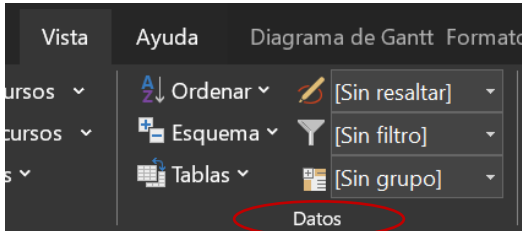
- Dirigirse a la pesataña “VISTA”

1

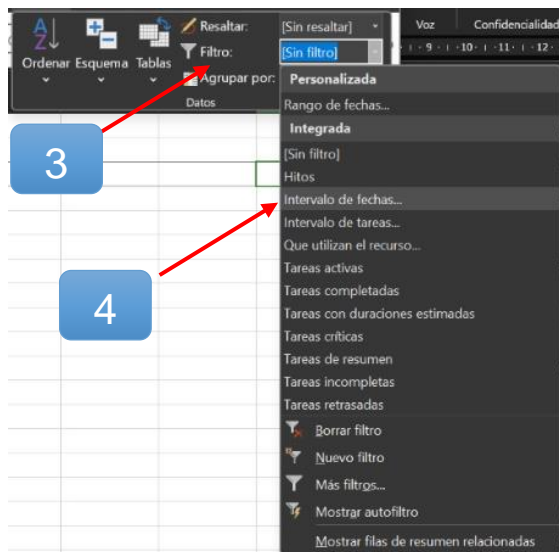


- Dar click sobre la opción “DATOS”

2

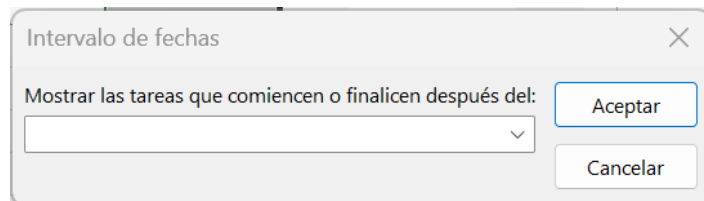


- Seleccionar la opción “FILTROS”
- Seleccionar la opción “INTERVALO DE FECHAS”



- Digitar el intervalo de fechas que se desea filtrar.

5



Esta herramienta facilitará y agilizará el proceso de identificación de las tareas que se deben extraer del Plan Maestro. A continuación, en la figura 6 se muestra la plantilla correspondiente al Plan Intermedio.

Figura 6. Plan Intermedio (Look Ahead).

NOMBRE DEL PROYECTO		ANÁLISIS DE RESTRICCIONES									CONDICIÓN	FECHA DE INICIO
ACTIVIDAD		DISEÑO	SUBMITTALS	PREDECESORA	MATERIALES / EQUIPO	SUBCONTRITO	CLIENTE	CURSOS	MANO DE OBRA	OTRO		
0	1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
0	2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
0	3	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
0	4	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
0	5	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
0	6	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
0	7	OK	X	X	X	X	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	
0	8	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
0	9	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
0	10	OK	OK	X	OK	OK	X	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	
0	11	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
0	12	OK	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	
0	13	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
0	14	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	
0	15	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	

Tomando como referencia la figura 6 se explican los pasos a seguir para el desarrollo del Plan Intermedio (Look Ahead).

### Pasos para desarrollo del Plan Intermedio (Look Ahead)

- Una vez que se tienen identificadas las actividades que forman parte de la primera proyección, se debe incluir en la columna "ACTIVIDAD". La herramienta fue configurada para que al posicionarse sobre cada una de las celdas se despliegue la lista de las actividades del proyecto, desde esta lista el planificador deberá seleccionar las actividades que conformaran el Plan Intermedio según el filtro de actividades que se realizó en MS Project® y el Plan Maestro.

Figura 7. Selección de actividades que conforman el Plan Intermedio (Look Ahead).

NOMBRE DEL PROYECTO	
ACTIVIDAD	
Trabajos iniciales canalización	1
Confección parrillas colectoras de aguas	2
0	3
0	4
Confección de parrillas	
Excavación para colocación de parrillas	
Confección parrillas colectoras de aguas	
Colocación parrillas colectoras de aguas	
Confección pedestales Derrame de producto terminado	
Movimiento de tierras para pedestales area Derrame de producto	
Suministro e instalacion de pedestales	
Trabajos finales	
Limpieza final	

- Una vez que se seleccionan todas las actividades que se encuentran en esa proyección hacia adelante, se procede a hacer una revisión de cada una de ellas, con el fin de identificar alguna

restricción que impida ejecutar la actividad. Este análisis se debe realizar para todas las actividades. En caso de no encontrar ninguna restricción, se dejarán las casillas como están por default con la palabra "OK". Esto se reflejará en la columna "CONDICIÓN" como una actividad "SIN RESTRICCIÓN", por el contrario, si se identifica alguna restricción se debe digitar una "X" en la o las celdas correspondientes, lo que dará como resultado en la columna "CONDICIÓN" una actividad "RESTRINGIDA". Por último, en la columna "FECHA DE INICIO" se debe ingresar la fecha de inicio de la actividad según lo especificado en el Plan Maestro.

Figura 8. Sección del Plan Intermedio (Look Ahead).

NOMBRE DEL PROYECTO	2.1	ANÁLISIS DE RESTRICCIONES									CONDICIÓN	FECHA DE INICIO
		DISEÑO	SUBMITTALS	PREDECESORA	MATERIALES / EQUIPO	SUBCONTRTO	CUENTE	CURSOS	MANO DE OBRA	OTRC		
ACTIVIDAD												
Trabajos iniciales canalización	1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	15/12/2023
Confección parrillas colectoras de aguas	2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	16/12/2023
Canalización de tubería	3	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	17/12/2023
Trabajos finales	4	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	18/12/2023
Colocación de fosas	5	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	X	OK	RESTRINGIDA	19/12/2023

3- Repetir los pasos 1 y 2 cada semana para mantener completo y actualizado el Plan Intermedio.

A continuación, se presenta la Figura 9 en la cual se muestra una sección del Plan Intermedio (Look Ahead) del proyecto piloto desarrollado.

Figura 9. Ejemplo Plan Intermedio Proyecto Piloto.

BRIDGESTONE BODEGA 2		ANÁLISIS DE RESTRICCIONES									CONDICIÓN	FECHA DE INICIO
		DISEÑO	SUBMITTALS	PREDECESOR	MATERIALES / EQUIPO	SUBCONTRTO	CUENTE	CURSOS	MANO DE OBRA	OTRO		
ACTIVIDAD												
Ingreso de material	1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	28/9/2023
Confección de bodegas para materiales secos en bodega Z	2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	28/9/2023
Ajustar niveletas	3	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	2/10/2023
Apertura de zona actual de ubicación de malla	4	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	6/10/2023
Colocación de varillas y soldadura exotérmica	5	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	7/10/2023
Colocación de oajas de registro	6	OK	OK	X	X	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	11/10/2023
Pruebas de compactación de lo existente	7	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	5/10/2023
Relleno de 20cm	8	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	6/10/2023
Pruebas de compactación	9	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	13/10/2023
Relleno de 20cm	10	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	14/10/2023
Pruebas de compactación	11	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	20/10/2023
Excavación de cimientos de placas aisladas	12	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	14/10/2023
Excavación de placas corridas	13	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	14/10/2023
Excavación del área del muro de retención Etapa 1	14	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	28/10/2023
Armadura P13	15	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	5/10/2023
Armadura P12	16	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	6/10/2023
Armadura PC1	17	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	7/10/2023
Colocación y Chorra de cimentación PC1	18	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	20/10/2023
Armadura PC2	19	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	7/10/2023
Colocación y Chorra de cimentación PC2	20	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	20/10/2023
Armadura P6	21	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	6/10/2023
Armadura P7	22	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	10/10/2023
Armadura P8	23	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	13/10/2023
Armadura 3P7	24	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	6/10/2023
Armadura 3P8	25	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	10/10/2023
Armadura 3P12	26	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	13/10/2023
Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 1	27	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	9/10/2023
Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 2	28	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	17/10/2023
Cimentaciones de Muro EJE 11	28	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	2/10/2023

# Análisis de restricciones

Dentro de la Planificación Intermedia (Look Ahead), se desarrolla el apartado de análisis de restricciones, el cual tiene como función principal definir las limitaciones que presentan las actividades a ejecutar. En la herramienta desarrollada se aprovecha el análisis realizado en el paso 2 del Plan Intermedio y todas las actividades a las que se les identificó algún tipo de restricción, automáticamente la herramienta las pasará a la plantilla correspondiente para el análisis.

En la plantilla de análisis de restricciones, se realizará una pequeña descripción de la restricción que presenta la actividad, se asigna a un encargado de liberar dicha restricción, la herramienta define una fecha límite para realizar la liberación de la restricción y evitar retrasos. Por último, se asignará de manera manual el estado en el que se encuentra la actividad (LIBRE o PROCESO). Una vez la actividad sea clasificada como “LIBRE” esta automáticamente pasará a la plantilla de Inventario de Trabajo Ejecutable.

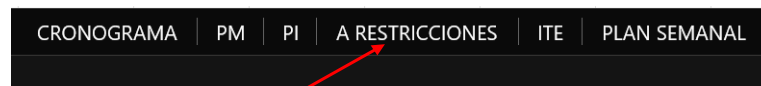


Figura 10. Análisis de restricciones

REVISIÓN		NOMBRE DEL PROYECTO				
SEMANA	1	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	ENCARGADO	FECHA MAX DE LIBERACIÓN	ESTADO
FECHA						
	1	ITE				
	2	ITE				
	3	ITE				
	4	ITE				
	5	ITE				
	6	ITE				
	7	ITE				

Toda actividad que pueda ser considerada como una restricción para algún proceso debe aparecer en la plantilla para su respectivo análisis, si durante la reunión de seguimiento o bien durante la planificación se observa que la descripción de restricción no aplica o bien ya fue resuelta entonces se debe modificar al Estado “LIBRE” para poder ser considerada en el Inventario de Trabajo Ejecutable. A continuación, se presenta la figura 11 con un ejemplo del análisis de restricciones del proyecto piloto.

Figura 11. Ejemplo de Análisis de restricciones Proyecto Piloto.

REVISIÓN		BRIDGESTONE BODEGA Z				
SEMANA	3	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	ENCARGADO	FECHA MAX DE LIBERACIÓN	ESTADO
	6	Colocación de cajas de registro	COMPRA DE MATERIALES Y PREDECESORA	ING	10/10/2023	PROCESO
	28	Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 2	EXCAVACIÓN	ING-SUBCONT	16/10/2023	PROCESO
	29	Placas de asientos	PEDESTALES	MO	24/10/2023	PROCESO
	30	Colocación y Chorrea de cimentación	EXCAVACIÓN	ING / SUBCONT	24/10/2023	PROCESO
	31	Colocación y Chorrea de cimentación P12	EXCAVACIÓN	ING / SUBCONT	19/10/2023	LIBRE
	32	Colocación y Chorrea de cimentación P6	EXCAVACIÓN	ING / SUBCONT	24/10/2023	LIBRE
	33	Colocación y Chorrea de cimentación P13	EXCAVACIÓN	ING / SUBCONT	19/10/2023	LIBRE
	36	Vigas VC-8 Etapa 1	CIMENTACIÓN MURO DE RETENCIÓN ETAPA 1	MO	25/10/2023	PROCESO
	37	Vigas VC-8 Etapa 2	CIMENTACIÓN MURO DE RETENCIÓN ETAPA 2	MO	30/10/2023	PROCESO
	38	Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 3	CIMENTACIÓN MURO DE RETENCIÓN ETAPA 2	MO	30/10/2023	PROCESO
	39	Columnas	PLACAS DE ASIENTOS	SUBCONT	13/11/2023	PROCESO
	40	Vigas	COLUMNAS	SUBCONT	17/11/2023	PROCESO
	41	Repello fino y grueso	COLUMNAS Y VIGAS MURO DE MAMPOSTERIA	MO	29/10/2023	PROCESO

# Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)

Todas aquellas actividades que en la hoja correspondiente al Plan Intermedio no se les identificó ningún tipo de restricción, se clasifican como “SIN RESTRICCIÓN”, estas actividades pasan directamente a la plantilla de Inventario de Trabajo Ejecutable, el cual contiene todas las actividades que pueden ejecutar cuando el planificador lo desee. En este punto de la planificación ya se dejó a tras la fase del “SE DEBE” y se entra a la fase del “SE PUEDE”. En esta sección la herramienta muestra las fechas de inicio para cada actividad según el Plan Maestro, y el planificador deberá asignar un encargado para la ejecución de las actividades. En la columna “A EJECUTAR” se marcarán las actividades que el planificador seleccione que se van a ejecutar durante la siguiente semana de trabajo, por otro lado, en la columna “EJECUTADAS” se marcarán todas las tareas que ya hayan realizadas.

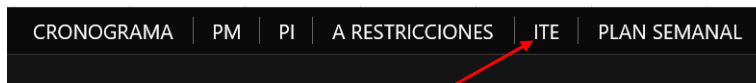


Figura 12. Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE).

REVISIÓN		NOMBRE DEL PROYECTO				
SEMANA	1	ACTIVIDAD	FECHA DE INICIO	ENCARGADO	A EJECUTAR	EJECUTADAS
FECHA						
	1			1	2	3
	2					
	3					
	4					
	5					

Todas las actividades que se presentan en el Inventario de Trabajo Ejecutable tienen la posibilidad de ser ejecutadas de manera inmediata si así lo desea el planificador, o bien pueden permanecer en esta sección hasta que se considere oportuno o bien, hasta que llegue el momento indicado en cronograma de desarrollar la actividad. A continuación, en la figura 13 se presenta un ejemplo de aplicación.

Figura 13. Ejemplo de Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE) Proyecto Piloto.

REVISIÓN		BRIDGESTONE BODEGA Z				
SEMANA	3	ACTIVIDAD	FECHA DE INICIO	ENCARGADO	A EJECUTAR	EJECUTADAS
	5	Colocación de varillas y soldadura exotérmica	7/10/2023			
	12	Excavación de cimientos de placas aisladas y sello	14/10/2023	ING / SUBCONT		
	13	Excavación de placas corridas y sello	14/10/2023	ING / SUBCONT		
	18	Colocación y Chorrea de cimentación PC1	20/10/2023	MO		
	20	Colocación y Chorrea de cimentación PC2	20/10/2023	MO		
	31	Colocación y Chorrea de cimentación P12	20/10/2023	MO		
	32	Colocación y Chorrea de cimentación P6	25/10/2023			
	33	Colocación y Chorrea de cimentación P13	20/10/2023	MO		
	34	Cimentaciones de Muro eje 11	5/10/2023	MO		
	35	Colocación y Chorrea de cimentación P7	30/10/2023			
	36	Colocación Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 1	31/10/2023	MO		
	43	Excavación y sello del area del muro de retención Etapa 2	17/10/2023	ING/SUBCONT		
	44	Colocación bloques de muro Etapa 1	20/10/2023	MO		

Si comparamos las figuras 9, 11 y 13, se puede apreciar como cada una de las actividades tiene asignado un número, este número debe permanecer constante a través de todas las fases de planificación para asegurarnos de que estemos trabajando de manera adecuada. Esta Plantilla de Plan Intermedio debe ser actualizada semanalmente, después de cada reunión de seguimiento, se debe de marcar en la casilla las actividades ejecutadas y actualizar la tabla con una semana más, ya que en esta sección siempre

tienen que proyectarse a futuro el número de semanas establecidas, por lo tanto, por cada semana que pasa, debe agregarse una semana al calendario.

# Plan Semanal

La Planificación Semanal se rige a partir del Inventario de Trabajo Ejecutable, ya que en este es en el que están las actividades que se encuentran en la fase del “SE PUEDE” y que por lo tanto no presentan ninguna restricción. Esta es la última fase de la Planificación y corresponde al “SE HARÁ”, para el desarrollo del Plan Semanal se debe generar un cronograma semanal de trabajo en el cual se especifica cada una de las actividades a realizar, se le asigna un porcentaje de avance teórico, y un encargado de lograr el avance establecido. Todo esto debe realizarse antes de iniciar la semana de trabajo, por lo que la plantilla quedará incompleta hasta que finalice la semana laboral.

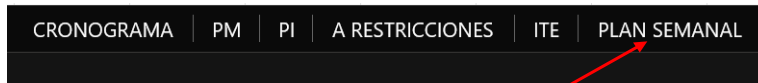


Figura 14. Plan Semanal fase de planificación.

NOMBRE DEL PROYECTO																								
Fecha de revisión	SEMANA DEL __ AL __							% DE AVANCE		CANTIDAD DE TAREAS		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO					PAC	GRÁFICO CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO						
ACTIVIDAD	L	K	M	J	V	S	D	TEÓRICO	REAL	PLANIFICADAS	COMPLETADAS	PREDECESORAS	MATERIALES Y EQUIPO	TRANSPORTE	CLIMA	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	CAMBIOS DE DISEÑO	CAMBIO EN EL ALCANCE	SUBCONTRATISTA	OTRA	0%		
										4,00	0,00													
Trabajos iniciales canalización								100%	0%	1,00	0,00													
Confección parrillas colectoras de aguas								50%	0%	1,00	0,00													
Canalización de tubería								49%	0%	1,00	0,00													
Trabajos finales								100%	0%	1,00	0,00													

En la columna “ACTIVIDAD” al posicionarse sobre las celdas se despliega una pestaña en la cual dando click aparece la lista de actividades disponibles:

Figura 15. Actividades para fase de planificación.

Fecha de revisión
ACTIVIDAD
o
o
o
Demarcación de perímetro
Trazo y Nivelacion
Colocación de fosas
Excavación para colocación de parrillas

Una vez se seleccionan todas las actividades para el plan semanal del Inventario de Trabajo Ejecutable se procede con el segundo paso en el cual se desarrolla un diagrama de Gantt según las fechas de inicio y fin de cada actividad y se establecen los porcentajes de avance teóricos.

Esta sección de la plantilla se debe dividir en dos partes; una es la conformación del diagrama de Gantt para la distribución de las actividades a lo largo de la semana y la definición de los porcentajes de avance deseados para cada actividad al finalizarla. La segunda parte consta del registro del porcentaje de avance real, el cual se debe realizar con el cierre de la semana.

**Figura 16.** Diagrama de Gantt y porcentajes de avance semanales.

SEMANA DEL __ AL __							% DE AVANCE	
L	K	M	J	V	S	D	TEÓRICO	REAL
			1					2
							0%	0%
							0%	0%
							0%	0%
							0%	0%
							0%	0%

Ya definidos los porcentajes de avance teóricos semanales, la plantilla automáticamente va a generar o a sumar la actividad a la columna correspondiente a las “Tareas Planificadas”, por lo tanto, cada actividad que posea un porcentaje de avance será contemplada en esta columna para el posterior análisis. Cuando al finalizar la semana se establezcan los porcentajes de avance reales, si este es igual o mayor al porcentaje de avance teórico se sumará a la columna de “Tareas Completadas” y la celda se pondrá en verde, de ser menor, no sumará y la celda permanecerá en color rojo para identificar que es una tarea no completada.

**Figura 17.** Cantidad de Tareas Planificadas versus Completadas en el plan semanal.

CANTIDAD DE TAREAS	
PLANIFICADAS	COMPLETADAS
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00

Nota: No es necesario ingresar ningún dato a estas columnas, la jala automáticamente los datos una vez que se actualizan los porcentajes de Avance Teórico y Avance Real.

Finalmente, la plantilla cuenta con la tabla de Causas de No Cumplimiento, en la cual se establecen de manera predeterminada las Causas de No Cumplimiento más comunes según el análisis realizado de los diferentes proyectos de SCH Consultoría y Construcción Tica S.A. Al igual que el Porcentaje de Avance Real, esta sección se debe de completar al finalizar la semana de trabajo, cuando ya se conozcan cuales actividades se pudieron completar y cuáles no.

Figura 18. Tabla Causas de No Cumplimiento Semanal.

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO									
PREDESORAS	MATERIALES Y EQUIPO	TRANSPORTE	CLIMA	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	CAMBIOS DE DISEÑO	CAMBIO EN EL ALCANCE	SUBCONTRATISTA	OTRA

Para el correcto funcionamiento de la plantilla se debe de marcar con una letra equis la Causa de No Cumplimiento correspondiente a cada actividad que no logró alcanzar o superar el porcentaje de avance teórico para que así se puedan registrar la incidencia semanal de cada una de las causas predeterminadas. Para aquellas actividades que sí se completaron las celdas deben quedar en blanco.

A continuación, en la figura 19 se evidencia como debe de quedar completada la plantilla correspondiente al Plan Semanal una vez finalizada la semana de trabajo y realizada la reunión semanal en la cual se revisan los porcentajes de avance real y se comparan con los teóricos para identificar si se cumplieron o no los parámetros establecidos.

Figura 19. Ejemplo Plan Semanal fase de revisión.

NOMBRE DEL PROYECTO																								
Fecha de revisión	SEMANA DEL __ AL __							% DE AVANCE		CANTIDAD DE TAREAS		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO							PAC	GRÁFICO CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO				
ACTIVIDAD	L	K	M	J	V	S	D	TEÓRICO	REAL	PLANIFICADAS	COMPLETADAS	PREDESORAS	MATERIALES Y EQUIPO	TRANSPORTE	CLIMA	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	CAMBIOS DE DISEÑO	CAMBIO EN EL ALCANCE	SUBCONTRATISTA	OTRA	50%		
										4,00	2,00													
Trabajos iniciales canalización								100%	100%	1,00	1,00													
Confección parrillas colectoras de aguas								50%	0%	1,00	0,00						X							
Canalización de tubería								49%	49%	1,00	1,00													
Trabajos finales								100%	99%	1,00	0,00	X			X									



A manera de resumen se presenta la figura 20 en la cual se establecen los pasos y el orden en el cual se deben de completar las diferentes secciones de la plantilla de Plan Semanal.

**Figura 20.** Resumen de pasos Plan Semanal.

NOMBRE DEL PROYECTO																					
Fecha de revisión	SEMANA DEL __ AL __							% DE AVANCE		CANTIDAD DE TAREAS		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO									
ACTIVIDAD	L	K	M	J	V	S	D	TEÓRICO	REAL	PLANIFICADAS	COMPLETADAS	PRECESORAS	MATERIALES Y EQUIPO	TRANSPORTE	CLIMA	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	CAMBIOS DE DISEÑO	CAMBIO EN EL ALCANCE	SUBCONTRATISTA	OTRA
										0,00	0,00										
1				2				3	4	0,00	0,00				5						
Se completa antes de iniciar la semana								0%	0%	0,00	0,00	Se completa al finalizar la semana									
								0%	0%	0,00	0,00										
								0%	0%	0,00	0,00										
								0%	0%	0,00	0,00										

## Porcentaje de Actividades Completadas

Las actividades completadas son todas aquellas que alcanzan o sobre pasan el porcentaje de avance teórico que se estableció durante el proceso de planificación. El porcentaje de actividades completadas es el resultado de la siguiente ecuación:

$$PAC (\%) = \frac{N^{\circ} \text{ Tareas comprometidas completadas}}{N^{\circ} \text{ Tareas comprometidas planificadas}} \times 100$$

Si al finalizar la semana, la herramienta muestra un PAC menor al 70%, según la teoría esa semana se tuvo un desempeño malo, ahora bien, si el PAC se encuentra entre el 70% y el 85% se considera un buen desempeño. Un PAC mayor al 85% es excelente y sería un escenario ideal de mantenerse constante durante todas las semanas de ejecución.

**Figura 21.** Porcentaje de Actividades Completadas Plan Semanal.

CANTIDAD DE TAREAS		PAC
PLANIFICADAS	COMPLETADAS	
9,00	8,00	89%

# Causas de No Cumplimiento

Todas aquellas actividades que no alcancen el porcentaje de avance teórico deberán ser analizadas con el fin de identificar cual o cuales fueron los motivos por los que la actividad no alcanzó el porcentaje deseado. Para esto se cuenta con un espacio dentro de la plantilla del Plan Semanal en el cual el planificador deberá marcar las causas de no las causas de no cumplimiento al finalizar la semana de aplicación. El planificador puede modificar las causas de no cumplimiento entre proyectos, según las causas que se puedan ir presentando, pero NO puede hacerlo durante un mismo proyecto. En caso de que aparezca una causa no establecida esta deberá registrarse dentro del apartado “OTRA”.

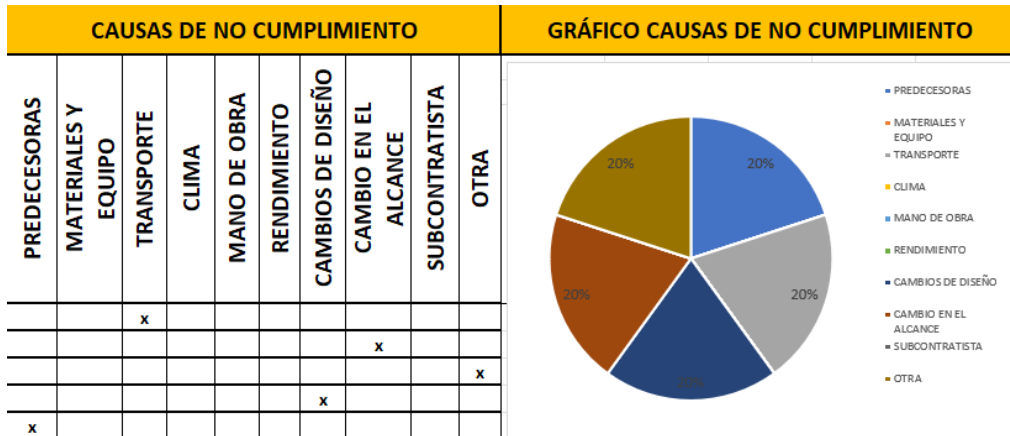
La intención de identificar cuáles son las causas de no cumplimiento es tomar acciones preventivas, desarrollar planes y buscar la manera de eliminar o reducir al máximo cada una de ellas. La intención de generar el gráfico es que sea más fácil identificar las causas de no cumplimiento que se generan en el proyecto semana a semana y conocer el porcentaje de incidencia que tuvo cada una a lo largo del proyecto.

**Figura 22.** Tabla Causas de No Cumplimiento Plan Semanal.

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO									
PREDECESORAS	MATERIALES Y EQUIPO	TRANSPORTE	CLIMA	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	CAMBIOS DE DISEÑO	CAMBIO EN EL ALCANCE	SUBCONTRATISTA	OTRA

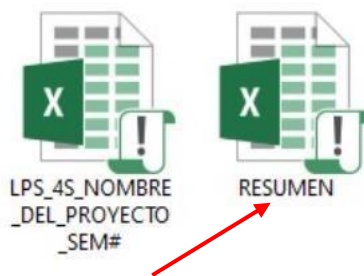
En la figura 22, se muestra la tabla de Causas de No Cumplimiento en la cual cada línea representa las actividades semanales. Para aquella actividad en la que no se alcanzó el porcentaje de avance deseado, se debe completar en la casilla correspondiente con una equis para que así la plantilla reciba la información y pueda generar el gráfico de Causas de No Cumplimiento que se muestra a continuación en la figura 23.

Figura 23. Ejemplo Causas de No Cumplimiento Plan Semanal.



## Plantilla Resumen

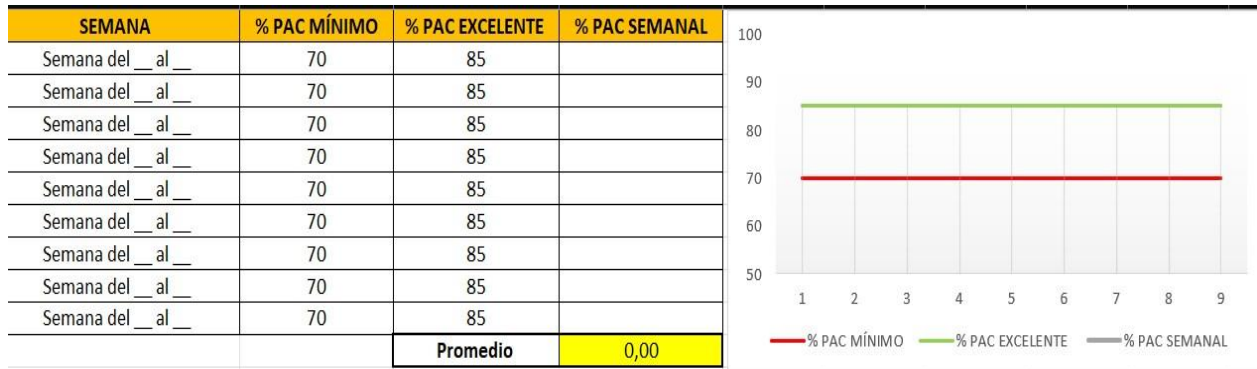
El MS Excel® que se encuentra en la carpeta que se muestra muestra al inicio de este documento en la sección de ubicación de los documentos para la aplicación de la herramienta y el cual se muestra a continuación.



Corresponde a los cuadros resumen de los Porcentajes de Actividades Completadas y de las Causas de No Cumplimiento de todo el proyecto. La intención con este resumen es que el planificador semana a semana ingrese los datos correspondientes al PAC y las CNC. Al concluir el proyecto, este resumen permite analizar y evaluar el desempeño a lo largo de toda la ejecución, identificando así si el PAC promedio del proyecto es malo, bueno o excelente y cuáles fueron los principales obstáculos que impactaron negativamente el cumplimiento de las actividades planificadas.

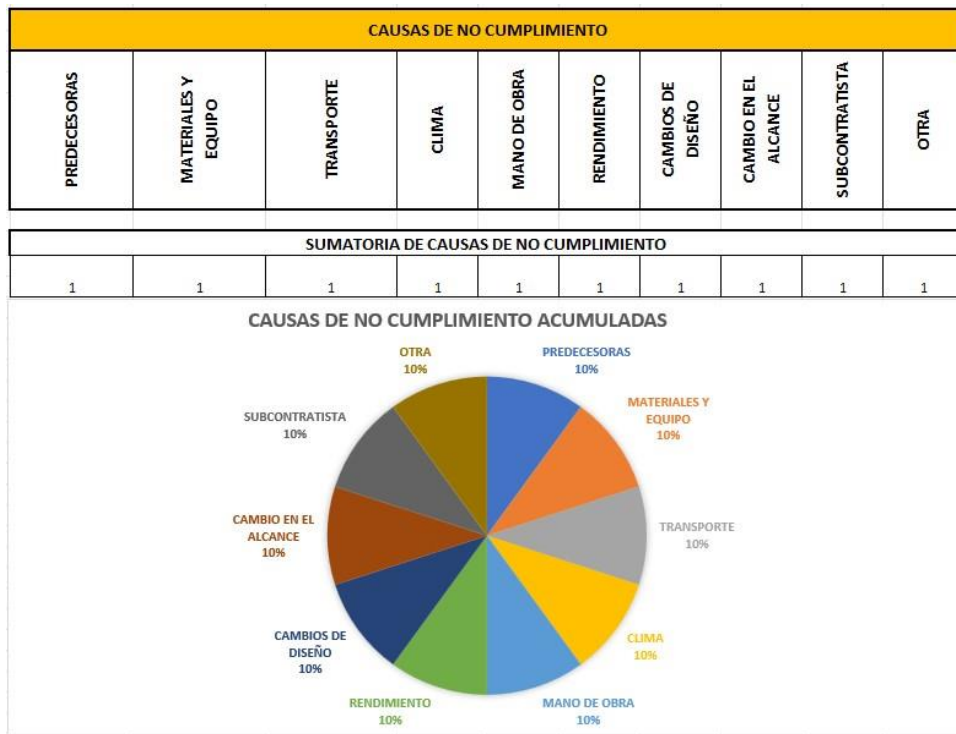
A continuación, en las siguientes figuras, 24 y 25 se muestran los cuadros para completar y obtener los resultados explicados en el párrafo anterior. En la figura 24, al finalizar la semana el encargado debe ingresar la semana, y el Porcentaje de Actividades Completadas obtenida en la plantilla de Plan Semanal correspondiente. El PAC Mínimo y PAC Excelente se mantienen en 70% y 85%.

**Figura 24.** Porcentaje de Actividades Completadas del proyecto



Con respecto a la figura 25, al igual que en la figura 24 el responsable debe sumar en la tabla llamada “SUMATORIA DE CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO” los resultados obtenidos de la Tabla de Causas de No Cumplimiento del Plan Semanal para que así esta tabla resumen pueda ir generando las Causas de No Cumplimiento del proyecto en general.

**Figura 25.** Causas de No Cumplimiento del proyecto



# Ejemplo de Aplicación

A continuación, se presenta un ejemplo por medio de los resultados obtenidos en el plan piloto desarrollado, con el fin de mostrar la forma en la que se deben de completar las plantillas para un correcto funcionamiento de la herramienta. Se siguen los pasos descritos en esta guía de implementación.

## 1. Selección e instrucción del equipo

Una vez que se toma la decisión de aplicar la herramienta en el proyecto Bodeha Z Bridgestone, se le notifica al personal y se procede con la inducción de la filosofía y la explicación del funcionamiento de la herramienta y los procesos que se deben seguir. Además, se elige a la persona encargada de la planificación y de manejar la herramienta para la programación maestra, intermedia y semanal.

## 2. Plan Maestro (Planificación a largo plazo)

Se inicia con la planificación a largo plazo la cual se toma del cronograma del proyecto, el mismo fue creado en MS Project y se transfieren las actividades a la herramienta, específicamente a la hoja llamada “CRONOGRAMA” de la cual se tomarán las actividades para las demás plantillas.

Figura 26. Actividades tomadas desde el cronograma del proyecto

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
<b>PRELIMINARES</b>	<b>6 días</b>	<b>28/9/2023 09:00</b>	<b>4/10/2023 19:00</b>
Ingreso de material	1 día	28/9/2023 09:00	28/9/2023 19:00
Confección de bodegas para materiales secos en bodega Z	2 días	28/9/2023 09:00	29/9/2023 19:00
Ajustar niveletas	3 días	2/10/2023 09:00	4/10/2023 19:00
<b>REUBICACIÓN DE MALLA EXISTENTE</b>	<b>7 días</b>	<b>6/10/2023 09:00</b>	<b>13/10/2023 19:00</b>
Apertura de zona actual de ubicación de malla	1 día	6/10/2023 09:00	6/10/2023 19:00
Colocación de varillas y soldadura exotérmica	3 días	7/10/2023 09:00	10/10/2023 19:00
Colocación de cajas de registro	3 días	11/10/2023 09:00	13/10/2023 19:00
<b>RELLENO + PRUEBAS</b>	<b>14 días</b>	<b>5/10/2023 09:00</b>	<b>20/10/2023 19:00</b>
Pruebas de compactación de lo existente	1 día	5/10/2023 09:00	5/10/2023 19:00
Relleno de 20cm	5 días	6/10/2023 09:00	11/10/2023 19:00
Pruebas de compactación	1 día	13/10/2023 09:00	13/10/2023 19:00
Relleno de 20cm	5 días	14/10/2023 09:00	19/10/2023 19:00
Pruebas de compactación	1 día	20/10/2023 09:00	20/10/2023 19:00
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	<b>27 días</b>	<b>14/10/2023 09:00</b>	<b>14/11/2023 19:00</b>
Excavación de cimientos de placas aisladas	5 días	14/10/2023 09:00	19/10/2023 19:00
Excavación de placas corridas	7 días	14/10/2023 09:00	21/10/2023 19:00
Excavación del area del muro de retención Etapa 1	8 días	28/10/2023 09:00	6/11/2023 19:00
Excavación del area del muro de retención Etapa 2	7 días	7/11/2023 09:00	14/11/2023 19:00
<b>CIMIENTO DE BODEGAS</b>	<b>37 días</b>	<b>5/10/2023 09:00</b>	<b>16/11/2023 19:00</b>
<b>ETAPA 1: Taller de sanblasting + soldadura</b>	<b>17 días</b>	<b>5/10/2023 09:00</b>	<b>24/10/2023 19:00</b>
<b>Cimientos P13</b>	<b>17 días</b>	<b>5/10/2023 09:00</b>	<b>24/10/2023 19:00</b>
Armadura P13	1 día	5/10/2023 09:00	5/10/2023 19:00
Colocación y Chorrea de cimentación P13	4 días	20/10/2023 09:00	24/10/2023 19:00
<b>Cimientos P12</b>	<b>16 días</b>	<b>6/10/2023 09:00</b>	<b>24/10/2023 19:00</b>
Armadura P12	1 día	6/10/2023 09:00	6/10/2023 19:00
Colocación y Chorrea de cimentación P12	4 días	20/10/2023 09:00	24/10/2023 19:00
<b>Placa corrida PC1</b>	<b>15 días</b>	<b>7/10/2023 09:00</b>	<b>24/10/2023 19:00</b>
Armadura PC1	1 día	7/10/2023 09:00	7/10/2023 19:00

Posteriormente se debe dirigir a la plantilla “PM” la cual corresponde al Plan Maestro y en la cual se van a programar cada una de las actividades por semanas, para este caso en concreto se trabajó con una programación a tres semanas.

Figura 27. Ejemplo Planificación Plan Maestro

NOMBRE DEL PROYECTO		3 semanas				3 semanas			3 semanas		
Bodega Z Bridgestone		28/9 AL 1/10	2/10 AL 8/10	9/10 AL 15/10	16/10 AL 22/10	23/10 AL 29/10	30/10 AL 5/11	6/11 AL 12/11	13/11 AL 19/11	20/11 AL 26/11	27/11 AL 3/12
ACTIVIDAD											
Pruebas de compactación de lo existente											
Relleno de 20cm											
Pruebas de compactación											
Relleno de 20cm											
Pruebas de compactación											
MOVIMIENTO DE TIERRAS											
Excavación de cimientos de placas aisladas											
Excavación de placas corridas											
Excavación del área del muro de retención Etapa 1											
Excavación del área del muro de retención Etapa 2											

### 3. Plan Intermedio (Look Ahead)

Una vez establecido el Plan Maestro, se toman las actividades programadas para las primeras tres semanas y se trasladan a la plantilla del Plan Intermedio, en la cual se clasificarán como actividades “RESTRINGIDAS” o “SIN RESTRICCIÓN” esto a través de un análisis de las posibles restricciones que tiene cada actividad a realizar. Cuando se identifica una actividad con restricción se debe de marcar con una “equis” en la columna de la restricción identificada.

Figura 28. Ejemplo Planificación Plan Intermedio

Bodega Z Bridgestone		ANÁLISIS DE RESTRICCIONES									CONDICIÓN	FECHA DE INICIO
ACTIVIDAD		DISEÑO	SUBMITTALS	PREDECESORA	MATERIALES / EQUIPO	SUBCONTRITO	CLIENTE	CURSOS	MANO DE OBRA	OTRO		
Ingreso de material	1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	28/9/2023
Confección de bodegas para materiales secos en bodega Z	2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	28/9/2023
Ajustar niveletas	3	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	2/10/2023
Apertura de zona actual de ubicación de malla	4	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	6/10/2023
Colocación de varillas y soldadura exotérmica	5	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	7/10/2023
Colocación de cajas de registro	6	OK	OK	X	X	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	11/10/2023
Pruebas de compactación de lo existente	7	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	5/10/2023
Relleno de 20cm	8	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	6/10/2023

### 4. Análisis de Restricciones

Una vez clasificadas las actividades que tienen alguna restricción se procede a completar la plantilla de Análisis de Restricciones, en la cual se realizará una descripción de la restricción, se asignará un encargado de la liberación una fecha máxima y el estado en el que se encuentra. Una vez que la actividad sea liberada se cambiará su estado a “LIBRE” para que la herramienta pueda transferirla a la siguiente plantilla.

Figura 29. Ejemplo Análisis de Restricciones

REVISIÓN	1	BRIDGESTONE BODEGA Z				
SEMANA	4/10/2023	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	ENCARGADO	FECHA MAX DE LIBERACIÓN	ESTADO
3		Ajustar niveletas	RELLENOS	ING	4/10/2023	LIBRE
5		Colocación de varillas y soldadura exotérmica	PREDECESORA	MO	6/10/2023	PROCESO
6		Colocación de cajas de registro	COMPRA DE MATERIALES Y PREDECESORA	ING / MO	10/10/2023	PROCESO
8		Relleno de 20cm	PRUEBAS DE COMP	ING / LAB	5/10/2023	LIBRE
9		Pruebas de compactación	RELLENO 1	ING / SUBCONT	12/10/2023	LIBRE
10		Relleno de 20cm	PRUEBAS DE COMP	ING / LAB	13/10/2023	LIBRE
11		Pruebas de compactación	RELLENO 2	ING / SUBCONT	19/10/2023	LIBRE
18		Colocación y Chorro de cimentación PC1	EXCAVACIÓN / ARMADURA	ING / MO	19/10/2023	PROCESO
20		Colocación y Chorro de cimentación PC2	EXCAVACIÓN / ARMADURA	ING / MO	19/10/2023	PROCESO
21		ITE			5/10/2023	
22		ITE			9/10/2023	

Las actividades que aparecen como “ITE” son las que no tienen ninguna restricción y se asignan directamente al Inventario de Trabajo Ejecutable.

## 5. Inventario de Trabajo Ejecutable

Aquellas actividades que en el Plan Intermedio se clasificaron como “SIN RESTRICCIÓN” serán reflejadas en la plantilla del Inventario de Trabajo Ejecutable, esta plantilla corresponde a todas aquellas actividades que pueden ser realizadas de inmediato si el encargado de la planificación semanal así lo desea. De igual manera, las actividades a las que se les libera la restricción en la plantilla del Análisis de Restricciones serán reflejadas en el Inventario de Trabajo Ejecutable.

Figura 30. Ejemplo Inventario de Trabajo Ejecutable

REVISIÓN		BRIDGESTONE BODEGA Z				
SEMANA	1	ACTIVIDAD	FECHA DE INICIO	ENCARGADO	A EJECUTAR	EJECUTADAS
FECHA	4/10/2023					
1		Ingreso de material	28/9/2023	ING	X	
2		Confección de bodegas para materiales secos en bodega Z	28/9/2023	MO	X	X
3		Ajustar niveletas	2/10/2023	MO	X	X
4		Apertura de zona actual de ubicación de malla	6/10/2023	MO	X	X
5		#N/D	#N/D			
6		#N/D	#N/D			
7		Pruebas de compactación de lo existente	5/10/2023	ING / LAB	X	X
8		Relleno de 20cm	6/10/2023	ING / LAB	X	X
9		Pruebas de compactación	13/10/2023	ING / SUBCONT	X	X
10		Relleno de 20cm	14/10/2023	ING / LAB	X	X
11		Pruebas de compactación	20/10/2023	ING / SUBCONT	X	X
12		Excavación de cimientos de placas aisladas	14/10/2023			
13		Excavación de placas corridas	14/10/2023			
14		Excavación del área del muro de retención Etapa 1	28/10/2023			
17		Armadura PC1	7/10/2023	MO	X	X
18		#N/D	#N/D			
19		Armadura PC2	7/10/2023	MO	X	X

En esta plantilla el encargado de la planificación semanal marcará con una equis en la columna “A EJECUTAR” las actividades que se trasladarán al Plan Semanal, una vez la actividad se realiza se marcará con una equis en la columna “EJECUTADAS” para clasificarla y evitar confusiones en futuras programaciones.

## 6. Plan Semanal

Una vez seleccionadas las actividades que se ejecutarán durante la semana, están deben ser seleccionadas desde la plantilla correspondiente al Plan Semanal, para posteriormente realizar el diagrama de Gantt en el cual se establecen los días en los que se realizará cada actividad, tratando de apegarse lo más posible a las fechas establecidas en el Plan Maestro y el cronograma del proyecto. Posteriormente se establecen los Porcentajes de Avance Teóricos para cada actividad.

Una vez finalizada la semana de trabajo se deberán completar los Porcentajes de Avance Real de cada actividad y para aquellas que no se logró alcanzar o superar el porcentaje de avance deseado se le asignará la o las Causas de No Cumplimiento, con esto la plantilla generará el gráfico de Causas de No Cumplimiento para facilitar el análisis en la próxima reunión semanal.

Figura 31. Ejemplo Plan Semanal

NOMBRE DEL PROYECTO		BRIDGESTONE BODEGA Z											PAC	GRÁFICO CAUSAS NO CUMPLIMIENTO								
Fecha de revisión	SEMANA DEL 2/10 AL 8/10							% DE AVANCE		CANTIDAD DE TAREAS		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO										
ACTIVIDAD	L	K	M	J	V	S	D	TEÓRICO	REAL	PLANIFICADAS	COMPLETADAS	PREDESEÑOS	MATERIALES Y EQUIPO	TRANSPORTE	CLIMA	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	CAMBIOS DE DISEÑO	CAMBIO EN EL ALCANCE	SUBCONTRATISTA	OTRA	
	2/10	3/10	4/10	5/10	6/10	7/10	8/10															
Ingreso de material								100%	80%	1,00	0,00											
Apertura de zona actual de ubicación de malla								100%	100%	1,00	1,00											
Pruebas de compactación de lo existente								100%	100%	1,00	1,00											
Relleno de 20cm								100%	100%	1,00	1,00											
Cimentaciones de Muro EE 11								75%	70%	1,00	0,00											
Pruebas de compactación								100%	100%	1,00	1,00											
Relleno de 20cm								100%	100%	1,00	1,00											
Pruebas de compactación								100%	100%	1,00	1,00											
Ajustar niveletas								85%	85%	1,00	1,00											
Armadura PC1								40%	40%	1,00	1,00											
Armadura PC2								50%	50%	1,00	1,00											

Como se puede apreciar en la plantilla del Plan Semanal se reflejan el Porcentaje de Actividades Completadas y el Gráfico de Causas de No Cumplimiento, estos datos obtenidos son sumamente





Al igual que con las Causas de No Cumplimiento, los Porcentajes de Actividades Completadas obtenidos en la plantilla del Plan Semanal se podrán digitar en la Tabla Resumen para unir los datos y conocer la condición del proyecto en general.

**Figura 34.** Ejemplo Tabla Resumen Porcentaje de Actividades Completadas Semanales

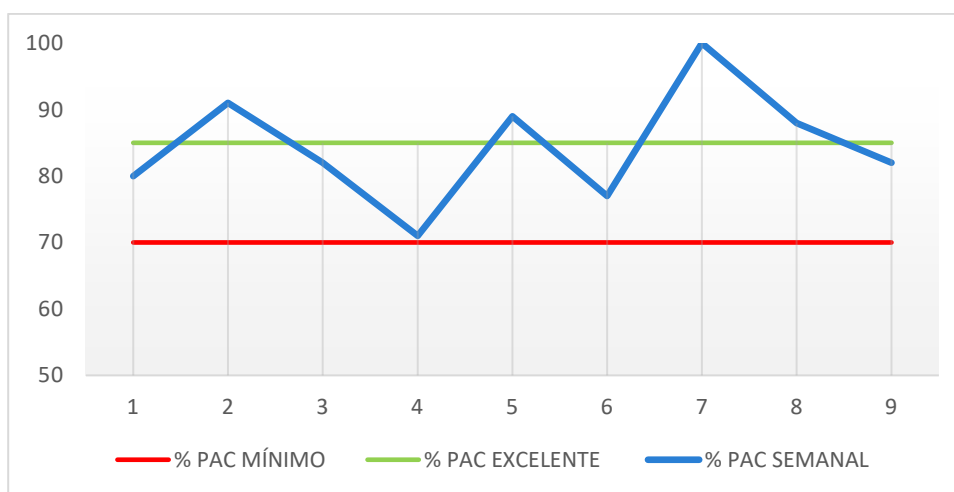
SEMANA	% PAC MÍNIMO	% PAC EXCELENTE	% PAC SEMANAL
Semana del 18/9 al 24/9	70	85	80
Semana del 25/9 al 1/10	70	85	91
Semana del 2/10 al 8/10	70	85	82
Semana del 9/10 al 15/10	70	85	71
Semana del 16/10 al 22/10	70	85	89
Semana del 23/10 al 29/10	70	85	77
Semana del 30/10 al 5/11	70	85	100
Semana del 6/11 al 12/11	70	85	88
Semana del 13/11 al 19/11	70	85	82
		<b>Promedio</b>	<b>84,44</b>

CONDICIONES	
Exc	PAC ≥ 85%
Bueno	70% ≤ PAC < 85%
Malo	PAC < 70%

Con los datos de la figura 34, se genera el gráfico de Porcentaje de Actividades Completadas del proyecto que se muestra a continuación.

**Figura 35.** Ejemplo Gráfico Porcentaje de Actividades Completadas.



# Referencias

- Gutiérrez, N. (S.F.). Metodología para la aplicación del Last Planner System. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Pons Achell, J. F., & Rubio Pérez, I. (2019). Lean Construction y la planificación colaborativa. Metodología del Last Planner System. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
- Sanchis Mestre, I. (2013). Last Planner System: un caso de estudio. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.

## **Apéndice 4:** Resultados del proyecto piloto.

# RESULTADOS PROYECTO PILOTO

---

## Bodega Z Bridgestone

Diciembre, 2023

## SCH Consultoría y Construcción Tica S.A.

Dirección: Autopista 27, del peaje salida  
Atenas, 500 m Radial hacia Atenas.

Teléfono: 2446-8084  
Correo electrónico: [info@schcr.com](mailto:info@schcr.com)









Figura 9. Plan intermedio Bridgestone Bodega Z semanas 1, 2 y 3.

BRIDGESTONE BODEGA Z	ANALISIS DE RESTRICCIONES										CONDICIÓN	FECHA DE INICIO
	DISEÑO	SUBMITTALS	PREDECESORA	MATERIALES / EQUIPO	SUBCONTRITO	CLIENTE	CURSOS	MANO DE OBR	OTRO			
ACTIVIDAD												
Ingreso de material	1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	28/9/2023
Confección de bodegas para materiales secos en bodega Z	2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	28/9/2023
Ajustar niveletas	3	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	2/10/2023
Apertura de zona actual de ubicación de malla	4	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	6/10/2023
Colocación de varillas y soldadura esotérmica	5	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	7/10/2023
Colocación de cajas de registro	6	OK	OK	X	X	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	11/10/2023
Pruebas de compactación de lo existente	7	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	5/10/2023
Relleno de 20cm	8	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	6/10/2023
Pruebas de compactación	9	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	13/10/2023
Relleno de 20cm	10	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	14/10/2023
Pruebas de compactación	11	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	20/10/2023
Excavación de cimientos de placas aisladas	12	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	14/10/2023
Excavación de placas corridas	13	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	14/10/2023
Excavación del área del muro de retención Etapa 1	14	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	28/10/2023
Armadura P13	15	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	5/10/2023
Armadura P12	16	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	6/10/2023
Armadura PC1	17	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	7/10/2023
Colocación y Chorroa de cimentación PC1	18	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	20/10/2023
Armadura PC2	19	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	7/10/2023
Colocación y Chorroa de cimentación PC2	20	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	20/10/2023
Armadura P6	21	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	6/10/2023
Armadura P7	22	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	10/10/2023
Armadura P8	23	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	13/10/2023
Armadura 3P7	24	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	6/10/2023
Armadura 3P8	25	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	10/10/2023
Armadura 3P12	26	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	13/10/2023
Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 1	27	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	9/10/2023
Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 2	28	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	17/10/2023
Cimentaciones de Muro EJE 11	28	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	2/10/2023

Figura 10. Plan intermedio Bridgestone Bodega Z semanas 4, 5 y 6.

BRIDGESTONE BODEGA Z	ANALISIS DE RESTRICCIONES										CONDICIÓN	FECHA DE INICIO
	DISEÑO	SUBMITTALS	PREDECESORA	MATERIALES / EQUIPO	SUBCONTRITO	CLIENTE	CURSOS	MANO DE OBR	OTRO			
ACTIVIDAD												
Colocación y Chorroa de cimentación	30	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	25/10/2023
Colocación y Chorroa de cimentación P12	31	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	20/10/2023
Colocación y Chorroa de cimentación P6	32	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	25/10/2023
Colocación y Chorroa de cimentación P13	33	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	20/10/2023
Cimentaciones de Muro eje 11	34	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	5/10/2023
Colocación y Chorroa de cimentación P7	35	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	30/10/2023
Colocación y Colado Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 1	36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	3/10/2023
Vigas VC-8 Etapa 1	37	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	26/10/2023
Vigas VC-8 Etapa 2	38	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	3/10/2023
Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 3	39	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	3/10/2023
Columnas	40	OK	OK	X	OK	X	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	14/11/2023
Vigas	41	OK	OK	X	OK	X	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	18/11/2023
Repello fino y grueso	42	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	30/10/2023
Excavación y sello del área del muro de retención Etapa 2	43	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	17/10/2023
Colocación bloques de muro Etapa 1	44	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	20/10/2023
Muros de mampostería bodegas	45	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	23/10/2023
Columnas Etapa 1	46	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIN RESTRICCIÓN	23/10/2023
Columnas Etapa 2	47	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	24/10/2023
Excavación y sello del área del muro de retención Etapa 3	48	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	23/10/2023
Colocación y Colado Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 2	49	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	27/10/2023
Colocación y Colado Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 3	50	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	3/11/2023
Pedestales P13	51	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	8/11/2023
Pedestales P12	52	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	8/11/2023
Pedestales P6	53	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	8/11/2023
Pedestales P7	54	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	8/11/2023
Columnas	55	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	28/10/2023
Vigas	56	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	3/11/2023
Colocación bloques de muro Etapa 2	59	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	18/10/2023
Vigas VC-8 Etapa 2	57	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	3/11/2023
Columnas Etapa 2	58	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	10/11/2023
Colocación bloques de muro Etapa 3	59	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	1/11/2023
Largueros de Techos	60	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	2/11/2023
Largueros de Pared	61	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	6/11/2023
Placas de asientos	62	OK	OK	X	X	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	17/11/2023
Columnas	63	OK	OK	X	X	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	25/22/2023
Vigas	64	OK	OK	X	X	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	30/11/2023
Acabado con sellador + pintura	65	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	4/11/2023
Placas de asientos	66	OK	OK	X	X	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	17/11/2023
Columnas	67	OK	OK	X	X	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	25/11/2023
Lamina de Techo rectangular	68	OK	OK	X	X	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	8/11/2023
Lamina Dampalon	69	OK	OK	X	X	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	8/11/2023
Hojalatería en techos	70	OK	OK	X	X	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	10/11/2023
Colocación de malla Bodega 1	71	OK	OK	X	X	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	7/11/2023
Colocación de concreto Bodega 1	72	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	OK	RESTRINGIDA	13/11/2023



Figura 11. Análisis de Restricciones semana 3.

REVISIÓN		BRIDGESTONE BODEGA Z				
SEMANA	3	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	ENCARGADO	FECHA MAX DE LIBERACIÓN	ESTADO
6		Colocación de cajas de registro	COMPRA DE MATERIALES Y PREDECESORA	ING	10/10/2023	PROCESO
28		Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 2	EXCAVACIÓN	ING-SUBCONT	16/10/2023	PROCESO
29		Placas de asientos	PEDESTALES	MO	24/10/2023	PROCESO
30		Colocación y Chorrea de cimentación	EXCAVACIÓN	ING / SUBCONT	24/10/2023	PROCESO
31		Colocación y Chorrea de cimentación P12	EXCAVACIÓN	ING / SUBCONT	19/10/2023	LIBRE
32		Colocación y Chorrea de cimentación P6	EXCAVACIÓN	ING / SUBCONT	24/10/2023	LIBRE
33		Colocación y Chorrea de cimentación P13	EXCAVACIÓN	ING / SUBCONT	19/10/2023	LIBRE
36		Vigas VC-8 Etapa 1	CIMENTACIÓN MURO DE RETENCIÓN ETAPA 1	MO	25/10/2023	PROCESO
37		Vigas VC-8 Etapa 2	CIMENTACIÓN MURO DE RETENCIÓN ETAPA 2	MO	30/10/2023	PROCESO
38		Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 3	CIMENTACIÓN MURO DE RETENCIÓN ETAPA 2	MO	30/10/2023	PROCESO
39		Columnas	PLACAS DE ASIENTOS	SUBCONT	13/11/2023	PROCESO
40		Vigas	COLUMNAS	SUBCONT	17/11/2023	PROCESO
41		Repello fino y grueso	COLUMNAS Y VIGAS MURO DE MAMPOSTERIA	MO	29/10/2023	PROCESO

Figura 12. Análisis de Restricciones semana 4.

REVISIÓN		BRIDGESTONE BODEGA Z				
SEMANA	4	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	ENCARGADO	FECHA MAX DE LIBERACIÓN	ESTADO
51		Pedestales P12	COLOCACIÓN Y CHORREA CIMENTACIÓN P13	MO	7/11/2023	LIBRE
52		Pedestales P6	COLOCACIÓN Y CHORREA CIMENTACIÓN P6	MO	7/11/2023	PROCESO
53		Pedestales P7	COLOCACIÓN Y CHORREA CIMENTACIÓN P7	MO	7/11/2023	PROCESO
54		Columnas	PEDESTALES Y PLACAS DE ASIENTOS	SUBCONT	27/10/2023	PROCESO
55		Vigas	COLUMNAS	SUBCONT	30/10/2023	PROCESO
56		Vigas VC-8 Etapa 2	COLOCACIÓN DE BLOQUES	MO	17/10/2023	PROCESO
57		Columnas Etapa 2	COLOCACIÓN DE BLOQUES	MO	9/11/2023	PROCESO
58		Colocación bloques de muro Etapa 3	COLADO CIMIENTO CIMIENTO ETAPA 3	MO	31/10/2023	PROCESO
59		Largueros de Techos	VIGAS	SUBCONT	1/11/2023	PROCESO
60		Largueros de Pared	COLUMNAS	SUBCONT	5/11/2023	PROCESO
61		Placas de asientos	PEDESTALES Y PLACAS DE ASIENTOS	MO	16/11/2023	PROCESO
62		Columnas	PLACAS DE ASIENTOS	SUBCONT	#VALORI	PROCESO
63		Vigas	COLUMNAS	SUBCONT	29/11/2023	PROCESO
64		Acabado con sellador + pintura	MURO	MO	3/11/2023	PROCESO
65		Placas de asientos	PEDESTALES	MO	16/11/2023	PROCESO
66		Columnas	PLACAS DE ASIENTOS	SUBCONT	24/11/2023	PROCESO
67		Lamina de Techo rectangular	LARGUEROS	SUBCONT	7/11/2023	PROCESO
68		Lamina Danpalon	LARGUEROS	SUBCONT	7/11/2023	PROCESO
69		Hojalatería en techos	LAMINAS DE TECHO	SUBCONT	9/11/2023	PROCESO
70		Colocación de malla Bodega 1	MARCOS	SUBCONT	6/11/2023	PROCESO
71		Colocación de concreto Bodega 1	MARCOS CERRAMIENTOS	MO	12/11/2023	PROCESO
72		Pruebas de concreto Bodega 1	COLOCACIÓN DEL CONCRETO	MO	12/11/2023	PROCESO
73		Colocación de malla Bodega 2	MARCOS	SUBCONT	9/11/2023	PROCESO
74		Colocación de malla Bodega 3	MARCOS	SUBCONT	13/11/2023	PROCESO
75		Ferro Metalico de Paredes	PARDES	MO	29/11/2023	PROCESO
76		Desmontaje de laminas estructurales	BODEGAS	MO/SUBCONT	7/11/2023	PROCESO
77		Corte de estructura metalica	BODEGAS	MO/SUBCONT	10/11/2023	PROCESO
78		Instalacion de sistema potable	BODEGAS	MO/SUBCONT	28/11/2023	PROCESO
79		Cajas de registro pluvial	BODEGAS	MO/SUBCONT	22/11/2023	PROCESO
80		Portón #1	CERRAMIENTOS	SUBCONT	13/11/2023	PROCESO
81		Portón #2	PORTON 1	MO	24/11/2023	PROCESO
82		Portón #3	PORTON 2	MO	15/11/2023	PROCESO
83		Portón #4	PORTON 3	MO	16/11/2023	PROCESO
84		Portón #5	PORTON 4	MO	17/11/2023	PROCESO
85		Portón #6	PORTON 5	MO	19/11/2023	PROCESO
86		Intalación de puerta anti-ruído	PORTON 6	MO	20/11/2023	PROCESO

Figura 13. Análisis de Restricciones semana 7.

REVISIÓN		BRIDGESTONE BODEGA Z				
SEMANA	7	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	ENCARGADO	FECHA MAX DE LIBERACIÓN	ESTADO
58		Colocación bloques de muro Etapa 3	COLADO CIMIENTO ETAPA 3	MO	31/10/2023	LIBRE
59		Largueros de Techos	VIGAS	SUBCONT	1/11/2023	PROCESO
60		Largueros de Pared	COLUMNAS	SUBCONT	5/11/2023	PROCESO
61		Placas de asientos	PEDESTALES Y PLACAS DE ASIENTOS	MO	16/11/2023	LIBRE
62		Columnas	PLACAS DE ASIENTOS	SUBCONT	#VALORI	PROCESO
63		Vigas	COLUMNAS	SUBCONT	29/11/2023	PROCESO
64		Acabado con sellador + pintura	MURO	MO	3/11/2023	PROCESO
65		Placas de asientos	PEDESTALES	MO	16/11/2023	LIBRE
66		Columnas	PLACAS DE ASIENTOS	SUBCONT	24/11/2023	PROCESO
67		Lamina de Techo rectangular	LARGUEROS	SUBCONT	7/11/2023	PROCESO
68		Lamina Danpalon	LARGUEROS	SUBCONT	7/11/2023	PROCESO
69		Hojalatería en techos	LAMINAS DE TECHO	SUBCONT	9/11/2023	PROCESO
70		Colocación de malla Bodega 1	MARCOS	SUBCONT	6/11/2023	PROCESO
71		Colocación de concreto Bodega 1	MARCOS CERRAMIENTOS	MO	12/11/2023	PROCESO
72		Pruebas de concreto Bodega 1	COLOCACIÓN DEL CONCRETO	MO	12/11/2023	PROCESO
73		Colocación de malla Bodega 2	MARCOS	SUBCONT	9/11/2023	PROCESO
74		Colocación de malla Bodega 3	MARCOS	SUBCONT	13/11/2023	PROCESO
75		Ferro Metalico de Paredes	PARDES	MO	29/11/2023	PROCESO
76		Desmontaje de laminas estructurales	BODEGAS	MO/SUBCONT	7/11/2023	PROCESO
77		Corte de estructura metalica	BODEGAS	MO/SUBCONT	10/11/2023	PROCESO
78		Instalacion de sistema potable	BODEGAS	MO/SUBCONT	28/11/2023	PROCESO
79		Cajas de registro pluvial	BODEGAS	MO/SUBCONT	22/11/2023	PROCESO
80		Portón #1	CERRAMIENTOS	SUBCONT	13/11/2023	PROCESO
81		Portón #2	PORTON 1	MO	24/11/2023	PROCESO
82		Portón #3	PORTON 2	MO	15/11/2023	PROCESO
83		Portón #4	PORTON 3	MO	16/11/2023	PROCESO
84		Portón #5	PORTON 4	MO	17/11/2023	PROCESO
85		Portón #6	PORTON 5	MO	19/11/2023	PROCESO
86		Intalación de puerta anti-ruído	PORTON 6	MO	20/11/2023	PROCESO
87		Vigas VC-8 Etapa 3	COLUMNAS ETAPA 3	MO	9/11/2023	LIBRE
88		Columnas Etapa 3	COLOCACIÓN BLOQUES ETAPA 3	MO	8/11/2023	LIBRE
88		ITE			9/11/2023	
88		Colocación de malla sobre muro de retención	VIGA C-8 MURO	MO	17/11/2023	LIBRE

Figura 14. Inventario de Trabajo Ejecutable semana 0.1.

REVISIÓN		BRIDGESTONE BODEGA Z				
SEMANA	0.1	ACTIVIDAD	FECHA DE INICIO	ENCARGADO	A EJECUTAR	EJECUTADAS
	1	Ingreso de material	28/9/2023	ING		
	2	Confección de bodegas para materiales secos en bodega	28/9/2023	MO		
	4	Apertura de zona actual de ubicación de malla	6/10/2023	MO		
	7	Pruebas de compactación de lo existente	5/10/2023	ING/SUBCONT		
	12	Excavación de cimientos de placas aisladas	14/10/2023	ING/SUBCONT		
	13	Excavación de placas corridas	14/10/2023	ING/SUBCONT		
	14	Excavación del área del muro de retención Etapa 1	28/10/2023	ING/SUBCONT		
	15	Armadura P13	5/10/2023	MO		
	16	Armadura P12	6/10/2023	MO		
	17	Armadura PC1	7/10/2023	MO		
	19	Armadura PC2	7/10/2023	MO		
	21	Armadura P6	6/10/2023	MO		
	22	Armadura P7	10/10/2023	MO		
	23	Armadura P8	13/10/2023	MO		
	24	Armadura 3P7	6/10/2023	MO		
	25	Armadura 3P8	10/10/2023	MO		
	26	Armadura 3P12	13/10/2023	MO		
	27	Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 1	9/10/2023	MO		
	28	Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 2	17/10/2023	MO		

Figura 15. Inventario de Trabajo Ejecutable semana 3.

REVISIÓN		BRIDGESTONE BODEGA Z				
SEMANA	3	ACTIVIDAD	FECHA DE INICIO	ENCARGADO	A EJECUTAR	EJECUTADAS
	5	Colocación de varillas y soldadura exotérmica	7/10/2023			
	12	Excavación de cimientos de placas aisladas y sello	14/10/2023	ING / SUBCONT		
	13	Excavación de placas corridas y sello	14/10/2023	ING / SUBCONT		
	18	Colocación y Chorrea de cimentación PC1	20/10/2023	MO		
	20	Colocación y Chorrea de cimentación PC2	20/10/2023	MO		
	31	Colocación y Chorrea de cimentación P12	20/10/2023	MO		
	32	Colocación y Chorrea de cimentación P6	25/10/2023			
	33	Colocación y Chorrea de cimentación P13	20/10/2023	MO		
	34	Cimentaciones de Muro eje 11	5/10/2023	MO		
	35	Colocación y Chorrea de cimentación P7	30/10/2023			
	36	Colocación Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 1	31/10/2023	MO		
	43	Excavación y sello del área del muro de retención Etapa 2	17/10/2023	ING/SUBCONT		
	44	Colocación bloques de muro Etapa 1	20/10/2023	MO		

Figura 16. Inventario de Trabajo Ejecutable semana 5.

REVISIÓN		BRIDGESTONE BODEGA Z				
SEMANA	5	ACTIVIDAD	FECHA DE INICIO	ENCARGADO	A EJECUTAR	EJECUTADAS
	43	Excavación y sello del área del muro de retención Etapa 2	17/10/2023	ING/SUBCONT		
	44	Colocación bloques de muro Etapa 1	20/10/2023	MO		
	45	Muros de mampostería bodegas	23/10/2023	MO		
	46	Columnas Etapa 1	23/10/2023	MO		
		Columnas Etapa 2	3/10/2023	MO		
	47	Excavación y sello del área del muro de retención Etapa 3	3/10/2023	ING/SUBCONT		
	48	Colocación y Colado Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 2	23/10/2023	MO		
	49	Colocación y Colado Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 3	3/11/2023	MP		
	50	Pedestales P13	8/11/2023	MO		
	51	Pedestales P12	8/11/2023	MO		
	52	Pedestales P6	8/11/2023	MO		
	53	Pedestales P7	8/11/2023	MO		
	56	Colocación bloques de muro Etapa 2	18/10/2023	MO		
	59	Colocación bloques de muro Etapa 3	1/11/2023	MO		
	66	Placas de asientos	17/11/2023	MO		



Figura 22. Planificación Semanal, semana 4.

NOMBRE DEL PROYECTO	BRIDGESTONE BODEGA Z															PAC	GRÁFICO CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO				
	SEMANA DEL 23/10 AL 29/10								% DE AVANCE		CANTIDAD DE TAREAS		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO								
	L	K	M	J	V	S	D	TEÓRICO	REAL	PLANIFICADAS	COMPLETADAS	PREDECESORAS	MATERIALES Y EQUIPO	TRANSPORTE	CLIMA			MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	CAMBIO DE DISEÑO	CAMBIO EN EL ALCANCE
ACTIVIDAD	23/10	24/10	25/10	26/10	27/10	28/10	29/10			13,00	10,00										
Muros de mampostería bodegas								75%	75%	1,00	1,00										
Colocación bloques de muro Etapa 1								100%	100%	1,00	1,00										
Columnas Etapa 1								100%	100%	1,00	1,00										
Excavación y sello del área del muro de retención Etapa 2								100%	100%	1,00	1,00										
Colocación Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 2								100%	100%	1,00	1,00										
Excavación de cimientos de placas aisladas y sello								50%	50%	1,00	1,00										
Colocación y Chorroa de cimentación P1								70%	70%	1,00	1,00										
Colocación y Chorroa de cimentación P6								25%	25%	1,00	1,00										
Colocación y Chorroa de cimentación P7								20%	20%	1,00	1,00										
Excavación y sello del área del muro de retención Etapa 3								100%	70%	1,00	0,70										
Colocación y Colado Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 3								50%	50%	1,00	1,00										
Pedestales P10								100%	0%	1,00	0,00										
Pedestales P12								100%	0%	1,00	0,00										

77%

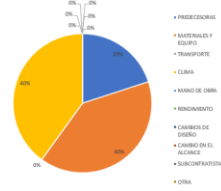


Figura 23. Planificación Semanal, semana 5.

NOMBRE DEL PROYECTO	BRIDGESTONE BODEGA Z															PAC	GRÁFICO CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO				
	SEMANA DEL 30/10 AL 5/11								% DE AVANCE		CANTIDAD DE TAREAS		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO								
	L	K	M	J	V	S	D	TEÓRICO	REAL	PLANIFICADAS	COMPLETADAS	PREDECESORAS	MATERIALES Y EQUIPO	TRANSPORTE	CLIMA			MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	CAMBIO DE DISEÑO	CAMBIO EN EL ALCANCE
ACTIVIDAD	30/10	31/10	1/11	2/11	3/11	4/11	5/11			12,00	12,00										
Excavación y sello del área del muro de retención Etapa 3								100%	100%	1,00	1,00										
Colocación y Colado Malla #4 superior y Malla #3 inferior Etapa 3								70%	70%	1,00	1,00										
Pedestales P13								100%	70%	1,00	1,00										
Pedestales P14								100%	100%	1,00	1,00										
Placas de asientos								41%	41%	1,00	1,00										
Muros de mampostería bodegas								100%	100%	1,00	1,00										
Colocación bloques de muro Etapa 2								100%	100%	1,00	1,00										
Colocación bloques de muro Etapa 3								100%	100%	1,00	1,00										
Columnas Etapa 2								100%	100%	1,00	1,00										
Columnas Etapa 3								50%	50%	1,00	1,00										
Replenos								20%	20%	1,00	1,00										
Excavación de cimientos de placas aisladas y sello								95%	95%	1,00	1,00										

100%

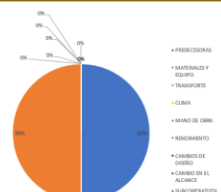


Figura 24. Planificación Semanal, semana 6.

NOMBRE DEL PROYECTO	BRIDGESTONE															PAC	GRÁFICO CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO				
	SEMANA DEL 6/11 AL 12/11								% DE AVANCE		CANTIDAD DE TAREAS		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO								
	L	K	M	J	V	S	D	TEÓRICO	REAL	PLANIFICADAS	COMPLETADAS	PREDECESORAS	MATERIALES Y EQUIPO	TRANSPORTE	CLIMA			MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	CAMBIO DE DISEÑO	CAMBIO EN EL ALCANCE
ACTIVIDAD	6/11	7/11	8/11	9/11	10/11	11/11	12/11			17,00	15,00										
Replenos								40%	40%	1,00	1,00										
Columnas Etapa 3								100%	100%	1,00	1,00										
Excavación de cimientos de placas aisladas y sello								95%	95%	1,00	1,00										
Excavación de cimientos de placas aisladas y sello								90%	90%	1,00	1,00										
Excavación de cimientos de placas aisladas y sello								100%	100%	1,00	1,00										
Excavación de placas corridas y sello								60%	60%	1,00	1,00										
Colocación y Chorroa de cimentación P6								95%	95%	1,00	1,00										
Colocación y Chorroa de cimentación P7								90%	90%	1,00	1,00										
Colocación y Chorroa de cimentación P13								100%	100%	1,00	1,00										
Colocación y Chorroa de cimentación P12								95%	95%	1,00	1,00										
Pedestales P6								95%	95%	1,00	1,00										
Pedestales P7								30%	30%	1,00	1,00										
Pedestales P10								100%	70%	1,00	1,00										
Placas de asientos								30%	30%	1,00	1,00										
Vigas VC-B Etapa 3								33%	33%	1,00	1,00										
Colocación de malla sobre muro de retención								95%	95%	1,00	1,00										
Replenos								50%	50%	1,00	1,00										

88%

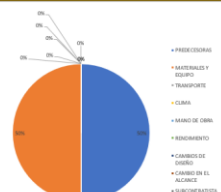
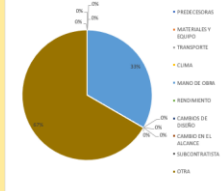


Figura 25. Planificación Semanal, semana 7.

NOMBRE DEL PROYECTO	BRIDGESTONE BODEGA Z															PAC	GRÁFICO CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO				
	SEMANA DEL 13/11 AL 19/11								% DE AVANCE		CANTIDAD DE TAREAS		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO								
	L	K	M	J	V	S	D	TEÓRICO	REAL	PLANIFICADAS	COMPLETADAS	PREDECESORAS	MATERIALES Y EQUIPO	TRANSPORTE	CLIMA			MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	CAMBIO DE DISEÑO	CAMBIO EN EL ALCANCE
ACTIVIDAD	13/11	14/11	15/11	16/11	17/11	18/11	19/11			16,00	13,00										
Muros de mampostería bodegas								95%	95%	1,00	1,00										
Vigas VC-B Etapa 3								100%	100%	1,00	1,00										
Vigas VC-B Etapa 2								100%	100%	1,00	1,00										
Colocación de malla sobre muro de retención								25%	25%	1,00	1,00										
Pedestales P13								100%	100%	1,00	1,00										
Placas de asientos								95%	95%	1,00	1,00										
Excavación de placas corridas y sello								100%	100%	1,00	1,00										
Vigas VC-B Etapa 1								100%	50%	1,00	0,50										
Excavación de cimientos de placas aisladas y sello								100%	100%	1,00	1,00										
Excavación de cimientos de placas aisladas y sello								100%	100%	1,00	1,00										
Excavación de cimientos de placas aisladas y sello								100%	50%	1,00	0,50										
Colocación y Chorroa de cimentación P11								100%	100%	1,00	1,00										
Colocación y Chorroa de cimentación P12								100%	100%	1,00	1,00										
Colocación y Chorroa de cimentación P6								100%	100%	1,00	1,00										
Colocación y Chorroa de cimentación P7								100%	100%	1,00	1,00										
Colocación y Chorroa de cimentación P8								100%	50%	1,00	0,50										

81%



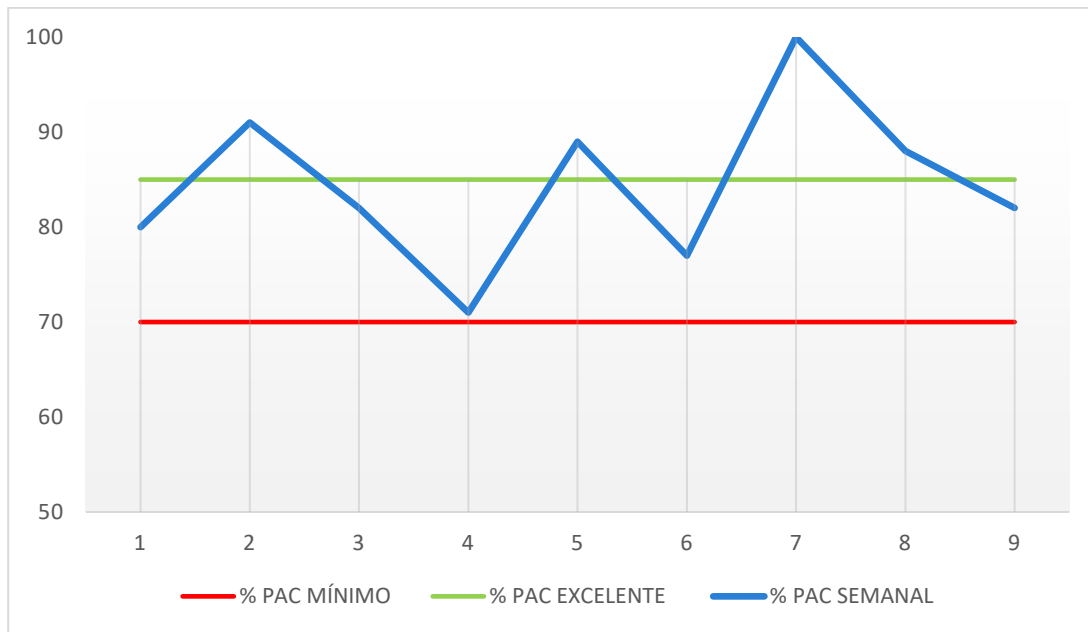
**Figura 26.** Porcentaje de Actividades Completadas del proyecto.

SEMANA	% PAC MÍNIMO	% PAC EXCELENTE	% PAC SEMANAL
Semana del 18/9 al 24/9	70	85	80
Semana del 25/9 al 1/10	70	85	91
Semana del 2/10 al 8/10	70	85	82
Semana del 9/10 al 15/10	70	85	71
Semana del 16/10 al 22/10	70	85	89
Semana del 23/10 al 29/10	70	85	77
Semana del 30/10 al 5/11	70	85	100
Semana del 6/11 al 12/11	70	85	88
Semana del 13/11 al 19/11	70	85	82
		<b>Promedio</b>	<b>84,44</b>

CONDICIONES	
Exc	PAC ≥ 85%
Bueno	70% ≤ PAC < 85%
Malo	PAC < 70%

**Figura 27.** Gráfico Porcentaje de Actividades Completadas proyecto.



**Figura 28.** Resumen Causas de No Cumplimiento Acumuladas del proyecto.

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO									
PREDECESORAS	MATERIALES Y EQUIPO	TRANSPORTE	CLIMA	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	CAMBIOS DE DISEÑO	CAMBIO EN EL ALCANCE	SUBCONTRATISTA	OTRA
SUMATORIA DE CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO									
4	8	3	5	1		1			2

**CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO ACUMULADAS**

