

Implementación de la metodología Last Planner System en la empresa Clean Construction

ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

CONSTANCIA DE PRESENTACIÓN PÚBLICA DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Implementación de la metodología Last Planner System en la empresa Clean Construction

Llevado a cabo por el estudiante:

Gamboa Castillo Gabriel

Carné: 2018135191

Trabajo Final de Graduación presentado públicamente ante el Tribunal Evaluador el viernes 15 de diciembre de 2023 como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

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

 Firmado digitalmente por
JOSE ANDRES ARAYA
OBANDO (FIRMA)
Fecha: 2023.12.19
14:42:00 -06'00'

Dr. Ing. Andrés Araya Obando
Director de la Escuela

MIGUEL FRANCISCO
ARTAVIA
ALVARADO (FIRMA)
Firmado digitalmente por
MIGUEL FRANCISCO ARTAVIA
ALVARADO (FIRMA)
Fecha: 2023.12.15 09:31:41
-06'00'

Ing. Miguel Artavia Alvarado, MAP
Profesor Guía

MANUEL
ANTONIO ALLAN
ZUÑIGA (FIRMA)
Firmado digitalmente
por MANUEL ANTONIO
ALLAN ZUÑIGA (FIRMA)
Fecha: 2023.12.18
10:56:38 -06'00'

Ing. Manuel Alán Zúñiga, MGP, MBA
Profesor Lector

MILTON ANTONIO
SANDOVAL
QUIROS (FIRMA)
Firmado digitalmente por
MILTON ANTONIO
SANDOVAL QUIROS (FIRMA)
Fecha: 2023.12.15 09:26:56
-06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós, MBA
Profesor Observador

Resumen

¿Cómo puedo gestionar de manera efectiva el cronograma de mis proyectos de construcción? Esta pregunta se vuelve recurrente cuando se abordan proyectos no convencionales, que difieren de las estructuras típicas de edificios o viviendas, donde el núcleo estructural prevalece. La construcción de plantas de producción y cuartos limpios, a pesar de compartir un ciclo de vida similar a proyectos convencionales de ingeniería, se distingue notablemente en su ejecución. Esta disparidad se debe en gran medida a los sistemas electromecánicos, caracterizados por su complejidad significativamente elevada. En consecuencia, se subraya la importancia de mantener una comunicación eficaz en sitio con los involucrados del proyecto.

Es relevante señalar que la filosofía Lean Construction abarca proyectos constructivos de cualquier tipo. Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo plantear y aplicar la metodología de Last Planner, un aliado indispensable a la hora de ejecutar proyectos de cualquier naturaleza, en este caso, específicamente de plantas de producción y cuartos limpios. La herramienta permite conocer de forma integral en qué estado se encuentra el proyecto, aclara restricciones que se presentan para las diversas actividades, se identifica que actividades no se están cumpliendo con respecto a lo pactado en reuniones y las causas de esto mismo, para que de esta forma posteriormente se haga un análisis de estas y se oriente el proyecto hacia la mejora.

Palabras clave: Lean Construction, Last Planner System, mejora continua, administración de proyectos, plantas de producción, cuartos limpios.

Abstract

How can I achieve proper control of the schedule for my construction projects? This question becomes recurring when it comes to executing non-conventional projects, buildings, or residential structures, where the structural framework is the primary component of the entire project. The construction of production facilities and cleanrooms, despite having a similar lifecycle to civil engineering projects, is executed in a vastly different manner, primarily due to the electromechanical installations, which possess a significantly high level of complexity. Consequently, the significance of effective on-site communication is emphasized.

The Lean Construction philosophy does not exclude construction projects of any type. Therefore, the present endeavor aims to advocate for and implement the Last Planner methodology, an indispensable ally when executing projects of any nature. This particularly applies to the construction of production plants and clean environments. This strategic tool facilitates a comprehensive understanding of the project's status, elucidates constraints affecting various project activities, identifies instances where activities deviate from agreements previously established in meetings, and provides an explanation of the underlying causes of such deviations.

Keywords: Lean Construction, Last Planner System, continuous improvement, project management, production plants, cleanrooms.

Implementación de la metodología Last Planner System en la empresa Clean Construction

GABRIEL GAMBOA CASTILLO

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

Noviembre de 2023

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Resumen ejecutivo	VII
Introducción	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
JUSTIFICACIÓN	8
OBJETIVO DE DESARROLLO SOSTENIBLE	9
ANTECEDENTES.....	10
OBJETIVOS.....	10
ALCANCE.....	11
LIMITACIONES	11
AGRADECIMIENTOS.....	12
Capítulo 1: Marco teórico	13
1.1 ¿QUÉ ES UN PROYECTO?	13
1.1.1 Ciclo de vida de un proyecto	14
1.1.2 ¿Que no es un proyecto?	15
1.2 ¿QUÉ ES LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS?	16
1.2.1 Liderazgo en la administración de proyectos	16
1.3 ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS CONSTRUCTIVOS	18
1.4 LEAN MANUFACTURING	19
1.4.1 Elementos de Lean Manufacturing	20
1.4.2 Principios y herramientas de Lean Manufacturing.....	20
1.5 ANTECEDENTES DE LEAN CONSTRUCTION	22
1.5.1 Beneficios de Lean Construction.....	22
1.6 ¿QUÉ ES LA PRODUCTIVIDAD?	23
1.7 ¿QUÉ ES LAST PLANNER SYSTEM (LPS)?	25
1.7.1 Origen de Last Planner System.....	25
1.7.2 Conceptos dentro de Last Planner System.....	26
Capítulo 2: Metodología	29
2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	29
2.2 CATEGORÍAS Y VARIABLES	30
2.3 SUJETOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN.....	31
2.3.1 Sujetos de información.....	31
2.3.2 Fuentes de información.....	32
2.4 TÉCNICAS O HERRAMIENTAS DE INVESTIGACIÓN	32
2.5 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	34
2.5.1 Primer objetivo específico	34
2.5.2 Segundo objetivo específico	35
2.5.3 Tercer objetivo específico	35
2.5.4 Cuarto objetivo específico.....	36
Capítulo 3: Resultados y análisis	37

3.1 PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO: DIAGNOSTICAR LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA EN EL MODELO ACTUAL DE GESTIÓN DE PROYECTOS ESTUDIANDO ASÍ LAS ACCIONES Y MÉTODOS UTILIZADOS EN SUS RESPECTIVOS PROCESOS.	37
3.2 SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO: INVESTIGAR DEL TEMA MEDIANTE FUENTES BIBLIOGRÁFICAS Y CASOS DE APLICACIÓN, OBTENIENDO ASÍ EL CONOCIMIENTO NECESARIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	52
3.3 TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO: DESARROLLAR EL PLAN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL LAST PLANNER SYSTEM DE FORMA QUE SE ABARQUEN LOS CONCEPTOS PRINCIPALES DEL SISTEMA.....	60
3.4 CUARTO OBJETIVO ESPECÍFICO: IMPLEMENTAR LA HERRAMIENTA DE LAST PLANNER SYSTEM EN UN PROYECTO CONSTRUCTIVO EN ESPECÍFICO.	65
3.4.1 Semana 1 de aplicación	66
3.4.2 Semana 2 de aplicación	73
3.4.3 Semana 3 de aplicación	77
Conclusiones y recomendaciones	84
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES	86
Referencias.....	87
Apéndices	89
APÉNDICE A.....	89
Apéndice A1. Programación intermedia semana 4 de aplicación.	89

Resumen ejecutivo

Este trabajo final de graduación consistió en la investigación y aplicación de lo que es Last Planner System en una empresa dedicada a la construcción y remodelación de plantas de producción y cuartos limpios. El tema desarrollado fue elegido debido a que dentro de la empresa mencionada no existía ninguna metodología establecida para la gestión de los proyectos constructivos y debido a esto existían algunas problemáticas en control de cronograma, subcontratistas y productividad en general. En este caso, el tema desarrollado representa una importancia para la Escuela de Ingeniería en Construcción ya que se busca el desarrollo de metodologías bajo la ideología de Lean Construction.

En relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, se destaca la relevancia del objetivo 8, enfocado en promover un crecimiento económico sostenible y un empleo pleno y productivo. El trabajo se relacionó directamente con este objetivo mencionado ya que los objetivos que tiene Last Planner System van sumamente ligados con crear un ambiente de empleo pleno y verificar por la productividad a la hora de ejercer el trabajo.

Por otra parte, se establecieron cuatro objetivos específicos para el desarrollo de este trabajo final de graduación. Primeramente, se encontraba diagnosticar la situación actual de la empresa en cuanto a los procesos de gestión de proyectos en cuanto a cronograma y calendarización de actividades. El segundo objetivo consistió en investigar mediante fuentes bibliográficas la información necesaria acerca de Last Planner System y casos de aplicación con el fin de generar un plan de aplicación para la empresa; este plan de aplicación mencionado corresponde al tercer objetivo específico. Por último, se planteó como cuarto objetivo específico aplicar la metodología de Last Planner System en uno de los proyectos de la empresa el cual consistía en la construcción de un cuarto limpio junto con un área de recepción, oficinas y baterías de baño.

Es importante mencionar algunos de los métodos que se utilizaron para alcanzar los objetivos establecidos, por ejemplo, se realizaron encuestas al área de ingeniería y a trabajadores de campo, principalmente a maestros de obra y capataces; en estas encuestas se esperaban resultados principalmente cualitativos. Además, se realizó trabajo de oficina con el fin de realizar investigaciones con respecto a lo que conlleva la metodología y estudiar proyectos en los que se haya implementado Last Planner System. También, se realizaron visitas a proyectos donde la metodología es implementada por completo o parcialmente con el fin de obtener información acerca del cómo es que se aplica.

Basándose en la información recopilada se procedió a aplicar la metodología utilizando las herramientas que se crearon en el transcurso de tiempo en que se alcanzaron los otros objetivos específicos. Para el cumplimiento de este se tuvieron que dar charlas y reuniones con el fin de generar un convencimiento a los involucrados, además de conversaciones con la gerencia de la empresa para obtener el apoyo necesario con el fin de que la implementación de la metodología se diera de una forma satisfactoria.

Gracias a todos los procesos que se dieron con el fin de cumplir con los objetivos se logró llegar a algunas conclusiones. Primeramente, se notó que la falta de compromiso dentro de los trabajadores de la empresa era una de las principales problemáticas debido a la poca inclusión de estos en ámbitos de gestión. Además, se logró observar que el proceso para aplicar Last Planner System ha sido estandarizado de cierta forma ya que la teoría muestra generalmente un paso a paso para su aplicación, sin embargo, dependiendo del tipo de proyecto puede llegar a variar.

Por último, una de las principales conclusiones a las que se llegó es que la aplicación de la metodología en el proyecto de Abbvie Tenant impactó de manera positiva a la gestión de actividades dentro del proyecto. De esta forma se ve un impacto positivo también en los porcentajes de actividades completadas comenzando en un 53% alcanzado hasta un 83% de las actividades completadas en la última semana de análisis.

Introducción

Planteamiento del problema

En la actualidad, Clean Construction carece de un marco formal de gestión de proyectos en su operativa. La supervisión y planificación de actividades en sus proyectos se basa principalmente en inspecciones y reuniones en campo, lo que resulta en un enfoque poco estructurado. La implementación del Last Planner System, derivado de la filosofía de Lean Construction, se busca como un medio para establecer una nueva cultura de gestión de proyectos.

Los problemas de retrabajo, retrasos en los cronogramas y la baja productividad en los proyectos de Clean Construction han sido recurrentes. Además, la comunicación entre cliente, contratista y subcontratistas no es óptima, lo que representa un desafío en la gestión de proyectos, particularmente debido a la complejidad inherente a los mismos. A su vez, la empresa enfrenta dificultades para obtener una visión integral del progreso de las actividades de los subcontratistas, ya que estos operan de manera independiente, sin proporcionar actualizaciones periódicas sobre su avance.

Justificación

Actualmente, en la empresa no existe una cultura 100% establecida de lo que es Lean Construction lo cual conlleva a que el sistema de Last Planner System no se esté implementando en casi ninguno de los proyectos. A la hora de no implementar estas técnicas de mejora en el flujo de los procesos constructivos, y programación de estos, se pueden encontrar puntos de mejora en cuanto a la productividad de los trabajadores, además, se hacen recurrentes los retrabajos y atrasos con respecto a cronograma. En este tipo de proyectos es muy común el uso de estructuras metálicas, paredes de gypsum y un sistema electromecánico complejo, esto quiere decir que la comunicación entre la constructora y sus subcontratistas en conjunto es indispensable y no se está desarrollando de la manera más adecuada.

Parte de las razones por las cuales se propone la implementación de Last Planner System es que la comunicación entre los gerentes de proyecto, ingenieros encargados, los capataces de la empresa y de subcontratistas no está formalizada en reuniones diarias ni semanales; esto implica que los ingenieros

encargados giren la mayor parte de instrucciones en campo mientras se están ejecutando procesos y los trabajadores se encuentran ocupados. El hecho de no tener una buena comunicación con los encargados dentro de campo vuelve difícil que los mismos estén conscientes del estatus del proyecto en cuanto a cronograma y fechas de entrega. Actualmente, es posible que las personas estén al tanto, sin embargo, esto es así ya que los ingenieros encargados, como se mencionó anteriormente, desarrollan conversaciones en campo con los trabajadores encargados de cada cuadrilla. Además, la forma de hacer seguimiento al cronograma puede mejorar ya que únicamente se está imprimiendo el cronograma generado en MS Project al cual se le da seguimiento solamente los ingenieros y el maestro de obras, mas no de forma constante.

De forma que se implemente la herramienta de Last Planner System, se buscará generar un mayor compromiso de cada una de las partes involucradas mediante reuniones de coordinación. *“Se trata de un sistema Pull en lugar de un sistema Push porque es la actividad aguas abajo en la cadena o flujo de valor la que marca el ritmo y tira de la demanda y no a la inversa como ocurre en el sistema tradicional, en el que las actividades aguas arriba empujan la producción hacia las actividades aguas abajo, generando cuellos de botella, exceso de inventario y esperas, entre otros desperdicios.”* (Pons, 2014). Basándose en lo que menciona este autor, la implementación de este sistema contribuirá a que se refleje un mayor orden durante la ejecución de la obra. Además, se pueden reducir los tiempos de espera lo cual es otra de las problemáticas identificadas en el tipo de proyecto en cuestión. Por otra parte, se lograrán identificar las actividades que se deberían hacer, las que se pueden hacer, las que se harán y finalmente las que se hicieron con el fin de generar un aprendizaje e identificar posibles puntos de mejora.

Objetivo de Desarrollo Sostenible

En relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, se destaca la relevancia del objetivo 8, enfocado en promover un crecimiento económico sostenible y un empleo pleno y productivo. La implementación de la herramienta abordada en este trabajo final se alinea directamente con este objetivo. Se busca impulsar un entorno más productivo en la gestión de proyectos, lo cual puede contribuir a fomentar el crecimiento económico sostenible al optimizar la eficiencia en la ejecución de actividades, reducir retrabajos y minimizar los retrasos en los proyectos de Clean Construction. Además, al mejorar la productividad y eficiencia en la gestión de proyectos, se propicia un ambiente laboral más favorable para el empleo pleno y productivo, en línea con las metas del Objetivo 8 de los ODS.

Antecedentes

A la hora de implementar Last Planner System se ha logrado observar una constante en donde se aplica en proyectos en donde la obra gris es su principal elemento, por ejemplo, en edificaciones y proyectos residenciales. Tal y como es el caso de Gutiérrez (2017), la cual presenta su proyecto de graduación titulado *“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER EN EDIFICACIÓN EN ALTURA EN UNA EMPRESA CONSTRUCTORA: Estudio de casos de dos edificios en las comunas de Las Condes y San Miguel.”* En el documento esta autora habla de 2 proyectos a ejecutar en donde uno consiste en una torre de 15 niveles y el otro no menciona su magnitud, pero si se habla de un proyecto donde la obra gris es su principal elemento. Por otra parte, el autor Alpízar (2017) en su documento llamado *“Aplicación de Lean Construction a través de la metodología Last Planner a proyectos de vivienda social de FUPROVI.”*, hace una implementación de Last Planner System, pero en esta ocasión corresponde a proyectos de vivienda. El mismo consiste en un proyecto constructivo que abarca alrededor de 52 viviendas. En este proyecto mencionado se hace referencia a porcentajes de actividades completadas y causas de no cumplimiento únicamente en el cuerpo del documento. Por aparte, se encuentra que se plantea un procedimiento para la implementación de la metodología para proyectos habitacionales.

Se observa que los tipos de proyectos en donde se ha presentado la implementación de la metodología, como se menciona al principio, corresponde a proyectos residenciales y edificios donde la obra gris prevalece. Por su parte, el presente proyecto de graduación propone un procedimiento y presenta un ejemplo de aplicación de Last Planner System en el área de construcción conocida como industrial. En esta se trata de la construcción de plantas de producción y cuartos limpios que por lo general se ubican en naves industriales. En este tipo de proyecto la instalación electromecánica cuenta con niveles de dificultad sumamente altos. Por otra parte, la ejecución muchas veces se dificulta debido a las circunstancias que presentan los clientes en los casos en que la planta está en funcionamiento.

Objetivos

Primeramente, se plantea un objetivo general el cual corresponde a generar un plan para la implementación de Last Planner System, obteniendo de esta forma una mejora en la planeación, coordinación y ejecución de los proyectos constructivos de la empresa. Por otra parte, se encuentran los cuatro objetivos específicos propuestos que corresponden a los siguientes:

1. Diagnosticar la situación actual de la empresa en el modelo actual de gestión de proyectos estudiando así las acciones y métodos utilizados en sus respectivos procesos.
2. Identificar los principales elementos del sistema Last Planner System mediante una investigación bibliográfica, para su aplicación en los proyectos de la organización.

3. Desarrollar un procedimiento para la implementación de Last Planner System que atienda las necesidades de la organización.
4. Implementar la herramienta de Last Planner System en un proyecto constructivo en específico.

Alcance

En el proceso de investigación y preparación, se llevarán a cabo visitas a proyectos internos de la misma empresa, donde se estudiará minuciosamente la metodología de gestión de obras utilizada. Además, se llevarán a cabo encuestas a profesionales clave, como ingenieros, maestros de obras y capataces, para obtener información valiosa sobre la actual gestión de proyectos.

Para obtener una comprensión profunda del Last Planner System, se realizará una investigación exhaustiva que abordará su historia, definiciones y conceptos fundamentales. Asimismo, se examinarán casos reales en los que esta metodología se haya implementado con éxito, lo que proporcionará ejemplos concretos de su aplicación.

En el proceso de implementación de la herramienta, se llevará a cabo un análisis detallado para definir la estrategia. Se establecerán actividades específicas que deben realizarse para garantizar que la implementación del Last Planner System genere los resultados deseados en la mejora de la gestión de proyectos. Se generarán planes maestros, intermedios y semanales utilizando las herramientas propias del Last Planner System. Se prestará especial atención a la organización de la sala de reuniones, adaptándola al concepto de Big Room, con el fin de proporcionar un espacio adecuado para compartir y discutir los planes maestros y semanales de manera efectiva.

El análisis de las causas de incumplimiento y el porcentaje de actividades completadas se llevará a cabo a través de tablas y gráficos, lo que permitirá un análisis más profundo de la situación. Los datos obtenidos servirán como base para la impartición de charlas relacionadas con la mejora continua, que se realizarán a lo largo de todo el proyecto con el objetivo de optimizar constantemente los procesos de gestión de proyectos.

Limitaciones

Para el cumplimiento de los objetivos establecidos, se identifican algunas posibles limitaciones como lo es la baja disponibilidad de los ingenieros encargados de los proyectos identificados para las visitas representa un desafío, lo que puede restringir la recopilación de información in situ sobre la gestión de dichos proyectos.

Por otra parte, la limitada disponibilidad de información tanto en páginas web como en fuentes bibliográficas podría afectar la profundidad y amplitud de la investigación sobre el Last Planner System, lo que posiblemente

requiera un enfoque más minucioso para recopilar datos relevantes. Además, la escasez de análisis por parte de los capataces puede obstaculizar la identificación de las razones fundamentales del incumplimiento de metas. La colaboración y aportes de todas las partes involucradas son cruciales para identificar de manera precisa las razones que están obstaculizando el logro de los objetivos.

Ahora bien, la falta de compromiso por parte de los trabajadores hacia la metodología propuesta puede representar un desafío en la implementación del Last Planner System. La resistencia al cambio o la oposición a nuevas metodologías pueden impactar la efectividad de la implementación.

Por último, los retrasos en el proyecto, una realidad común en la industria de la construcción, podrían limitar el pleno desarrollo e implementación del sistema. Estos retrasos podrían afectar la planificación y ejecución de actividades asociadas a la introducción de esta nueva metodología.

Agradecimientos

Primeramente, agradezco a Dios por darme salud y sabiduría a lo largo de toda mi vida y especialmente en estos últimos 6 años en donde cursé mi carrera universitaria. Agradezco a mi mamá y a mi papá por darme la oportunidad de recibir mis estudios dentro de esta institución tan prestigiosa como lo es el Instituto Tecnológico de Costa Rica. También, a mi hermano por haberme guiado desde el principio en el proceso de elegir mi carrera y hasta mi último día de licenciatura. Agradezco también a Valeria por haber sido mi apoyo incondicional desde mi tercer año de carrera, por haberme aconsejado y ayudado como una guía para ir por el camino del éxito.

Por último, agradezco a mis amigos Jose David, Gabo, Juan, Jose Pablo, Fer Briceño, Fer Mata, Lau, que estuvieron presentes desde el 2018 y otros que que la vida me puso en el camino de esta aventura de estudios universitarios, trasnochadas, lloradas y vaciladas.

Capítulo 1: Marco teórico

En esta sección se busca establecer términos y definiciones los cuales se consideran importantes para la comprensión del tema que se desarrolla en el trabajo final de graduación. Es decir, se busca que se facilite el entendimiento teórico del desarrollo del proyecto. Además, se muestra la teoría que se utilizará como base para cumplir con los objetivos propuestos.

1.1 ¿Qué es un proyecto?

La definición de proyecto representa una gran importancia para dar inicio al contenido de este trabajo ya que las personas se enfrentan a proyectos cada día, pero lo que varía es su complejidad y su finalidad. En el documento de la Administración Profesional de Proyectos (APP), Chamoun (2002), menciona que un proyecto es un conjunto de esfuerzos temporales, los cuales son dirigidos con el fin de generar un servicio o un producto único.

El mismo autor explica el por qué se dice que es un esfuerzo temporal; como ejemplo se puede establecer un viaje, la vida profesional o una construcción, estas actividades cuentan con un comienzo y un fin determinado. Además, la duración es cuantificable ya que a pesar de que un proyecto parezca que no terminará, siempre llega a su fin. Por otra parte, el autor caracteriza la definición de proyecto como único ya que estos poseen funciones y características específicas que se irán desarrollando sucesivamente y esto se refiere a la cualidad de algo único.

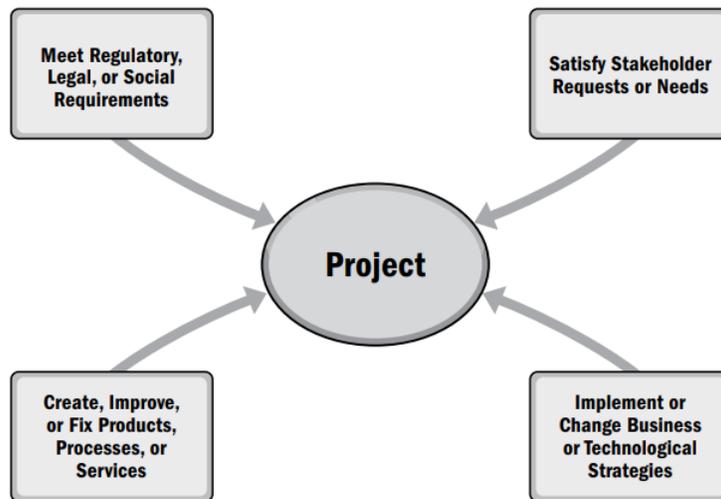
Ahora bien, Gray & Larson (2009), agregan más aspectos a la definición de lo que es un proyecto; mencionan que este es un esfuerzo limitado por el tiempo, el presupuesto y especificaciones de desempeño para cumplir con las necesidades de un cliente. Además del concepto, estos autores enumeran las principales características de un proyecto y esto representa importancia para el desarrollo de la definición de este concepto, y son las siguientes:

- Cuentan con un objetivo establecido.
- Cuentan con un ciclo de vida.

- Se requiere que varios profesionales o departamentos se involucren.
- Es común que surjan procesos o actividades que nunca se han realizado.
- Se tienen requerimientos de costo, tiempo y desempeño.

El Project Management Institute, (2017) establece algunos factores que deben de ser tomados en cuenta a la hora de ejecutar un proyecto y los refleja en la siguiente figura:

Figura 1. Factores de un proyecto



Fuente. Project Management Institute, (2017).

Al relacionar estos factores que se mencionan en el documento citado con el sector construcción se puede notar la gran relación que hay entre el concepto de proyecto y construcción, donde la definición de proyecto constructivo es detallada más adelante. Cumplir regulaciones y requerimientos legales y sociales, satisfacer las necesidades o solicitudes de clientes o interesados, solucionar problemas, implementar estrategias y tecnologías son retos que se dan en construcción día con día y este instituto define estos factores como parte de lo que conlleva un proyecto.

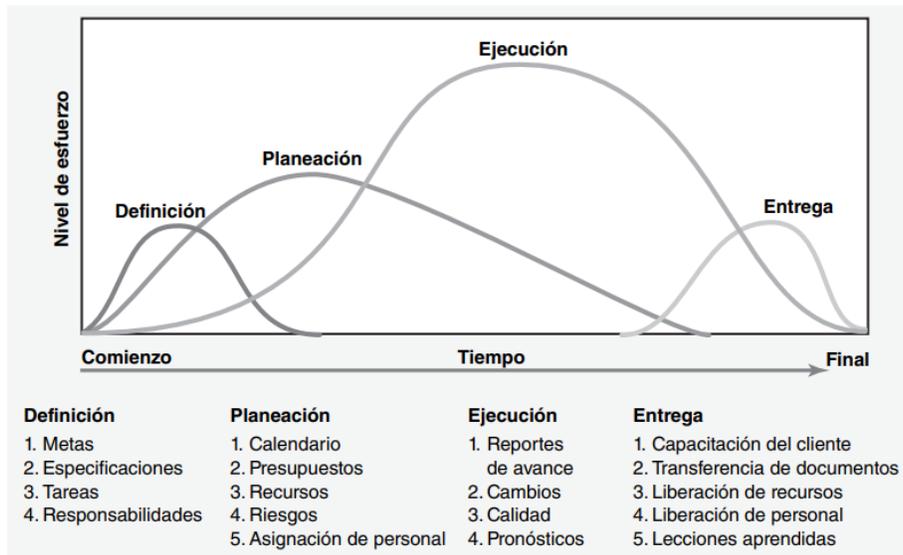
1.1.1 Ciclo de vida de un proyecto

Teniendo claro el concepto anterior, Gray & Larson (2009), describen el ciclo de vida de un proyecto e incluso muestran figuras en donde se describe en qué parte de los proyectos se incurre en más esfuerzo que en

otros. Los autores mencionan cuatro grandes etapas las cuales son: definición, planeación, ejecución y entrega.

En la primera etapa mencionada, se dice que es donde se definen objetivos, se integran equipos y se asignan las principales responsabilidades. En la planeación se definen aspectos como presupuesto, y se desarrollan planes con el fin de determinar beneficiarios, calidad y programación de este. Por su parte, la ejecución es el que más esfuerzo conlleva, acá se elabora el producto y se lleva el control de tiempo, costos y cumplimiento con especificaciones planteadas con anterioridad. Por último, se describe la etapa de entrega que es donde se entrega el producto al cliente y se da la liberación de recursos para ser utilizados en nuevas asignaciones. En la siguiente figura se observa cómo estos autores grafican el nivel de esfuerzo que requiere cada una de las etapas descritas y se puede ver como la planeación y la ejecución son las etapas más críticas de un proyecto.

Figura 2. Nivel de esfuerzo en función de la etapa del proyecto



Fuente. Gray & Larson, (2009).

1.1.2 ¿Que no es un proyecto?

Si se considera la importancia de definir el concepto de proyecto, sería conveniente dejar claro qué no es un proyecto ya que hay ciertas actividades que pueden llegar a confundirse. Gray & Larson (2009), mencionan que un trabajo repetitivo y rutinario no es un proyecto. Lo anterior se fundamenta debido a que un trabajo ordinario consiste en ejecutar una tarea una y otra vez o tareas similares, mientras que un proyecto consiste en algo que se ejecuta una sola vez, de esta forma surge un nuevo servicio o producto y el proyecto culmina.

Otro de los conceptos que resaltan los autores que tiende a generar confusión es el de programa; sin embargo, programa se define como una serie de múltiples proyectos los cuales están relacionados y coordinados con el fin de alcanzar una meta. Un ejemplo claro de programa es el programa espacial de Estados Unidos para llevar una estación a la Luna para efectuar exploraciones cósmicas; por otra parte, un ejemplo de proyecto es la construcción de un complejo de apartamentos de 15 pisos, de esta forma se puede notar que el sector constructivo está arraigado completamente a la ejecución de proyectos.

1.2 ¿Qué es la administración de proyectos?

Tras haber definido el concepto de lo que es un proyecto, se puede profundizar ahora en lo que conlleva y lo que se refiere como administración de proyectos. Como el enfoque de este trabajo está relacionado con el sector construcción y ya se tiene la definición de lo que es un proyecto se puede saber que la construcción conlleva gran cantidad de proyectos los cuales deben de ser administrados y controlados, es por esto por lo que es importante desarrollar este concepto.

“La gestión de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los objetivos requerimientos del proyecto. La gestión de proyectos se logra mediante la aplicación e integración apropiadas de los procesos de gestión de proyectos identificados para el proyecto. La gestión de proyectos permite a las organizaciones ejecutar proyectos de forma efectiva y eficiente” (Project Management Institute, 2017).

El PMI expone que una buena administración de proyectos permite tener ventajas significativas a la hora de pasar por cada una de las etapas que se involucran en un proyecto, entre estas ventajas se encuentra la optimización del uso de recursos organizacionales, respuesta a riesgos de manera oportuna, buena gestión de limitaciones que se puedan presentar, entre otros. Y, por otra parte, se exponen consecuencias en caso de que no se ejecute una buena administración de los proyectos como lo son, el incumplimiento de plazos, sobrecostos, retrabajos, cliente e interesados insatisfechos y una mala reputación.

1.2.1 Liderazgo en la administración de proyectos

El liderazgo se relaciona directamente con la administración de proyectos, para esta sección se puede iniciar con la definición de lo que es liderazgo. Según Lussier & Achua (2011), definen como liderazgo al proceso de influencia entre líderes y seguidores con el fin de generar cambios en objetivos organizacionales mediante el cambio. Además de esto, presentan cinco elementos clave a la hora de definir el liderazgo los cuales son, la influencia, líderes y seguidores, cambio, personas y objetivos organizacionales.

Por otra parte, estos mismos autores desarrollan temas como lo son los roles gerenciales, en esta sección es donde la teoría de liderazgo se va relacionando aún más con la administración de proyectos. Se dice que los roles representan clases dominantes que los gerentes o seguidores desempeñan en sus actividades gerenciales. Se menciona que Henry Mintzberg define los roles gerenciales de liderazgo en tres categorías, las cuales son: interpersonales, informativos y de decisión. Es decir, los líderes tienen la capacidad de representar a su organización, pueden desempeñar funciones administrativas y son un enlace cuando se necesita interactuar con personas externas a su organización como, por ejemplo, los clientes.

Además, Lussier & Achua (2011), mencionan también que los líderes en la administración de proyectos actúan como monitores, es decir, están al tanto de lo que sucede tanto a lo interno como a lo externo de la organización con el fin de estar informado e informar o difundir la información recolectada a sus socios o colaboradores, esto es conocido también como administración del conocimiento. También, definen que un líder es fundamental en la toma de decisiones como emprendedor, es decir innova y pone en marcha mejoras; además en caso de enfrentar situaciones de crisis o conflicto, estos corrigen. Al mismo tiempo, un líder asigna recursos y es negociador, en otras palabras, en transacciones cotidianas establecen límites y buscan negociar buenos tratos con el fin de obtener los recursos requeridos.

Según Gray & Larson (2009), en la administración de proyectos se requiere mantener el mismo en curso y, al mismo tiempo hacer ajustes a lo largo del camino; lo anterior es la línea divisoria entre la administración y el liderazgo ya que se dice que la administración lidia con la complejidad y, por otra parte, el cambio se enfrenta con liderazgo. Los autores se refieren a un administrador de proyecto eficaz como a alguien que dirige por medio del ejemplo; esto tiene todo el sentido ya que, si se está dirigiendo una organización de la forma en que una persona lo estudió como lo óptimo, es lógico que esta persona requiera que sus colaboradores compartan su ideología y su forma de trabajar siempre y cuando los valores y ética estén presentes.

La siguiente figura muestra seis parámetros necesarios para dirigir por medio del ejemplo:

Figura 3. Parámetros para dirigir mediante el ejemplo.



Fuente. Gray & Larson, (2009).

Con respecto a la ética, este documento de Administración de Proyectos, de la forma en que los colaboradores actúen ante dilemas éticos estará influida por la forma en la que un líder administrador de proyectos lo haya hecho anteriormente. La forma en la que esta persona responda ante los problemas del proyecto también será la manera en la que otros ataquen los problemas, por ejemplo, si el administrador busca siempre un culpable, las demás personas ante un problema buscarán cubrir sus faltas culpando a alguien más. Con respecto a las prioridades, si el líder y administrador encuentra crítico un proyecto y lo comunica así, pero deja ver que dedica su tiempo a otras actividades entonces les demuestra a sus colaboradores que, aunque sea crítico no es una prioridad de trabajo; el mismo tema es para el caso de las urgencias.

Por otra parte, los estándares de desempeño deben de ser tratados mediante la misma manera, dirigiéndose con el ejemplo. Un líder debe de reflejar calidad en sus interacciones diarias, como responder con rapidez las necesidades de los demás, dirigir reuniones claras y mantener al tanto a todos de temas cruciales. En cuanto a cooperación, este factor va dirigido a la forma en que el líder se relacione con personas externas o desconocidos, siempre se tiene que tratar a los demás con respeto para que dentro de la organización se desarrolle este ambiente sano.

1.3 Administración de proyectos constructivos

Hernández, (2011), menciona en su documento “Protocolo para la Administración de Proyectos de Construcción” que la administración de proyectos constructivos se refiere a un proceso en el cual se busca

la eficiencia para lograr los objetivos de una o varias organizaciones mediante la planificación, organización ejecución y control de recursos asociados. Los recursos mencionados pueden ser financieros, físicos y humanos. Es indispensable anotar que para la administración de proyectos constructivos se requiere de personal capacitado y dedicado a la ejecución de estas tareas. Suarez (2018) menciona que un proceso constructivo es aquella serie de actividades que debe de seguirse a la hora de realizar una construcción de una edificación; estos deben de realizarse de manera eficiente y organizada. Lo mencionado anteriormente va a colaborar de gran forma a que los procesos se ejecuten de forma eficiente y asimismo dar un ahorro de tiempo y dinero.

1.4 Lean Manufacturing

Con el fin de ir desarrollando temas más relacionados directamente a Last Planner System que es el principal objeto de este trabajo de graduación, es importante presentar el origen de lo que es Lean Manufacturing y posteriormente Lean Construction. *“Es una filosofía de trabajo que propone obtener mayores beneficios utilizando menos recursos. Ha sido aplicado a una gran variedad de sectores diferentes al del automóvil, en el que se originó y donde ha tenido su mayor desarrollo”* (Tejeda, 2011). Se puede observar que como menciona el autor, la ideología de Lean viene se ha vendido creando a partir de la industria automovilística. Esto lo han hecho con el fin de buscar más competitividad en el mercado para tener mejores resultados con el uso de menos recursos, menciona la autora.

Según Tejeda, (2011), existen diversos sistemas productivos y debido a uno de ellos es que surge Lean Manufacturing. Se dice que una vez evolucionan estos sistemas productivos surge lo que se denomina producción artesana y producción en masa. La autora se refiere a la producción artesana como el primer sistema de producción en donde se crean productos muy personalizados; parte de lo que caracteriza este tipo de producción es que la mano de obra es sumamente altamente capacitada en diseño y operación de maquinaria. Se dice también que en este tipo de producción se presentan costos elevados, sin embargo, la calidad es casi garantizada.

Parte de la historia que menciona Tejeda en su documento *“MEJORAS DE LEAN MANUFACTURING EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS”* es que la empresa japonesa, Toyota, implementaba el sistema de producción en masa; donde a producción en masa se refiere a un sistema la mano de obra es sumamente especializada y que de este tipo de producción surgen los profesionales como ingenieros industriales, ingenieros en mantenimiento, calidad, entre otras profesiones. En este tipo de producción los procesos están estandarizados y las tareas que hacen los trabajadores son sencillas y repetitivas. De los problemas mencionados destaca que este sistema se enfoca en la cantidad y no en la calidad lo cual puede llegar a generar afectaciones como la poca motivación de trabajadores debido a factores como la poca variedad de productos.

Tras el análisis de estos factores negativos de este sistema de producción, Tejeda menciona que casi un 50 años después la producción en masa es sustituida por Lean Manufacturing gracias a los ingenieros Eiji Toyoda y Taiichi Ohno, en donde se busca eliminar desperdicios y actividades que no agreguen valor al cliente.

1.4.1 Elementos de Lean Manufacturing

Dentro de la ideología de Lean Manufacturing, según Tejeda (2011), estos ingenieros sugieren cuatro elementos esenciales que se dividen en la ingeniería del producto, cadena de suministro, demanda y el cliente. Con respecto a la ingeniería del producto se refieren a equipos de trabajo formados por distintos departamentos los cuales son guiados por líderes experimentados, la comunicación se vuelve vital en este aspecto. En la cadena de suministro se busca tener el material a tiempo bajo los estándares de calidad y bajo costo.

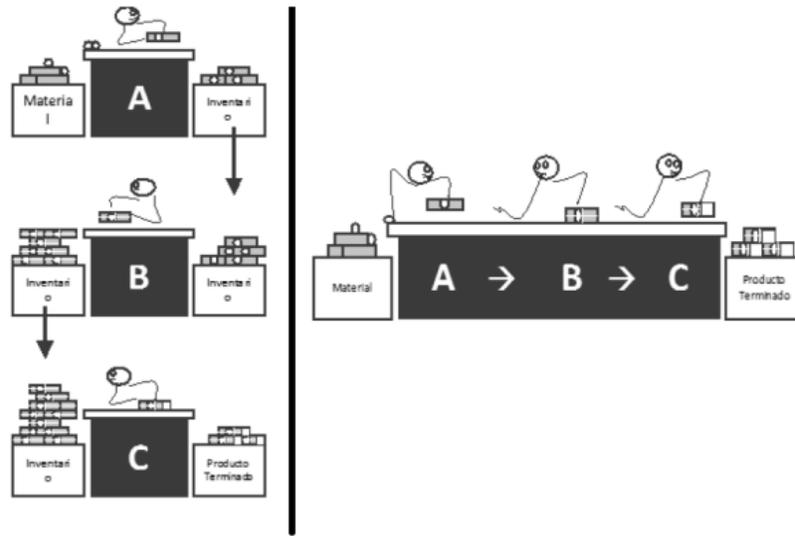
Cuando se habla de cliente y demanda, estos conceptos se refieren a que la satisfacción del cliente es lo primordial en los proyectos bajo esta ideología y los clientes pueden cambiar de parecer en algunas ocasiones por lo que provoca demandas cambiantes. Todos estos conceptos llegan en algún momento al sector constructivo lo cual se detalla más adelante, no obstante, se puede notar como cada uno de estos conceptos se pueden relacionar de gran forma con las obras civiles.

1.4.2 Principios y herramientas de Lean Manufacturing

Womack & Jones (2003), mencionan que existen cinco principios necesarios para cambiar de un sistema común a uno de Lean. Estos son el valor del producto, identificación de flujo de valor, flujo del producto, uso del sistema "pull" y la búsqueda de la perfección. Por su parte el valor del producto, mencionan los autores, que satisface al cliente y está dispuesto a pagar por ello; para esto es importante crear ese valor dándole a entender al cliente lo que ese producto vale por medio del diálogo.

Al identificar el flujo de valor se deben estudiar las operaciones del proceso en el cual se da la producción, desde que este es creado hasta que está en manos del cliente; se debe de considerar que todo lo que no agregue valor se considera desperdicio. En cuanto al flujo del producto, se busca que sea sin interrupciones produciendo así cantidades pequeñas hasta mover una pieza completa sin obstáculos y sin dar vuelta atrás. En la siguiente figura se puede entender el flujo sin interrupción de una mejor forma.

Figura 4. Producción no continua VS flujo continuo.



Fuente. Tejeda, (2011).

Se menciona acerca del sistema “pull” que es una vez el cliente hale cada producto en el momento en que lo desee esto debe de halar todos los procesos que vienen detrás, esto se puede relacionar con las etapas de los procesos ya que, si una etapa más adelante requiere de recursos que se generan antes que este, los procesos anteriores deben de esforzarse para rendir lo suficiente y entregar los productos requeridos. Por otra parte, la búsqueda de la perfección se refiere a la revisión en los procesos en la búsqueda de eliminar desperdicios y encontrar oportunidades de mejora.

Manea (2013), menciona dos de las herramientas más comunes provenientes de Lean Manufacturing. Una de ellas es la de Value Stream Mapping (VSM) la cual se utiliza para diseñar y analizar el proceso de producción. El objetivo de esta herramienta es que les permita a los administradores de los proyectos a que identifiquen las pérdidas en sus procesos, como lo son las esperas, transportes, sobreproducción, entre otros. La forma en que se identifica estas pérdidas es mediante iconos y gráficos, lo cual es característico del mapeo de flujo de valor.

Por otro lado, se encuentra la metodología de las 5 S’s, la cual la define como una herramienta que facilita el flujo de personas y materiales, y de esta forma disminuye errores y tiempo en los procesos. Esta herramienta está constituida por características esenciales en los proyectos, de ahí su origen del nombre; cada una de estas características en el idioma de origen comienzan con la letra “s”, sin embargo, traducidas al español son las siguientes: organización, orden, limpieza, estandarización y disciplina. Si en los procesos de los proyectos se implementa cada una de estas acciones la productividad se va a ver aumentada y los desperdicios disminuidos.

1.5 Antecedentes de Lean Construction

Sanchis (2013), menciona que la primera aplicación de Lean a la construcción la realizará Koskela en 1992, en su artículo "Application of the new production philosophy to construction". En el artículo no se hace mención directamente a la ideología Lean, sin embargo, se basa en el aprovechamiento de herramientas de una nueva filosofía en la construcción. Por otra parte, Pons (2014), en su documento llamado "Introducción a Lean Construction" menciona que esta acción de Koskela forma parte de un hito clave que colaboró al desarrollo una corriente a que se investigara sobre la aplicación de Lean en la industria constructiva.

El autor Pons también define a Lean Construction como la aplicación de los principios y herramientas del sistema Lean a los proyectos de construcción durante todo su ciclo de vida. Por su parte el Lean Construction Institute establece su propia definición y es la siguiente, "*Lean Construction es un proceso de entrega de proyectos que utiliza métodos Lean para maximizar el valor de las partes interesadas y al mismo tiempo reducir el desperdicio al enfatizar la colaboración entre los equipos en un proyecto. El objetivo de la construcción Lean es aumentar la productividad, las ganancias y la innovación en la industria*".

Aspectos importantes acerca de Lean Construction también los menciona Pons (2014), ya que se habla de que esta ideología implica romper paradigmas. Iniciar con una nueva filosofía va a causar conflicto en casi todo ámbito y así sucedió con Lean Construction; las personas presentan frases como: "aquí siempre hemos trabajado así", "hay problemas más importantes", "nada va a cambiar". A pesar de esto es importante siempre innovar, inclusive este autor menciona que quedarse en un solo lugar es retroceder así que se debe buscar romper paradigmas. Como paradigma, el autor se refiere a ideas, pensamientos y creencias que han formado parte de una persona u organización durante gran cantidad de tiempo.

1.5.1 Beneficios de Lean Construction

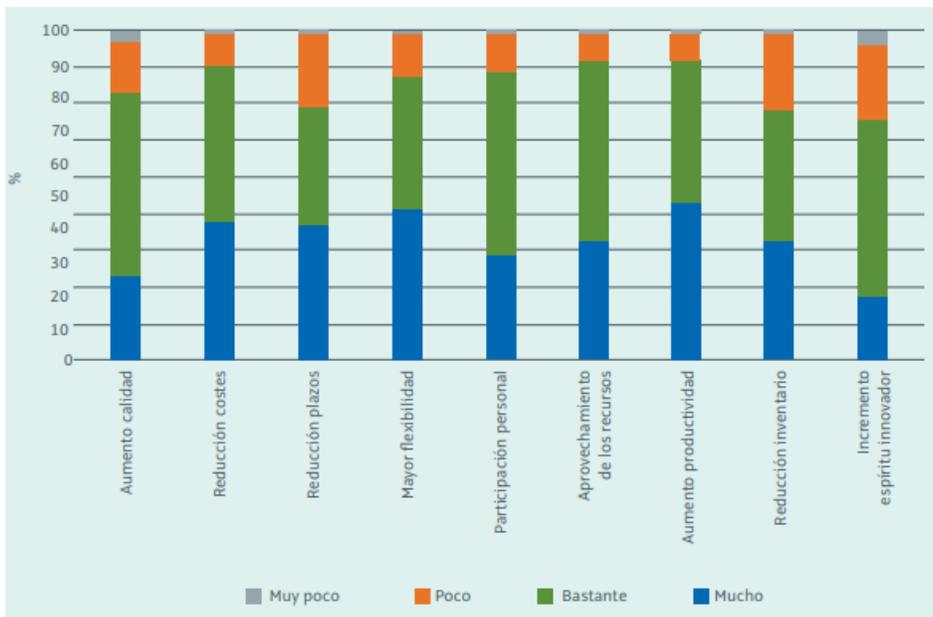
Pons (2014) permite conocer algunos de los beneficios que brinda la implementación de Lean Construction por medio de algunas tablas y gráficos que se muestran a continuación.

Figura 5. Estado de Lean Construction en Estados Unidos

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.

Fuente. Pons, (2014).

Figura 6. Beneficios obtenidos con implementación de Lean Construction.



Fuente. Pons, (2014).

Se puede observar que la cantidad de beneficios de Lean es bastante representativa, y esta puede colaborar a una mayor participación de la persona, aprovechamiento de recursos, aumento de productividad, reducción de costos. Cuando las personas se sienten involucradas genera que sean productivas ya que existe cierto compromiso que los exige a cumplir con metas establecidas. Todo esto beneficia de gran forma a la organización en cuanto a la calidad de sus resultados lo cual concluye en un cliente satisfecho.

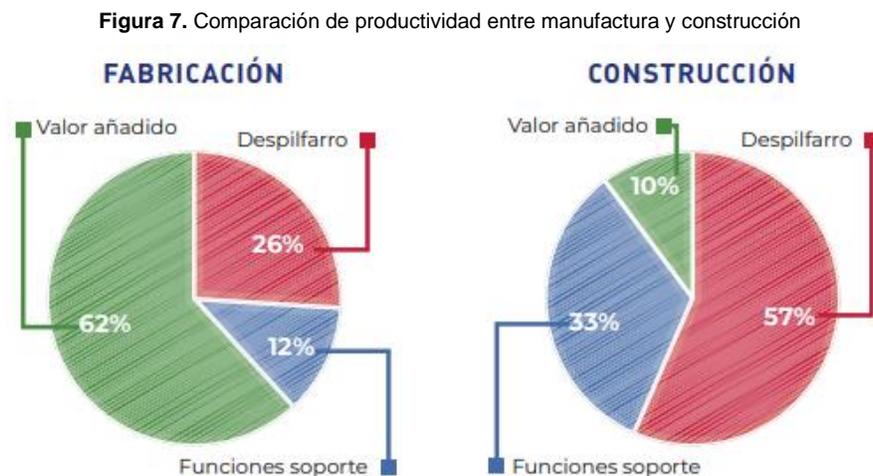
1.6 ¿Qué es la productividad?

“La productividad es la habilidad para producir cualquier objeto por medio de energía”, (López, 2012). Esta es una de las definiciones que presenta el autor en su libro llamado Productividad la cual se encuentra muy

acertada, sin embargo, este no menciona la relación entre producción y tiempo. Por su parte, Espinoza (2020), describe en su documento de aplicación de la filosofía Lean que, productividad es la relación entre la producción y el insumo utilizado, además, menciona que se mide a partir del grado en que es posible extraer un producto a raíz de un insumo en donde este insumo puede ser el tiempo. En este caso se puede decir que el tiempo es un insumo de carácter intangible.

Por otra parte, Sanchis (2013), relaciona el concepto de productividad con la implementación de Lean Construction en donde menciona que si se genera una mayor productividad en los procesos se puede llegar a obtener menos productos defectuosos, menos accidentes, menos movimientos o traslados inútiles, entre otros. Los beneficios de la productividad en construcción son sumamente altos, estos pueden verse reflejados en la efectividad con respecto a cronograma, calidad en los trabajos y demás.

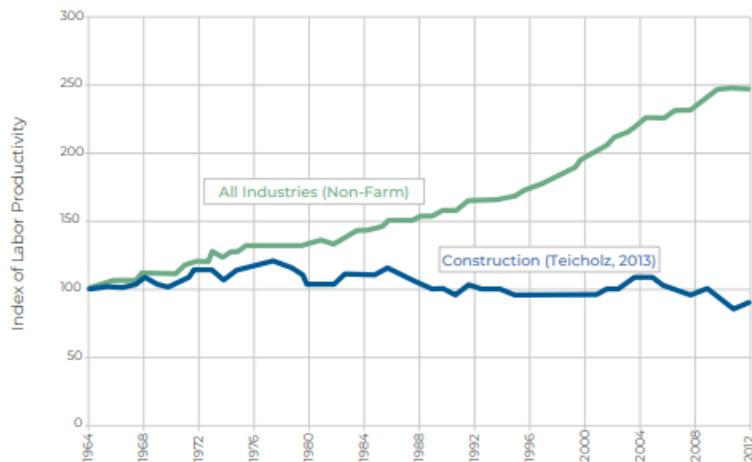
Pons & Rubio (2019), muestran una comparativa entre la productividad en la industria de manufactura y el sector construcción. La figura se muestra a continuación.



Fuente. Pons & Rubio, (2019).

Estos mismos autores, muestran cómo se ha comportado la productividad por lo menos en Estados Unidos entre los años 1964 y 2014.

Figura 8. Evolución de productividad en construcción y el resto de las industrias



Fuente. Pons & Rubio, (2019).

Se puede observar que en el sector de construcción la productividad más bien ha ido disminuyendo por lo que esto es uno de los factores a los cuales se les debe de buscar una solución de mejora por medio de metodologías como lo es la del principal objeto de esta investigación. Se observa que el resto de las industrias ha tenido un aumento sumamente alto en su productividad, lo contrario a la construcción, en donde mencionan los autores que se da el uso de métodos obsoletos para la planificación y gestión de la productividad.

1.7 ¿Qué es Last Planner System (LPS)?

“El Last Planner o último planificador, normalmente el capataz, encargado o jefe de obra, se define como la última persona capaz de asegurar un flujo de trabajo predecible aguas abajo. LPS faculta al último planificador a la persona que asigna las tareas de trabajo directamente a los trabajadores para conseguir compromisos de entrega en base a la situación real de un puesto de trabajo, en lugar de hacerlo en base a los planes teóricos.” (Pons, 2014). El autor hace énfasis en que este sistema se trata de un tipo *pull*, en donde la actividad aguas abajo en el flujo de valor es la que define el ritmo, de esta forma se pueden evitar cuellos de botella, desperdicios, entre otras consecuencias.

1.7.1 Origen de Last Planner System

“El primer documento técnico sobre Last Planner System fue publicado en 1994 y posteriormente desarrollado por su mismo autor, Glenn Ballard, en su tesis doctoral del año 2000. Según Ballard, en un sistema tradicional, el rendimiento del último planificador a veces es evaluado como si no pudiera haber ninguna diferencia posible entre “lo que debería hacerse” y “lo que se puede hacer”. Ante la pregunta “¿qué vamos a hacer la semana

próxima?”, la respuesta más probable es “lo que está en el programa”, o “lo que está generando más urgencia”.” (Pons, 2014). Con Last Planner se puede definir lo que se debería hacer, lo que se puede hacer, lo que se hará y lo que se hizo en realidad, lo cual permite tener un mayor control de la obra y definición de prioridades; tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 9. Formación de tareas en LPS.



Fuente. Pons, (2014).

Este mismo autor menciona que al ser un sistema colaborativo, este se basa en el compromiso. Esto se puede demostrar ya que, con la implementación de este sistema, se busca que los colaboradores adquieran compromisos en un plan semanal.

“Se trata de un sistema en el que los últimos planificadores miden y analizan el nivel de cumplimiento de sus compromisos sobre el plan de producción semanal, se identifican y resuelven las restricciones, se eliminan actividades que no añaden valor y se analiza la causa raíz de los problemas, lo que contribuye a generar flujo continuo de trabajo y obtener un aprendizaje rápido.” (Pons & Rubio, 2019). Los autores además de definirlo mencionan actividades cruciales en la aplicación de Last Planner System con respecto a las restricciones, causas de no cumplimiento y obtención de aprendizaje.

1.7.2 Conceptos dentro de Last Planner System

Primeramente, definir lo que es la planificación colaborativa es esencial. Según Pons & Rubio (2019), este concepto es más que organizar reuniones con los encargados de la ejecución del proyecto, si no, más bien se busca generar un alineamiento entre todos los involucrados para la definición de objetivos comunes. En la planificación colaborativa se ven aspectos como confianza y transparencia, negociación, diálogo, cultura de hacer visibles los errores, entre otros.

Ahora bien, otro concepto que definen estos mismos autores es el de Planificación Maestra. Se menciona que esta consiste en clarificar el alcance y expectativas del proyecto. Usualmente este está relacionado con el diagrama de Gantt general del proyecto, por lo que se puede considerar como una visión incompleta. Este plan debe incluir de forma clara los objetivos y entregables del proyecto a ejecutar. Es importante mencionar también, que el plan maestro se elabora bajo el término de “se debería” visto en la sección anterior.

Por otra parte, se encuentra el concepto de plan intermedio o planificación a medio plazo. En inglés a este se le conoce como Look Ahead, en este se identifica cada una de las tareas concretas que necesitan estar completas para una fecha en específico. Este plan permite tener un control a medio plazo y es indispensable para la identificación de restricciones. Es importante mencionar que el plan intermedio se gestiona por medio del “se puede” indicado en la sección anterior.

Ahora, el último plan que mencionan los autores es el plan a corto plazo o plan semanal. En esta parte es donde los planificadores asumen compromisos de los avances que van a tener en la obra para la semana en cuestión. Si se incluye una tarea en este plan significa que en caso de que tuviera alguna restricción en el plan intermedio esta ya fue solucionada.

Después de haber definido cada uno de los tipos de planes, Pons & Rubio (2019) muestran esta figura relacionando los tipos de planes con las formaciones de tareas en Last Planner System. Esta figura 10, permite conocer la relación que existe entre la teoría de la metodología y la aplicación de esta.

Figura 10. Relación entre conceptos de Last Planner System.

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).

A raíz del plan semanal surgen otros conceptos importantes como lo es el porcentaje de plan completado o PPC. *“El porcentaje del plan completado, a veces llamado porcentaje de promesas cumplidas es un indicador clave para medir la confiabilidad del equipo planificando. 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). Tras ver este concepto se define que le mismo se calcula dividiendo

las tareas comprometidas completadas entre el total de tareas planificadas y multiplicar el resultado por cien ya que es un porcentaje.

Además del concepto anterior, se encuentra también el de las causas de no cumplimiento o CNC. Igualmente, el las PPC, este surge a raíz del plan semanal, para cada objetivo no completado se debe de identificar cual fue la causa de esto.

Como últimos dos conceptos para finalizar esta sección, se encuentra la reunión semanal de planificación y la *stand up meeting* o reunión diaria de pie. Como su nombre lo menciona estas consisten en reuniones; en la primera básicamente se analiza con los últimos planificadores el desempeño de la semana anterior, se da una actualización del plan intermedio y se realizan los compromisos para el plan de la semana en cuestión. Y, la reunión de pie consiste en 5 a 10 minutos donde se discute el progreso de las actividades para analizar los progresos del día anterior, compromisos de hoy e identificación de problemas.

Capítulo 2: Metodología

En el presente proyecto se buscó la implementación de Last Planner System como propuesta de alternativa a la planificación de los proyectos constructivos de la empresa Clean Construction Ltda. Esta empresa se dedica a la construcción y remodelación de plantas de producción y cuartos limpios principalmente en zonas francas de Costa Rica. Para el objetivo de la implementación de la herramienta se trabajó en el proyecto de la empresa llamada AbbVie, en donde Clean Construction se encargó de construir un cuarto limpio en lo que antes era una zona de parqueo bajo techo.

En esta sección se busca abarcar temas como el tipo de investigación que se utilizó, las categorías y variables que surgen para un proyecto relacionado al tema propuesto, sujetos y fuentes de información, herramientas de investigación y, por último, metodología de presentación de resultados.

2.1 Tipo de investigación

En el documento de la metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa del autor Monje (2011), se indican características de ambos tipos de investigación. Algunas de las características que se exponen acerca de la investigación cuantitativa es que cuenta con una fase conceptual en donde se formula el problema y se realiza investigación literaria. Posteriormente el autor plantea que existe una fase de planeación y diseño en donde ocurre una selección de métodos e instrumentos. En este mismo tipo de investigación, Monje plantea como otra de las secciones la fase empírica y la fase analítica, en donde se da la recolección y el análisis de los datos respectivamente, así como la interpretación y documentación de los resultados.

Por otra parte, este mismo autor explica las características que conlleva una investigación cuantitativa. El autor menciona que esta cuenta con una fase preparatoria, en donde se cuenta con la etapa de diseño del plan de recolección de datos más adecuado. Además, este tipo de investigación cuenta con trabajo de campo en donde ocurre recolección de datos. Otra de las fases que menciona el autor es la analítica la cual es donde ocurre la obtención de resultados y verificación de conclusiones.

Es debido a lo anterior que este trabajo final de graduación se clasificó con un enfoque de investigación mixto, en donde se da una combinación entre la metodología de investigación cuantitativa y la cualitativa. Tal y como

se plantea en los objetivos, se realizará una investigación literaria, además, se hará entrevistas a capataces del proyecto en donde se desarrolla la metodología de Last Planner System, así como a encargados de proyecto de otros proyectos en ejecución por la misma empresa con el fin de diagnosticar el estado actual de la misma. Estos datos van a ser analizados y utilizados como referencias para el desarrollo del proyecto. Es por esto por lo que el proyecto calificaría como investigación cualitativa.

Además, en este proyecto se desarrollará también un plan para la implementación de Last Planner System. También se debe de realizar trabajo de campo con el fin de dar seguimiento a las actividades que se están realizando o concluyendo semana a semana. Con los datos que se obtienen se busca analizar datos como lo son los porcentajes de actividades completadas (PAC); todo esto respalda que la investigación sea catalogada también como cuantitativa, convirtiéndola de esta forma en un tipo de investigación mixta.

2.2 Categorías y Variables

En cuanto a las categorías y variables, según Monje (2011), estos son conceptos que hacen parte de la investigación y que su definición es de suma importancia las cuales surgen producto del marco teórico. Por ejemplo, una de las categorías que surgen para este proyecto es la administración de la construcción, en donde se puede obtener como subcategoría la programación de proyectos. La administración según Robbins & Coulter (2014) se dice que la administración radica en el proceso de organizar, controlar y planear esfuerzos de las personas que forman parte de una organización, así como aplicar los demás recursos disponibles en esta y de esta forma alcanzar metas establecidas.

Otra de las categorías importantes para esta investigación es la de procesos constructivos. Suarez (2018) menciona que un proceso constructivo es aquella serie de actividades que debe de seguirse a la hora de realizar una construcción de una edificación; estos deben de realizarse de manera eficiente y organizada. Lo mencionado anteriormente va a colaborar de gran forma a que los procesos se ejecuten de forma eficiente y asimismo dar un ahorro de tiempo y dinero.

Por otra parte, se considera una categoría el tema principal de esta investigación, es decir, Last Planner System. “Esta metodología se define como un sistema de planificación y control de la producción para proyectos de construcción” (Pons & Rubio, 2019)

2.3 Sujetos y fuentes de información

Las fuentes de información constituyeron la base de este proyecto; tanto la investigación bibliográfica como las personas a las que se acudió para obtener información fueron fundamentales para una buena y fundamentada práctica. Es importante hacer esta división ya que, aunque ambas, sujetos y fuentes, sean fuentes de información, valga la redundancia, el tipo de data obtenido de cada tipo de fuente son distintos. A continuación, se detalla a qué corresponden los sujetos y las fuentes de información.

2.3.1 Sujetos de información

Por su parte, los sujetos de información para este trabajo final serán conformados por personas relacionadas directamente a los proyectos constructivos de la empresa. Los sujetos mencionados se muestran en el siguiente cuadro.

CUADRO 1. Perfil de fuentes de información		
No.	Cargo actual	Información por recolectar
1	Gerentes de proyecto	Se consultará sobre el conocimiento de Last Planner System y metodologías que hayan aplicado anteriormente. Opiniones con respecto a resultados
2	Jefes de proyecto	Se consultará sobre el conocimiento de Last Planner System y metodologías que hayan aplicado anteriormente.
3	Residentes de proyecto	Se consultará sobre el conocimiento de Last Planner System y metodologías que hayan aplicado anteriormente.
4	Maestros de obra	Forma en que gestiona las actividades que se ejecutarán durante cada semana y el nivel de compromiso que tiene con los proyectos.
5	Capataces de cuadrilla	Forma en que están informados del estado actual de los proyectos y nivel de compromiso hacia estos.

Estas personas serán, capataces de cuadrillas, maestros de obra, ingenieros residentes, ingenieros jefes de proyecto e ingenieros gerentes de proyectos. Para los capataces y maestros de obra se les va a consultar si alguna vez han estado en proyectos en donde se hagan planes semanales de manera formal, esto con el fin de tener información en cuanto al compromiso que han sentido en otros proyectos o el que les haría sentir en caso de sentirse más incluidos en la programación de las actividades. Con esto se puede obtener la información necesaria para saber si se deben practicar charlas explicativas a los mismos y darles a conocer en qué consiste la herramienta de LPS.

Además, cada uno de los rangos de ingeniería va a aportar información en cuanto a cómo han ejecutado otros proyectos referentes a la gestión del cronograma ya que como se ha mencionado anteriormente en los proyectos de Clean Construction la metodología de LPS no ha sido utilizada. Del área de ingeniería de CONOBRA se obtendrá información acerca de cómo implementan ellos la herramienta, esto con el fin de tomar bases prácticas a la hora de realizar el plan para Clean Construction, así como para su implementación. Esta información permitirá analizar el estado actual de la empresa.

2.3.2 Fuentes de información

Por otro lado, las fuentes de información es importante establecerlas, ya sean fuentes primarias o fuentes secundarias. Según Ballestín & Fabregues (2018), las fuentes primarias consisten en las que son material original elaborado por los autores, ya sean estudios de caso, tesis de maestrías o doctorados. Y, por otra parte, las fuentes secundarias constituyen a lo que compila todo ese material ya conocido pero organizado según un esquema a conveniencia del autor. Es por esto por lo que se define que como fuentes primarias se utilizarán libros, casos de aplicación y proyectos en donde se utilice Last Planner System. Este tipo de fuentes brindaron informaciones sumamente valiosas ya que se presentan temas que están directamente asociados al enfoque de este proyecto por lo que utilizarlos como fuente de información fue de gran utilidad.

Las fuentes secundarias según estos mismos autores son las primeras que se deberían investigar ya que por medio de ellas se llegan a obtener las fuentes primarias. Debido a lo anterior se define que se utilizarán fuentes secundarias como lo son los manuales, como por ejemplo “La metodología para la aplicación de Last Planner System” por el ingeniero Nabid Gutiérrez, este mismo ya está incluido en la respectiva bibliografía del documento. El uso de este tipo de fuentes de información ayudó a encontrar bibliografía sumamente útil como los son libros.

2.4 Técnicas o herramientas de investigación

Es necesaria también para este proyecto la descripción de las técnicas e instrumentos de recolección de la información. *“El proceso de recolección de datos para una investigación se lleva a cabo mediante la utilización de métodos e instrumentos, los cuales se selecciona según se trate de información cuantitativa o cualitativa”* (Monje, 2011). Es por esto por lo que se busca definir qué métodos se utilizaron y especificar su relación con los objetivos de la investigación.

Este mismo autor menciona técnicas e instrumentos para la recolección de datos cuantitativos como lo son las observaciones sistemáticas, reguladas o controladas; el mismo menciona que esta se aplica con el fin de observar fenómenos sobre los cuales se ejerce control. En este caso estos fenómenos sobre los cuales se ejerce control son las actividades programadas según el cronograma de la obra, por ende, se hicieron observaciones en campo los lunes y miércoles de cada semana. En estas visitas se observaron avances en las instalaciones electromecánicas, paredes livianas, obra gris y subcontratos en general para asimismo obtener porcentajes de avance. Para este seguimiento se utilizó la herramienta MS Excel con el fin de generar tablas y gráficos con el fin de darle una presentación adecuada al procedimiento que se está siguiendo y los resultados que se obtienen del mismo.

Además, según Gutiérrez (s.f), para la aplicación de Last Planner System se deben realizar reuniones semanales como mínimo una vez. Estas reuniones funcionarán como fuente de información a la hora de cumplir con el objetivo de la aplicación de esta metodología.

Por su parte, dentro de las técnicas mencionadas por el autor para recolección de datos cualitativos se encuentran las entrevistas no estructuradas y entrevistas dirigidas. En la guía se resalta que el objetivo de este tipo de entrevista es captar la percepción del entrevistado y que el investigador no imponga su opinión, por lo que este es el tipo que se utilizó para el desarrollo de la investigación. Además, otra de las razones por las cuales se utilizó este método es porque como mencionan Ballestín & Fabregues (2018), las entrevistas añaden una perspectiva interna para interpretar los comportamientos exteriorizados por las personas a las que se le aplican.

Para esta investigación se hicieron 2 entrevistas distintas según el área de trabajo del sujeto entrevistado. Para el área de ingeniería se harán una serie de preguntas que se detallan a continuación:

- ¿Implementa usted alguna metodología en específico para la gestión de sus proyectos?
- En caso de que, si lo haga, especifique cual es esta metodología.
- ¿En caso de que no lo haga, de qué forma gestiona sus proyectos en cuanto al cumplimiento del cronograma?
- ¿Conoce acerca de la metodología de Last Planner System? ¿Ha utilizado esta herramienta dentro de la empresa Cleanco o CONOBRA? Especifique cual.
- ¿Le parecería útil el uso de la metodología LPS dentro de los proyectos de Cleanco?

Para el área de los trabajadores de campo ya sean maestros de obra o capataces las preguntas efectuadas durante la entrevista son las siguientes:

- ¿Ha sido parte de la gestión respecto al cronograma en los proyectos?
- ¿Se siente usted incluido como una parte importante durante la ejecución de los proyectos?
- ¿Siente usted un compromiso importante con sus superiores a la hora de ejecutar sus tareas en los proyectos?
- ¿Ha escuchado acerca de alguna metodología para la gestión del cronograma de los proyectos?

- ¿En caso de que se hagan reuniones semanales con el departamento de ingeniería para darle un seguimiento al cronograma y programación de actividades sentiría usted un mayor compromiso, así como más inclusión a los trabajadores como usted dentro de actividades administrativas?

Es importante mencionar que las entrevistas anteriormente descritas corresponden a técnicas de investigación de campo, al igual que las observaciones en campo que se hicieron para documentar el avance de la obra en la que se trabajó, en este caso se inspeccionó el porcentaje de avance de la mayor parte de tareas dentro de la construcción.

Por su parte, la investigación documental se basó en revisión bibliográfica por medio de normas, libros, reglamentos en donde se buscó obtener la mayor cantidad de información con el fin de fundamentar su investigación de la mejor forma. Parte de este tipo de revisión bibliográfica se encuentran distintas tesis de graduación del Instituto Tecnológico de Costa Rica entre otras universidades tanto nacionales como internacionales.

2.5 Presentación de resultados

En cuanto a la presentación de resultados, se utilizaron tablas construidas para la implementación de la metodología de Last Planner System, asimismo, se utilizaron gráficos para reportar los datos numéricos como lo son el PAC y causas de no cumplimiento (CNC). Durante la investigación bibliográfica se obtuvieron figuras, por ende, este será otro medio para la presentación de resultados. Ballestín & Fabregues (2018), mencionan que los resultados acostumbran a ser publicados en formatos de tesis, artículos, entre otros, por lo que el documento final del trabajo final de graduación sería una de las formas también de presentación de resultados. Otros de los resultados que se mostraron son los gráficos con las respuestas que se dieron en las encuestas a realizar a los miembros de la empresa.

La descripción del proceso de análisis es otro de los aspectos a tomar en cuenta dentro de esta sección. Para esta sección es importante mencionar cuales son los productos que se esperan para cada uno de los objetivos propuestos por lo que se detallan a continuación.

2.5.1 Primer objetivo específico

Para el primer objetivo específico, el cual está relacionado al diagnóstico actual de la empresa, se obtuvieron productos como lo son informes de distintos proyectos en ejecución de la empresa acerca de la gestión del proyecto, así como documentación de estos por medio de imágenes o informes escritos elaborados por los ingenieros a cargo. Los otros productos son los resultados de las encuestas realizadas al personal de

ingeniería y al personal de campo como los capataces y maestros de obra. La información obtenida gracias a las encuestas e informes permitió conocer acerca de cómo se acostumbra dentro de la empresa a gestionar los proyectos tanto del área de ingeniería como del personal de campo; de esta forma se obtuvo la información necesaria para diagnosticar la situación actual de la empresa. Aspectos como qué tan satisfechas están las personas dentro de la empresa, si piensan que hay oportunidades de mejora y también si le parece la idea de implementar sistemas distintos a los convencionales como lo es Last Planner System.

Se buscó analizar ambos sectores de la empresa tanto Conobra como Clean Construction que es donde se implementó la herramienta. Estos productos son meramente cualitativos de la empresa por lo que no requieren de algún procesamiento estadístico.

2.5.2 Segundo objetivo específico

Por su parte, el segundo objetivo específico, se encuentra la investigación con el fin de Identificar los principales elementos del sistema Last Planner System, en donde se esperan productos como la documentación acerca de esta metodología basándose en fuentes bibliográficas confiables para que de esta forma el autor recopile información necesaria para la implementación de este dentro de la organización y los lectores conozcan más a fondo de lo que trata la metodología, ya sea origen, conceptos, entre otras características. Otro de los productos es informes extraídos de distintos proyectos de Conobra en donde la metodología es aplicada; dentro de la información que se obtiene a raíz de estas visitas se tendrán ejemplos como base para poder ejecutar de manera satisfactoria el último objetivo de este proyecto el cual es la implementación.

Mediante este objetivo también, se obtuvo información crucial para la aplicación de la metodología como lo son formatos de tablas, información necesaria para cumplir con los planes específicos que conforman al Last Planner System. Los conceptos técnicos involucrados en lo que es esta metodología se obtuvieron mediante esta investigación, en otras palabras, este objetivo fue la base para lograr satisfactoriamente el tercer objetivo específico de este proyecto de graduación.

2.5.3 Tercer objetivo específico

El tercer objetivo específico planteado corresponde al desarrollo de un procedimiento para la respectiva implementación del Last Planner System según las necesidades dentro de la empresa, y se plantean en este caso productos como la estructura del plan donde se encuentra la forma y las herramientas necesarias para

implementar la metodología. Una vez obtenida la información bibliográfica necesaria para comenzar con la implementación de la metodología se procedió con el convencimiento de las personas que serán involucradas en la programación mediante el uso de Last Planner System con charlas; esto permitió dar a conocer en qué consiste la herramienta y sus beneficios. Los machotes utilizados durante la implementación fueron desarrollados en esta etapa, estos documentos serán en su mayoría en el formato de MS Excel y constan de tablas y gráficos en donde se desarrollaron los planes estratégicos, planes intermedios y planes semanales; también, se pueden observar figuras donde se pueden analizar las causas de no cumplimiento y los porcentajes de actividades completadas. Los mismos se plantean siguiendo las necesidades de la empresa y según se utilice dentro de la misma en el futuro se capacitará al personal para su uso.

2.5.4 Cuarto objetivo específico

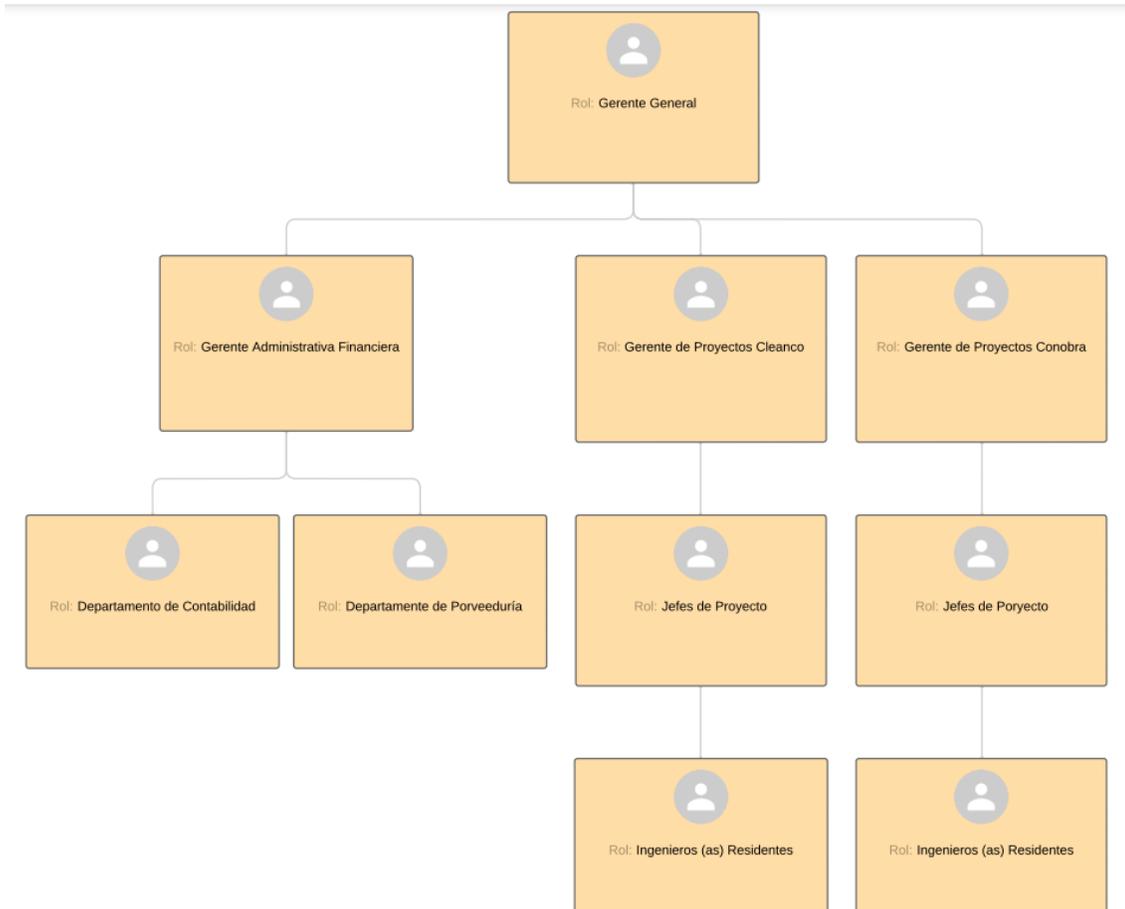
Por último, se presenta el **cuarto objetivo específico** de la implementación de la herramienta Last Planner System lo cual será gracias a todo lo que se investigó y desarrolló durante la ejecución del trabajo. Como producto se plantea la mejora en la gestión y el orden del proyecto en cuestión y futuros proyectos, donde la metodología se convierta en una costumbre, esto mismo se evidenció en el documento escrito por medio de registro tabular, gráfico y fotográfico. Las tablas que se desarrollaron en el plan del tercer objetivo se usaron para cumplir con los productos de este último objetivo, asimismo los gráficos. El registro fotográfico fue obtenido en las visitas que se hicieron al proyecto constructivo para el cual se desarrolló este plan, así como en las reuniones que se organizaron para el cumplimiento de este objetivo. Para cumplir satisfactoriamente con este objetivo, se hicieron reuniones semanales con el equipo que ejecutaba el proyecto y otra reunión con el equipo de campo. La comunicación fue crucial con el fin de cuantificar los porcentajes de avance y así obtener resultados PAC y de CNC.

Capítulo 3: Resultados y análisis

3.1 Diagnóstico de la situación actual de la empresa en el modelo actual de gestión de proyectos estudiando así las acciones y métodos utilizados en sus respectivos procesos.

A continuación, se muestran las figuras más relevantes por medio de las cuales se conoció acerca del estado actual de la empresa donde se está trabajando el proyecto de graduación. Es importante mencionar que el estado actual se conoció en su mayoría por medio de las encuestas realizadas. Las primeras figuras y preguntas que se muestran son las que se le hizo al personal del área de ingeniería, a continuación, los resultados.

Figura 10. Organigrama de la empresa

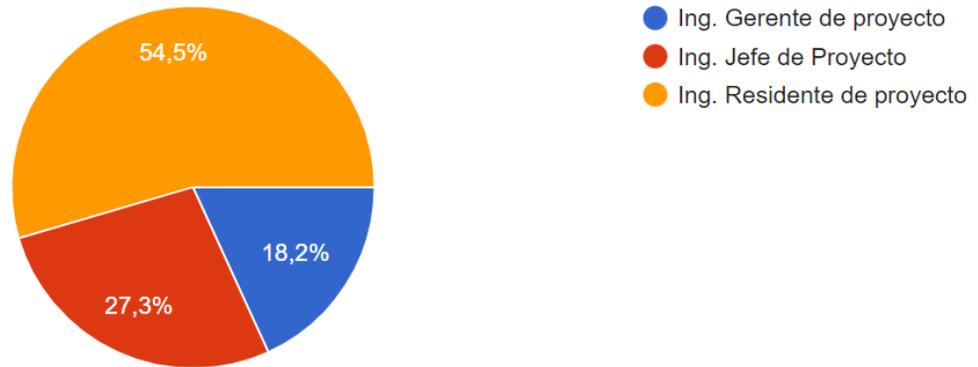


Como se ha mencionado anteriormente la empresa dentro de la cual se trabajó este proyecto está dividida en dos partes, la primera es Conobra, encargada de ejecutar proyectos de edificaciones en donde domina la obra gris. Por su parte, está Clean Construction, área donde se trabajó este proyecto, encargada de la construcción y remodelación de plantas de producción y cuartos limpios. El organigrama de la empresa se observa en la figura 10, este organigrama es importante para poder conocer los rangos de las personas entrevistadas en esta sección.

Figura 11. Estudio de distribución de personal dentro de la empresa.

¿Qué cargo ejerce dentro de la empresa?

11 respuestas



Con la figura anterior se busca conocer acerca de qué cargos existen dentro de la empresa y cuántas personas forman parte de cada una de las posiciones. Esto permite conocer el tamaño de la empresa e ir obteniendo información para conocerla más a fondo.

Los gerentes de proyecto se encargan en su mayoría de los trámites de licitación y negociaciones esto en conjunto con un presupuestista. También, durante la ejecución se encarga de generar reportes de avance mensual a los clientes y mantiene comunicación directa con el cliente durante la ejecución de los proyectos. Los jefes de proyecto, por su parte, van de la mano de lo administrativo y de la ejecución de los proyectos, llevando de esta forma control de presupuesto con respecto a los gastos. Los jefes de proyecto también se encargan de calcular los costos de órdenes de cambio que surjan y en algunas ocasiones de cotizar materiales o equipos que se necesiten dentro del alcance del proyecto.

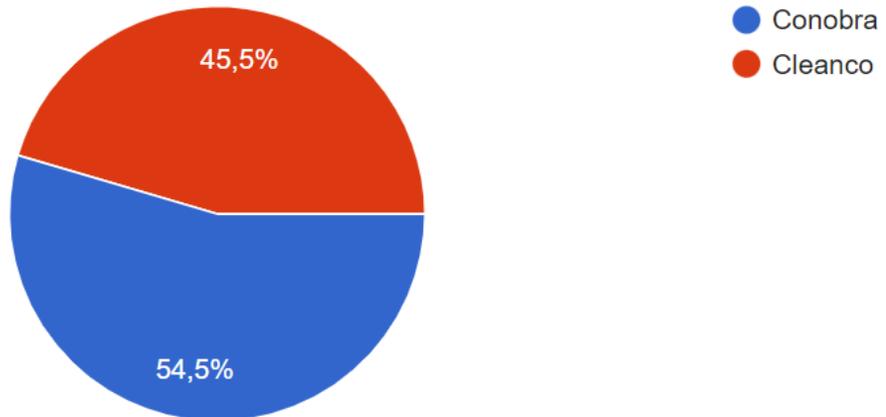
En cuanto a los ingenieros residentes, se encargan de velar por la correcta ejecución de los proyectos en sitio, control de gastos respecto a presupuesto, cotizaciones de material, negociaciones con proveedores, cálculos de materiales, manejo del personal de campo. Otras de las funciones es llevar un control de la planilla dentro de los proyectos esto de la mano de los bodegueros, llevan a cabo reuniones de inspección, se encargan de realizar los submittals y solicitudes de información.

Con el fin de conocer más a fondo cómo se constituye la empresa en el área de ingeniería se hizo la pregunta mostrada en la figura 11. A raíz de esta figura se muestra que la empresa está conformada por 11 ingenieros donde 2 ejecutan sus labores como gerentes de proyectos, 3 son jefes de proyecto y 6 son ingenieros residentes. Ahora bien, se muestra un organigrama donde se muestra de qué forma está organizada la empresa en general.

Figura 12. Estudio de distribución de personal por ambas áreas de la empresa

¿Dentro de cuál área de la empresa suele ejercer su trabajo?

11 respuestas

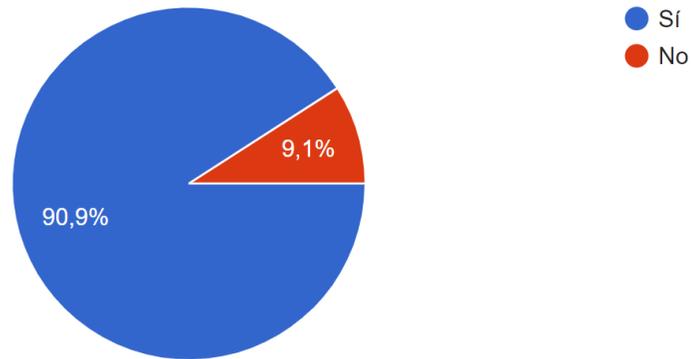


Con la pregunta que se hace en la figura 12 se permite conocer cómo está distribuido el personal entre las dos áreas que se trabaja dentro de la empresa. Conobra corresponde a la parte de la organización encargada de ejecutar proyectos de obra gris como lo son edificaciones residenciales. Por su parte, Cleanco o Clean Construction se encarga de la construcción de plantas de producción y cuartos limpios. El objetivo de conocer la respuesta a esta pregunta mencionada en la figura 12 es identificar a qué área pertenece cada profesional y poder relacionar su respuesta con la respuesta a las preguntas que se hicieron posteriormente. Se puede observar que el 54.5% de los ingenieros forman parte del área de Conobra, mientras que el 45.5% ejecuta obras de Clean Construction principalmente.

Figura 13. Porcentaje de ingenieros (as) que conocen acerca de Last Planner System dentro de la empresa

¿Conoce acerca de la metodología de Last Planner System?

11 respuestas



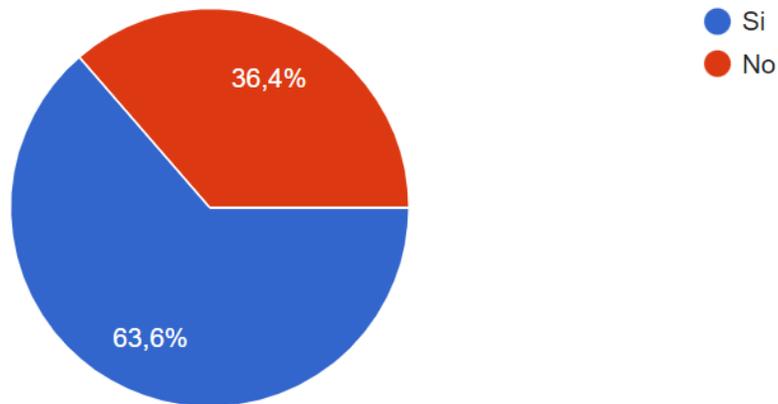
Este proyecto de graduación gira en torno a la aplicación de lo que es Last Planner System en el área de Clean Construction. Con la figura 13 se puede observar que dentro del área de ingeniería hay un 9.1% que desconocen de la metodología; este porcentaje se encuentra dentro de los ingenieros que ejecutan sus proyectos en el área mencionada.

Este desconocimiento se halla como una oportunidad de mejora e incentiva a tomar acciones estratégicas de educación y divulgación de lo que es Last Planner System dentro de la empresa. Para esta divulgación pueden ser utilizados los mismos resultados de este proyecto con el fin de presentar los beneficios que la metodología proporciona a los proyectos constructivos.

Figura 14. Estudio de implementación de metodologías para planificación de proyectos

¿Implementa usted alguna metodología en específico para la gestión de sus proyectos?

11 respuestas

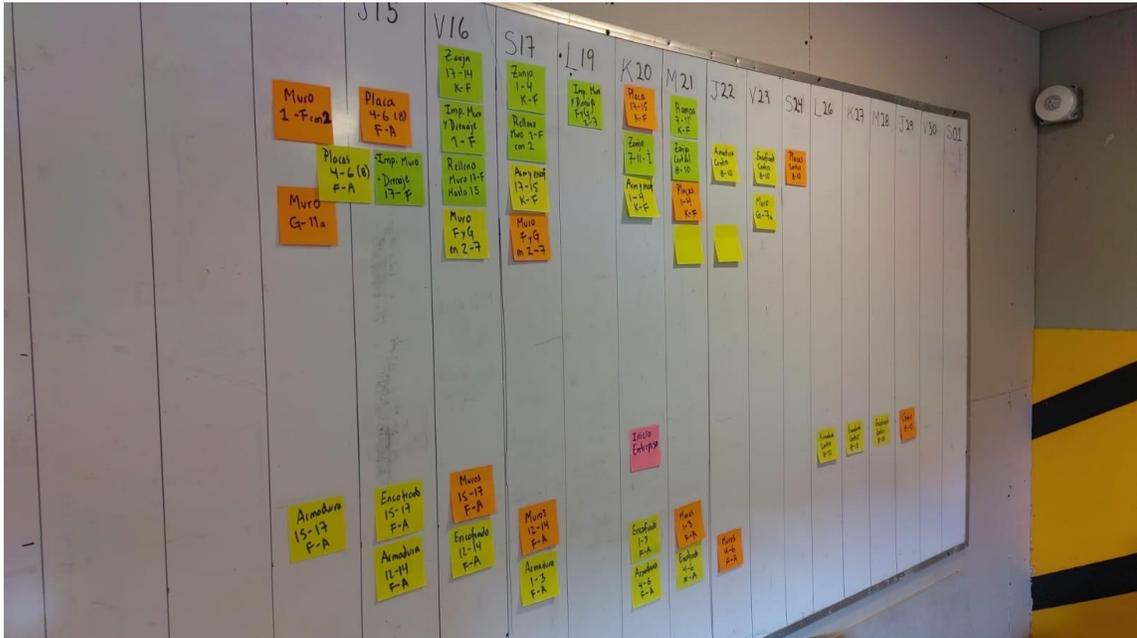


En la figura 14, se muestran resultados acerca de la pregunta que busca conocer si las personas entrevistadas utilizan algún sistema de programación de obra en específico.

Con respecto a la figura 14, esta representa que 7 de los ingenieros implementan alguna metodología, posterior a esta pregunta, se les solicitó que especificaran cuál metodología utilizaban y el 100% de respuestas se refirieron a Last Planner System. Un punto sumamente llamativo es que 6 de los 7 ingenieros que indicaron que utilizan esta metodología ejecutan sus proyectos en el área de Conobra y el restante indicó que “estamos iniciando a utilizar Last Planner System”, y, este ingeniero es el que está a cargo del proyecto en el cual se está desarrollando este proyecto final.

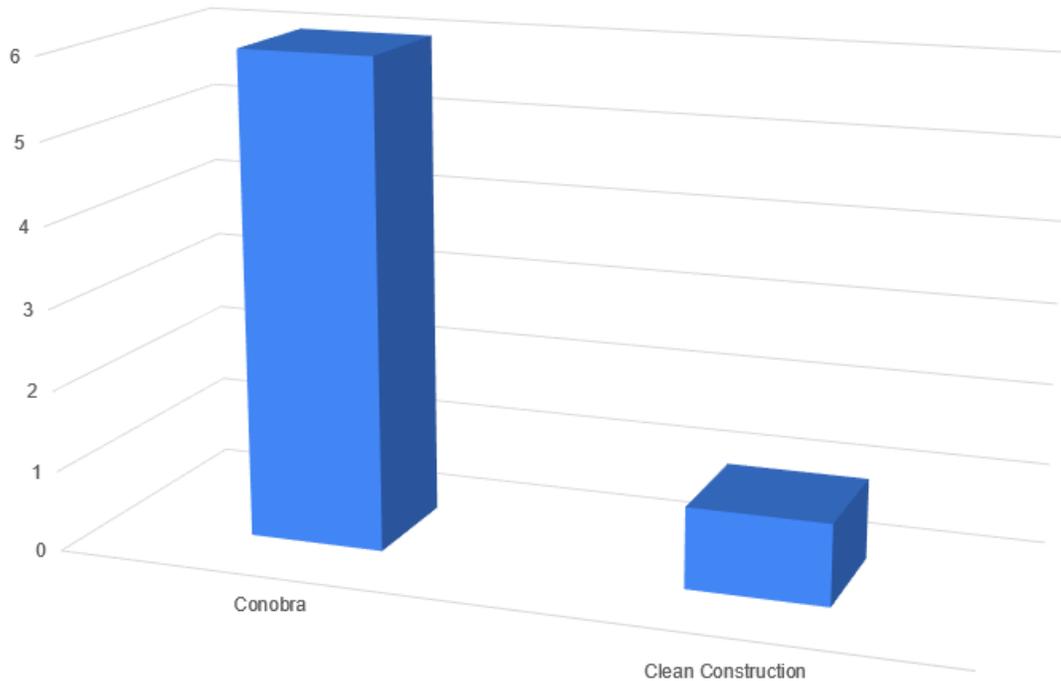
A pesar de que mencionen que aplican la metodología, esto se hace parcialmente, ya que, posterior a algunas visitas a proyectos de Conobra, se notó que utilizan la pizarra de programaciones semanales y realizan reuniones semanales con encargados, sin embargo, no hay documentos digitales para tener registros de actividades completadas, causas de no cumplimiento, entre otros aspectos. A continuación, un ejemplo de Last Planner en un proyecto de Conobra.

Figura 15. Last Planner System aplicado en un proyecto de Conobra.



Un punto interesante para este resultado es que, los 4 ingenieros que indicaron “no” como respuesta, prestan sus servicios principalmente al área de Clean Construction. Este punto mencionado anteriormente refuerza de cierta forma el objetivo de este trabajo que es que en esta área de la empresa se utilice esta metodología con el fin de tener un mejor orden en los proyectos. Este análisis se desarrolla de una mejor forma observando la siguiente figura.

Figura 16. Comparativa entre Conobra y Cleanco a la hora de aplicar metodologías de control en obra



En la figura anterior se ve una comparación entre cuántos ingenieros implementan o no alguna metodología de planificación en la gestión de sus proyectos. Esta comparativa permite observar las diferencias en la forma de trabajar de una parte de la empresa con respecto a la otra parte.

La disparidad en la adopción de Last Planner System entre Conobra y Clean Construction es un resultado que merece atención y acción. Esto se puede identificar como una oportunidad para mejorar la estandarización y la aplicación de la metodología en toda la empresa, lo que podría llevar a una mayor eficiencia y calidad en la planificación y ejecución de proyectos en ambas divisiones. De esta forma, la empresa podrá establecer metas específicas de adopción de LPS para ambas divisiones y desarrollar un plan estratégico para alcanzar esas metas.

Figura 17. Metodologías de control de cronograma utilizadas dentro de la empresa

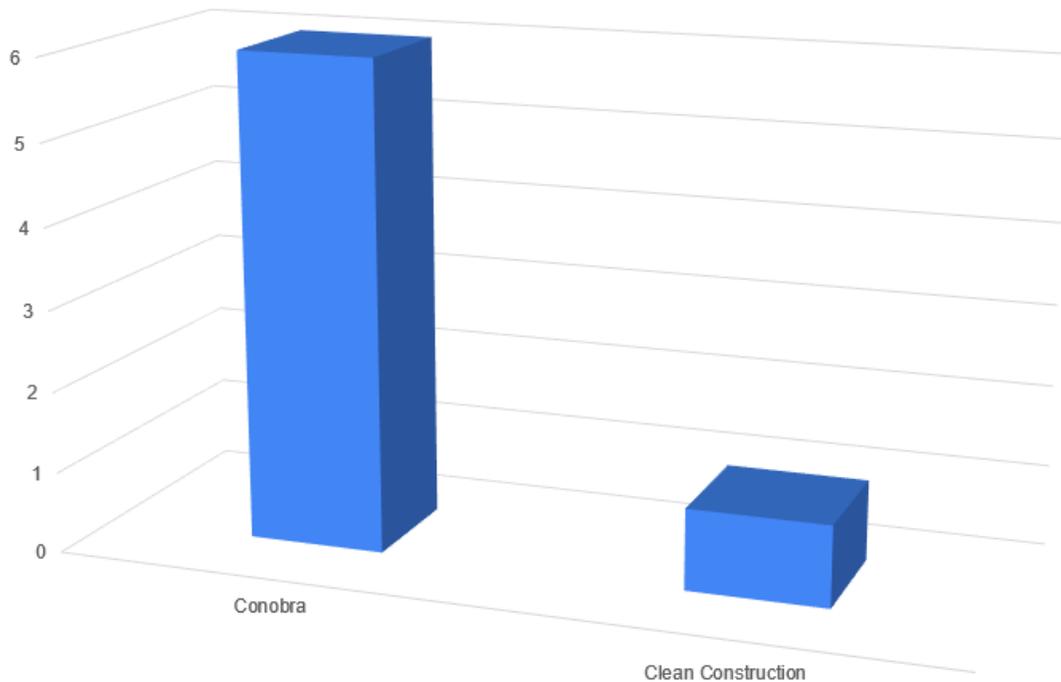
En caso de que, si lo haga, especifique, ¿cuál es esta metodología?

7 respuestas

LPS
LPS, Ruta crítica
Estamos empezando a utilizar LPS
Last Planner
Last Planner

Se le solicitó al departamento de ingeniería que especificaran cuál es la metodología que utilizan en sus proyectos y los resultados son mostrados en la figura 17. Esto permitiría conocer si se basan en alguna metodología distinta a la idea central de esta investigación. Se puede observar que el 100% de los encuestados que indicaron que, si aplican una metodología, se refieren a Last Planner System.

Figura 18. Comparativa entre Conobra y Cleanco a la hora de aplicar Last Planner System



Como se ha mencionado antes, la metodología de Last Planner System si existe dentro de la empresa por lo que en la figura 18 se muestra cuánto personal de Conobra y cuánto personal de Cleanco implementan la herramienta. Tal y como se mencionó antes, se evidencia que en el área de Conobra es donde se aplica principalmente la metodología.

Figura 19. Métodos para gestionar el cronograma sin alguna metodología específica

¿En caso de que no lo haga, de qué forma gestiona sus proyectos en cuanto al cumplimiento del cronograma?

4 respuestas

Se le da un seguimiento al cronograma general. Se generan reuniones en campo para ver el estatus y las actividades críticas que pueden llegar a generar atrasos.

Seguimiento al cronograma y coordinación de actividades en campo

Se le da seguimiento al cronograma. Se ha intentado usar LPS pero implica mucho tiempo y coordinación con el personal, mas que todo se complica por la parte electromecánica.

Coordinación en campo con respecto a cronograma

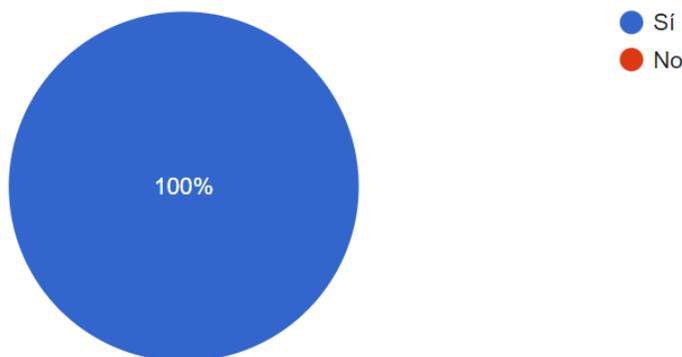
Ahora bien, en la figura anterior se muestran las respuestas de cómo los y las ingenieras de la empresa coordinan sus proyectos cuando no lo hacen por medio de Last Planner. Estos resultados motivan al uso de una metodología de la cual el éxito está comprobado.

Mediante la figura 19. Se puede evidenciar la mala práctica dentro del área de Clean Construction para gestionar sus proyectos constructivos. Este autor estuvo presente en un proyecto de Clean Construction desde enero, su inicio, hasta mayo, su entrega final; en este se gestionó de la forma en que se ven las respuestas de la figura 19 y se puede confirmar que es una gestión un tanto desordenada en donde no se tiene claro en qué etapa del proyecto esta, que tareas se deben desarrollar, en que está trabajando cada subcontratista, entre otros aspectos negativos.

Figura 20. Deseos por que la herramienta se implemente dentro de Clean Construction

¿Le parecería útil el uso de la metodología LPS dentro de los proyectos de Cleanco?

11 respuestas



En la figura 20, se evidencia que el área de ingeniería efectivamente está interesada en que la metodología de Last Planner System sea utilizada dentro del área de Clean Construction. Aunque la respuesta es positiva, es importante recordar que la implementación de Last Planner System puede requerir un cambio en la cultura organizativa y procesos de trabajo. La empresa deberá comprometerse a brindar el apoyo necesario, recursos y liderazgo para asegurarse de que la adopción de la metodología sea exitosa.

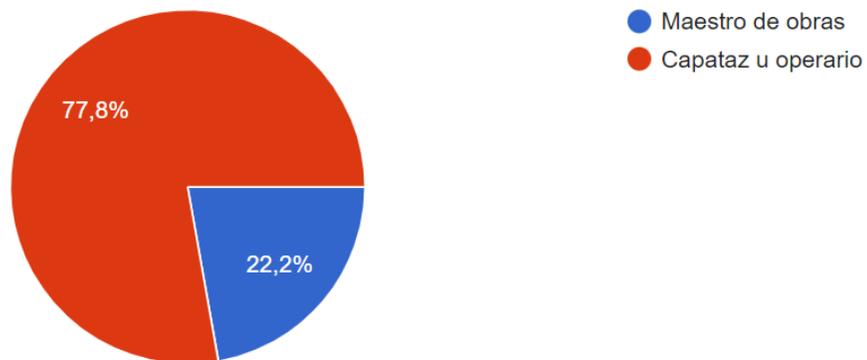
Es decir, el alto nivel de interés en la aplicación de Last Planner System dentro de la empresa es un resultado prometedor que sugiere un ambiente propicio para la implementación de esta metodología. La empresa puede aprovechar este entusiasmo para capacitar y apoyar a los empleados en su esfuerzo por aplicar la metodología y, en última instancia, mejorar la eficiencia y la calidad de los procesos y proyectos.

Por otra parte, también se entrevistaron algunos miembros del personal de campo de distintos proyectos constructivos de la empresa, tal y como se menciona en la metodología. Los resultados de las encuestas se muestran a continuación.

Figura 21. Ocupación del personal de campo

¿Qué cargo ejerce dentro de la empresa?

9 respuestas

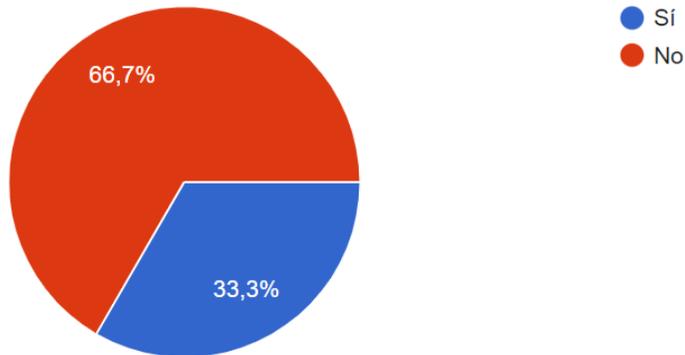


Así como las responsabilidades pueden variar también los compromisos dependiendo del rango que ocupe la persona entrevistada por lo que era crucial conocer si era parte de los maestros de obra u otro personal de campo y en la figura 21 se reflejan los resultados. Se puede observar en este caso que, para un total de 9 entrevistados, el 77.8% corresponden a capataces u operarios y el 22.2% restante a maestros de obra. Es importante mencionar que la mayoría de los entrevistados trabajan en el área de Clean Construction.

Figura 22. Personal de campo incluido en la programación del cronograma

¿Ha sido parte de la gestión respecto a cronograma en los proyectos?

9 respuestas

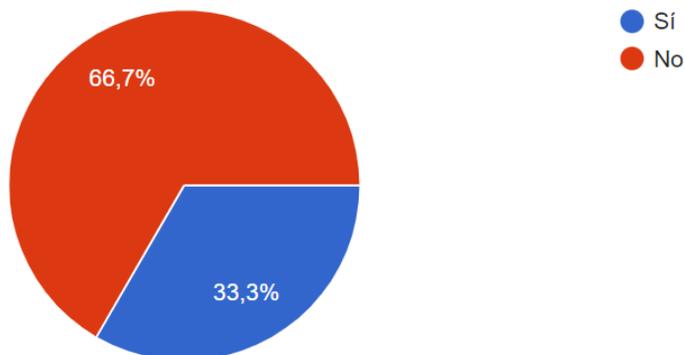


La figura 22 hace referencia al personal de campo, ya sea maestro de obras o capataces que han sido parte de la gestión del cronograma en proyectos dentro de la empresa. El 33.3% que respondió afirmativamente, indicando que han sido parte de la gestión de proyectos con respecto al cronograma, representa una minoría. Esto sugiere que hay operarios con experiencia en roles de supervisión o planificación de proyectos en la industria de la construcción, lo cual es un punto positivo para formalizar la implementación de la metodología dentro de la empresa.

Figura 23. Personal de campo incluido en la programación del cronograma

¿Se siente usted incluido como una parte importante durante la ejecución de los proyectos?

9 respuestas



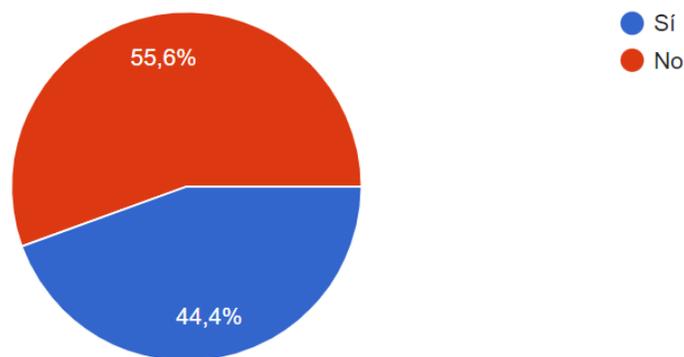
El sentimiento de inclusión del personal es un aspecto sumamente importante, es por esto por lo que, la figura 23 muestra que porcentaje de personal se ha sentido importante durante la ejecución de algún proyecto dentro de la empresa. El resultado de la encuesta revela que una mayoría de los operarios de construcción no se sienten incluidos ni importantes durante la ejecución de proyectos, lo que puede tener un impacto negativo en la moral y la eficiencia, así como el compromiso de cada uno de los trabajadores.

Entonces, continuando con el análisis de esta encuesta, la empresa debe tomar medidas para mejorar la comunicación, la colaboración y el empoderamiento de los operarios o capataces, lo que puede contribuir a un entorno de trabajo más positivo y productivo. Promover un ambiente de trabajo donde se fomente un fuerte sentido de pertenencia y trabajo en equipo puede llegar a mejorar la percepción de inclusión de los operarios.

Figura 24. Personal de campo comprometido con sus actividades

¿Siente usted un compromiso importante con sus superiores a la hora de ejecutar sus tareas en los proyectos?

9 respuestas



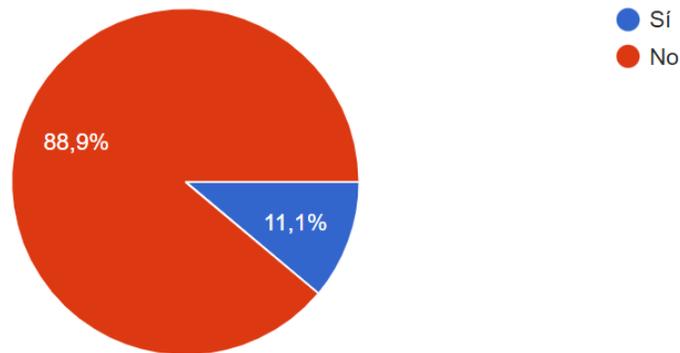
En la figura 24 se pueden ver los resultados obtenidos con respecto al porcentaje de personal de campo entrevistado, el cual ha adquirido cierto compromiso por cumplir con sus labores diarias en la actualidad de la empresa. Al observar el resultado de la encuesta sugiere que hay margen para mejorar la relación entre los operarios de construcción y sus superiores en términos de compromiso. El compromiso es esencial para un ambiente de trabajo productivo, y las empresas deben considerar estrategias para fomentar relaciones más sólidas y comprometidas entre los operarios y sus superiores.

Que el 55.6% haya mencionado que no siente un compromiso es un indicador clave para que se recomiende la implementación de la metodología de Last Planner System. Las relaciones entre los operarios y sus superiores desempeñan un papel crucial en la satisfacción laboral, el compromiso y la productividad. Los operarios que se sienten comprometidos con sus superiores suelen ser más motivados y dispuestos a contribuir positivamente a los proyectos.

Figura 25. Personal de campo que conoce alguna metodología para gestionar el cronograma en proyectos constructivos

¿Ha escuchado acerca de alguna metodología para la gestión del cronograma de los proyectos?

9 respuestas

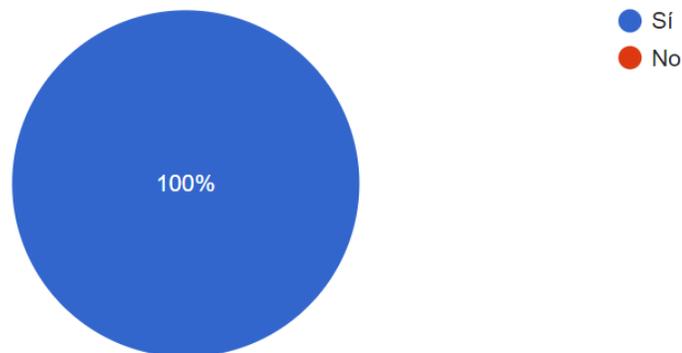


Conocer el estado actual de la empresa implica saber si sus trabajadores de campo han oído hablar de alguna metodología para la gestión del cronograma en los proyectos, la figura 25 muestra estos resultados tan importantes. Al analizar el resultado de la encuesta, esta indica una falta significativa de conocimiento sobre metodologías para gestionar el cronograma de proyectos entre los operarios de construcción. Esta falta de conocimiento ofrece una oportunidad para la educación y la capacitación, lo que puede tener un impacto positivo en la eficiencia y la calidad de la gestión de proyectos constructivos de la empresa mediante Last Planner System.

Figura 26. Personal de campo que conoce alguna metodología para gestionar el cronograma en proyectos constructivos

¿En caso de que se hagan reuniones semanales con el departamento de ingeniería para darle un seguimiento al cronograma y programación de actividades sentiría usted un mayor compromiso, así como más inclusión a los trabajadores como usted dentro de actividades administrativas?

9 respuestas



Por último, la figura 26 muestra el resultado la disposición de los trabajadores de campo a ser parte de la organización de gestión de cronograma. Esta figura busca representar si estas personas pueden llegar a obtener un mayor compromiso si se les incluye de forma que adquieren mayores responsabilidades. Este resultado incentivó a la decisión dentro de la empresa Clean Construction a la implementación de Last Planner System. Al implementar la metodología, basado en las respuestas de los trabajadores, garantiza el sentimiento de compromiso de estos, lo cual contribuiría a la productividad en la ejecución de labores dentro de la construcción en cuestión.

3.2 Identificación de los principales elementos del sistema Last Planner System mediante la investigación bibliográfica, para su aplicación en los proyectos de la organización.

Pons & Rubio (2019), en su documento “*Lean Construction y la planificación colaborativa – Metodología del Last Planner System*” hacen referencia a que se debe de tener claro el esquema de las actividades que se deben hacer, las que se pueden hacer y las que se harán. Lo anterior lo plantean como un punto indispensable

a la hora de iniciar con la implementación de Last Planner System. Con el fin de tener un panorama claro de esta premisa los autores presentan la siguiente figura.

Figura 27. Esquema del DEBE – SE HARÁ – SE PUEDE



Fuente. Pons & Rubio, 2019.

Ahora bien, Pons & Rubio (2019), al momento de implementar la herramienta hacen una división entre planificación a largo plazo, en donde se gestiona el "debería", planificación a medio plazo en donde gestionan el "se puede" y planificación a corto plazo en donde se gestiona el "se hará". Estos utilizan distintos procesos para cada una de las planificaciones.

En la etapa de planificación a largo plazo, mencionan los autores que se definen aspectos como el alcance, la identificación de hitos y se genera un programa general de la obra por medio de reuniones. La siguiente figura muestra un ejemplo de aplicación de esta reunión para planificación a largo plazo.

Figura 28. Reunión de planificación a largo plazo.



Fuente. Pons & Rubio, 2019.

Ahora, los mismos autores mencionados anteriormente presentan una figura en donde se plantea la planificación a mediano plazo conocido como “Look Ahead”.

Figura 29. Tabla ejemplo de programación intermedia

PLANIFICACIÓN A MEDIO PLAZO (LOOKAHEAD)																																					
ID. Actividad	ACTIVIDADES	FECHAS		RESPONSABLE	LIBERADA	ENERO												FEBRERO																			
		INICIO	FIN			L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V												
						Semana 1				Semana 2				Semana 3				Semana 4				Semana 5				Semana 6											
						07-ene	08-ene	09-ene	10-ene	11-ene	14-ene	15-ene	16-ene	17-ene	18-ene	21-ene	22-ene	23-ene	24-ene	25-ene	28-ene	31-ene	01-feb	02-feb	03-feb	04-feb	05-feb	06-feb	07-feb	08-feb	11-feb	12-feb	13-feb	14-feb	15-feb		
ENCOFRADOS																																					
	Encofrado ciclo 1	29/05	15/06		SI																																
	Encofrado ciclo 2	08/06	05/07		SI																																
	Encofrado ciclo 3	15/06	05/07		NO																																
HORMIGÓN																																					
	Hormigón Ciclo 1 piso 1	30/05	31/05		SI																																
	Hormigón Ciclo 2 piso 1	06/06	07/06		SI																																
	Hormigón Ciclo 3 piso 1	13/06	14/06		SI																																
	Hormigón Ciclo 4 piso 1	20/06	21/06		SI																																
ACERO																																					
	Acero Ciclo 5 piso 2	27/06	05/07		NO																																
	Acero Ciclo 6 piso 2	29/06	05/07		NO																																

Fuente. Pons & Rubio, 2019.

En la figura se observa una planificación proyectada a 6 semanas y se indica si la actividad cuenta o no con restricciones que le impidan entrar a una programación a corto plazo o semanal. Algunas de las posibles restricciones las mencionan los autores, estas pueden ser, por ejemplo: falta de mano de obra, requisitos previos, aprobaciones de propiedad, resolución de contratos, entre otras.

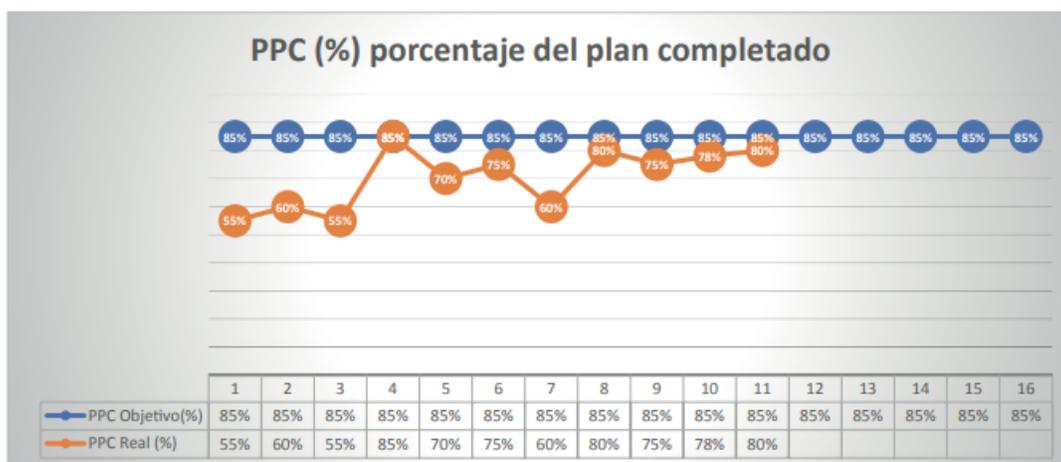
Figura 30. Tabla ejemplo de programación semanal

PLAN SEMANAL															
ID.	ACTIVIDAD	FECHAS		UD.	RESPONSABLE	META		COMPLETADA	SEMANA	Junio					
		INICIO	TERMINO			Comprometida	Alcanzada			V	L	M	M	J	
										1-jun	4-jun	5-jun	6-jun	7-jun	
EDIFICIO															
Ciclo 1 Muros															
	Enferradura	31/05	02/06		JP	100%	100%	1							
	Encofrado	04/06	05/06	m2	IR	100%	95%	0							
	Hormigón	05/06	05/06	m3	MA	100%	0%	0							
	Descimbre y Limpieza	06/06	06/06		IR	100%	0%	0							
Ciclo 2 Muros															
	Enferradura	31/05	04/06		JP	100%	100%	1							
	Moldaje	05/06	06/06	m2	IR	100%	100%	1							
	Hormigón	06/06	06/06	m3	MA	100%	100%	1							
	Descimbre y Limpieza	07/06	07/06		IR	100%	0%	0							
Ciclo 3 Muros															
	Enferradura	31/05	05/06		JP	50%	30%	0							
RESUMEN: Total Cumplidas (4) / Total Actividades (8) = 50%															

Fuente. Pons & Rubio, 2019.

Con respecto a la figura mostrada anteriormente corresponde al último plan mencionado por los autores, el cual corresponde al plan semanal. Mencionan que en este plan se busca conocer principalmente el porcentaje de actividades completadas tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 31. Ejemplo de aplicación de grafico de PAC



Fuente. Pons & Rubio, 2019.

En la aplicación de Last Planner System que muestran estos autores la última sección corresponde al análisis de causas de no cumplimiento. Estas CNC se analizan en conjunto con el PAC mostrado en la figura 30 en las reuniones semanales de planificación. En estas reuniones semanales es donde se da la actualización de

cada uno de los planes tomando en cuenta las actividades completadas, las pendientes, las que entran como nuevas a plan semanal y a plan intermedio.

Por otra parte, se encuentra un caso de implementación de Last Planner System en el documento desarrollado por Gutiérrez (2017), llamado “IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER EN EDIFICACIÓN EN ALTURA EN UNA EMPRESA CONSTRUCTORA”. En este trabajo se implementa la metodología en la construcción de un edificio de 16 pisos en total donde se incluyen 157 apartamentos.

La autora menciona que antes de dar inicio con el proyecto se efectúa una reunión general para dar a conocer al equipo y a todos los involucrados que se utilizará la metodología de Last Planner System. En esta misma etapa menciona que se genera el plan maestro sin embargo lo que utiliza es el cronograma general del MS Project.

Posterior al plan maestro y reunión general, Gutiérrez (2017) menciona que se procede con el desarrollo de la planificación intermedia. “La idea de la Planificación Intermedia es tener una visión acerca de los problemas que pudiesen surgir en un horizonte entre 4 a 6 semanas y así poder adelantarse y solucionarlos al momento de tener que ejecutar la actividad programada” (Gutiérrez, 2017).

Uno de los pasos distintos al otro ejemplo mostrado anteriormente es la definición de inventario de trabajo ejecutable. Este consiste en una lista de actividades que pasan a ser tentativas para la programación semanal ya que no cuentan con ninguna restricción en el plan intermedio. A continuación, se muestra la plantilla utilizada por esta autora.

Figura 32. Ejemplo de aplicación de plantilla de trabajo ejecutable.

Inventario de Trabajo Ejecutable										
SEMANA:										
Dirección	Actividades	Fecha Inicio	Fecha Término	Lu	Ma	Mi	Ju	vie	Entrada en la Semana	Responsabilidad
13°Piso - Moldaje Carpintería	Moldaje Losas Zona 3	mar 31-01-17	mar 31-01-17						?	
13°Piso - Enfierradura Losas Cielo	Enfierradura Losa Zona 2	mié 01-02-17	mié 01-02-17						?	
13°Piso - Enfierradura Losas Cielo	Enfierradura Losa Zona 3	mié 01-02-17	mié 01-02-17						?	
13°Piso - Instalaciones Losas Cielo	Instalaciones Losa Zona 2	mié 01-02-17	mié 01-02-17						?	
13°Piso - Instalaciones Losas Cielo	Instalaciones Losa Zona 3	mié 01-02-17	mié 01-02-17						?	
13°Piso - Hormigón Losas Cielo	Hormigonado Zona 2	jue 02-02-17	jue 02-02-17						?	
13°Piso - Hormigón Losas Cielo	Hormigonado Zona 3	jue 02-02-17	jue 02-02-17						?	
14°Piso - Trazado Elevaciones	Trazados Zona 2	vie 03-02-17	vie 03-02-17						?	

Fuente. Gutiérrez, 2017.

En cuanto a la planificación semanal, la autora sigue el mismo concepto que se presentó en el ejemplo de Pons & Rubio, tomando en cuenta las actividades programadas en una reunión semanal, los porcentajes de compromiso, porcentajes alcanzados y causas de no cumplimiento. Gracias a esta información la autora

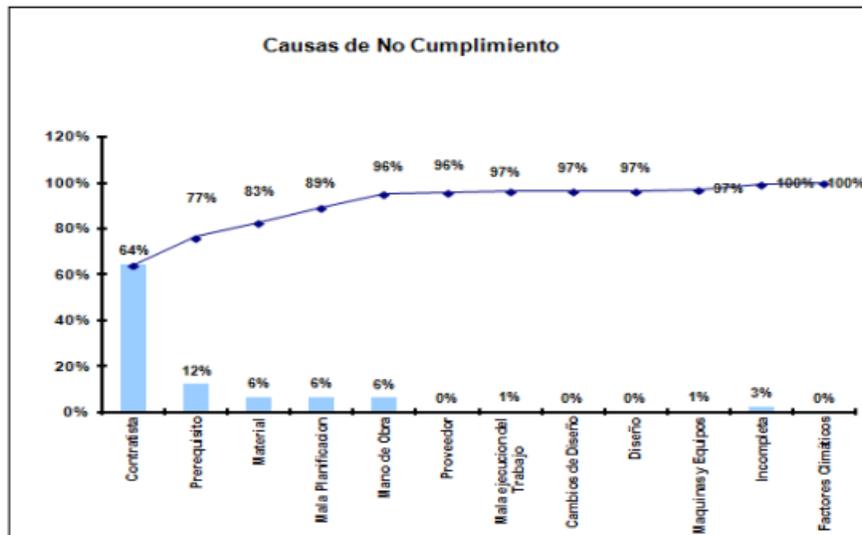
recopila la información necesaria para elaborar gráficos de porcentaje de actividades completadas y gráficos de causas de no cumplimiento, tal y como se muestra en las siguientes figuras.

Figura 33. Ejemplo de aplicación de plantilla programación semanal

OBRA:		PLANIFICACIÓN SEMANAL						CAUSA DE NO CUMPLIMIENTO	
Semana								Clasificación General	Específico Detalle
Fecha									
PAC									
Dirección	Actividad	Fecha Inicio	Fecha Término	Responsable	SUBCONTRATO	CUMPLIMIENTO	CAUSA DE NO CUMPLIMIENTO		
Depto 301	Barandas terrazas								
Depto 402	Papel mural								
Depto 501	Barandas terrazas								
Depto 601	Guardapolvos								
Depto 602	Guardapolvos								
Depto 603	Papel mural								
Depto 603	Guardapolvos								
Depto 701	Barandas terrazas								

Fuente. Gutiérrez, 2017.

Figura 34. Ejemplo de aplicación de grafico de causas de no cumplimiento.



Fuente. Gutiérrez, 2017.

En una charla dada en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica el 6 de octubre del 2023, Juan Felipe Pons expuso un caso de aplicación de Last Plenner System en la expansión del Hospital Arnau De Vilanova en Lleida, España durante la época del Covid-19. A continuación una fotografía obtenida del material presentado por el expositor.

Figura 35. Big Room en caso de aplicación



Una vez presentados los resultados correspondientes al objetivo 2 del presente trabajo final de graduación se procede con el análisis de estos. Se puede observar que en todos los casos de aplicación mostrados se da una secuencia entre las planificaciones a largo plazo, a mediano plazo y a corto plazo en donde se generan respectivamente el plan maestro, el plan intermedio y el plan semanal.

Además, se evidencia en cada uno de los casos que se utilizan pizarras para las planificaciones y que se generan tablas para llevar un control adecuado de cada uno de los planes. El propósito del uso de estas herramientas mencionadas es que se actualicen periódicamente en conjunto conforme se vaya avanzando en el proyecto y que de esta forma las partes involucradas estén al tanto de las etapas en las que se encuentra el proyecto.

En cuanto a los planes maestros presentados por los distintos autores, se evidencia que el mismo consiste en el mismo cronograma general del proyecto, usualmente generado en MS Project y este puede ser proyectado a pizarras como se muestra en la figura 28. Se identifica que en base a este plan se extraen los hitos más relevantes mediante los cuales se van a generar el resto de los planes.

Por otra parte, se evidencia en ambos casos que se genera un programa intermedio o a mediano plazo. En este se generan tablas como las mostradas en la figura 29, en el segundo caso mostrado en resultados no se presenta algún tipo de plantilla sin embargo mantiene el mismo concepto de definir actividades y proyectarlas en un horizonte entre 4 y 6 semanas para que de esta forma analicen las posibles restricciones y estas sean liberadas para que puedan ejecutarse, sin embargo, si se presenta una plantilla de inventario de trabajo ejecutable que son las actividades que ya han sido liberadas de sus restricciones. Se puede observar que este último tipo de actividades también pueden mantenerse en la plantilla de plan intermedio hasta que llegue la semana en la que corresponde su ejecución.

Por último, se observa en los ejemplos de aplicación mostrados anteriormente que se genera una plantilla de plan semanal tanto en la figura 30 como en la 33. Estas plantillas se rellenan según la información acordada en las reuniones semanales con los porcentajes de compromiso, porcentajes alcanzados y causas de no cumplimiento en caso de no alcanzar ese porcentaje comprometido. Los autores mencionados en los resultados resaltan la importancia de que en las reuniones semanales se haga un análisis de las CNC con el fin de encontrar la forma de mitigarlas y asimismo lograr aumentar los porcentajes de actividades completadas.

“Es fundamental que participen todos los últimos planificadores. En caso de que alguno no pueda participar, deberá enviar a un representante (puede ser otro participante) empoderado con toda la información necesaria para dar cuenta de los compromisos adquiridos en la reunión anterior y pueda asumir compromisos para el próximo periodo” (Pons & Rubio, 2019). Los autores también destacan la importancia de ejecutar reuniones semanales como se ha mencionado anteriormente. Es importante cumplir con lo que estos establecen ya que es necesario que todos los involucrados estén al tanto de la situación actual del proyecto, aunque no les sea posible asistir a alguna de las reuniones de planificación.

En la página web del Lean Construction Institute Costa Rica destacan algunos aspectos importantes con respecto a la implementación de Last Planner System. En un artículo publicado en agosto del 2023 llamado *“Last Planner System: Optimizando los Proyectos de Construcción”* indican beneficios como, por ejemplo: mejora de la planificación y coordinación, reducción de desperdicios, aumento de productividad, mayor compromiso y responsabilidad y adaptación a cambios y contingencias.

Por otra parte, en el periodo de visitas a proyectos de Conobra se identificó que en uno de ellos la metodología Last Planner System estaba siendo aplicada mediante una empresa dedicada a la gestión de proyectos y representación del cliente. Esta empresa mencionada es llamada Lean Consulting y es una empresa costarricense enfocada 100% en la ideología Lean Construction. En su página web se menciona que Lean Consulting se enfoca en ahorrar durante los procesos constructivos buscando mantener la calidad de la obra. A raíz de esta visita se obtuvo información con respecto a la forma en llevar un orden en los planes que se generan de forma digital cada semana. También, se observó la gran utilidad que presenta la metodología para que todos los involucrados estén al tanto de las fases que atraviesa el proyecto.

En el ámbito internacional, se mostró como resultado un caso de aplicación presentado por Juan Felipe Pons en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. En este caso de aplicación se implementó Last Planner System desde la fase de licitación hasta la entrega del proyecto. El proyecto expuesto contaba con un plazo máximo de ejecución de 20 semanas y un presupuesto de 10.411.579.01 EUR en donde, Pons, indicó que se cumplió con el plazo y presupuesto gracias al uso de Last Planner System. Lo anterior evidencia que el uso de la metodología es de suma utilidad y se demuestra en casos tanto nacionales como internacionales.

3.3 Desarrollo del procedimiento para la implementación de Last Planner System que atiende las necesidades de la organización.

Una vez analizada la literatura que se presenta en los resultados del objetivo anterior, se procede a conformar y programar las tablas de cronograma que se utilizarán dentro de la empresa Clean Construction. Estas tablas corresponden a la programación estratégica, programación intermedia y programación semanal.

Es gracias a las tablas mencionadas anteriormente que se muestran los resultados de causas de no cumplimiento (CNC) y porcentaje de actividades completadas (PAC) en forma de gráficos. El propósito de estas tablas es utilizarlas en cada uno de los proyectos de Clean Construction en donde se vaya a implementar Last Planner System.

Figura 36. Tabla confeccionada para programación estratégica

Programación Estratégica Proyecto: AbbVie



Hitos del Proyecto	Fecha	
	Programa	Real
Actividad		

Figura 37. Tabla confeccionada para programación intermedia

Programación Intermedia

Proyecto: AbbVie

Semana: 1-6



Semana		31-Jul-23	7-Aug-23	14-Aug-23	21-Aug-23	28-Aug-23	4-Sep-23	Análisis de Restricciones						
ACTIVIDADES	RESPONSABLE							Materiales	Mano de obra	Subcontratistas	Propietario	Equipo	Predecesoras	Estado Final
ACABADOS, OBRA CIVIL Y PAREDES LIVIANAS														
														OK
														OK
														OK
														OK
														OK
INSTALACIONES ELECTROMECHANICAS														
														OK
														OK
														OK
														OK
														OK
OBRA GRIS														
														OK
														OK
														OK
														OK
														OK

Figura 38. Tabla confeccionada para programación semanal

Programacion semanal

Proyecto: AbbVie

Semana: 1



Item	Subactividad	Resp	% Cumplimiento		PAC (CUMPL)	31-Jul-23	1-Aug-23	2-Aug-23	3-Aug-23	4-Aug-23	5-Aug-23	6-Aug-23	Falta de coord. De campo	Error subcontratista	Materiales	Rendimiento de Mano de obra	Restricciones del cliente	Falta de personal	Falta de calidad	Imprevistos	OBSERVACIONES
			%PROG	%REAL																	
			PAC (CUMPL)																		
L	K	M	J	V	S	D															
OBRA CIVIL, ACABADOS Y PAREDES LIVIANAS																					
ESTRUCTURA METALICA																					
ORA GRIS																					
INSTALACIONES ELECTROMECANICAS																					

Figura 39. Gráfico para representar las causas de no cumplimiento (CNC)

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO SEMANAL

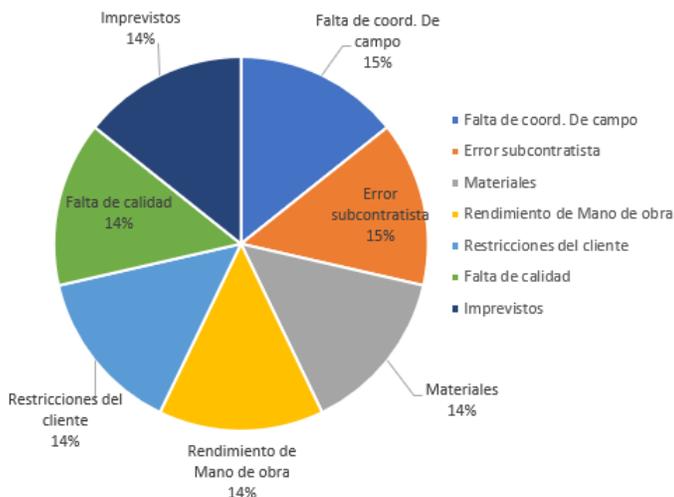
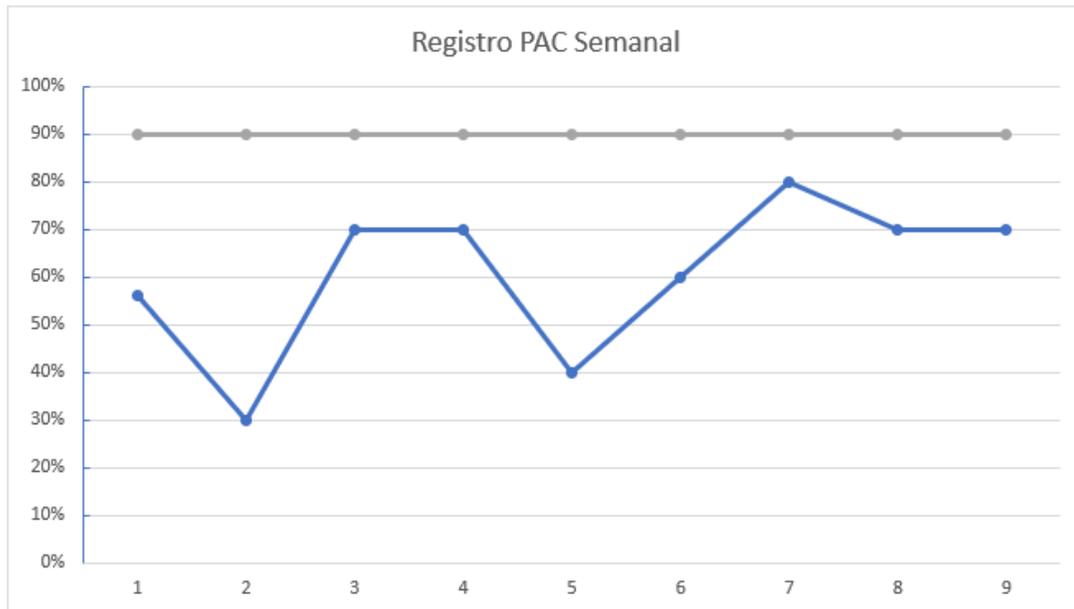


Figura 40. Gráfico para representar el registro de porcentaje de actividades completadas (PAC) semanal



Gutiérrez (s.f), menciona los pasos para iniciar con la implementación de Last Planner System; el primer paso trata de asignar un coordinador del Last Planner System. En este caso se designó como coordinador al autor de este trabajo final de graduación. Posteriormente el autor menciona que el segundo paso es gestionar la planificación inicial previo al inicio de obras; en este caso se planean aspectos como subcontratistas requeridos, servicios y aspectos generales de la ejecución de la obra. En esta misma sección se puede informar a los involucrados acerca de la implementación de la metodología con el fin de que estén enterados y adquieran el compromiso necesario.

El tercer paso planteado por Gutiérrez es establecer la programación o planificación general, en esta sección se gestiona el “se debe”. Para este paso se plantea el machote presentado en la figura 36. Gutiérrez menciona que este plan va ligado al cronograma general que se confecciona en el periodo de licitación; usualmente este es presentado en formato de Microsoft Project Professional. En este programa general se determina la secuencia de actividades y duraciones aproximadas según la experiencia de los encargados, además, este es actualizado por lo menos una vez a la semana ya que estas actividades pueden incurrir en atrasos o adelantos. En resumen, en este plan, se agregan los paquetes de actividades establecidos en el cronograma general aprobado con respecto se vaya acercando su fecha de ejecución.

Ahora bien, el cuarto paso del plan de implementación es la confección del plan intermedio o Look Ahead en donde se gestiona el “se puede”; el mismo se encuentra en la figura 37. Gutiérrez menciona que las actividades propuestas en este plan se plantean a raíz del plan maestro o plan general y se les estudia a detalle. El autor menciona que el periodo de análisis puede estar entre 4 y 12 semanas según la magnitud del proyecto. En la figura 37 se propone un machote de plan intermedio proyectado a 6 semanas que fue lo que se consideró adecuado en conjunto con la gerencia de la empresa.

El plan intermedio presenta una sección de restricciones. *“Una vez que las actividades han sido identificadas, se debe realizar el análisis de restricciones para cada una de las actividades o tareas. Así pues, es importante utilizar un sistema para identificar las restricciones, e incluso tener un listado de restricciones más frecuentes”* (Pons & Rubio, 2019). Es por esto por lo que en la figura 37 se presenta la sección de restricciones, esta servirá de apoyo para conocer si una actividad que está proyectada a realizar en cierta fecha está liberada o no de restricciones.

Por otra parte, se encuentra la programación semanal, identificado como el cuarto paso, en esta planificación se gestiona el “se hará”. Con relación al punto anterior, para que alguna actividad esté presente en esta planificación, la misma tuvo que haber sido liberada de todas sus restricciones en el plan intermedio, en caso contrario no tendría sentido colocarla en esta sección. El machote propuesto a la empresa se encuentra en la figura 38.

Pons & Rubio (2019), mencionan que el periodo del plan a corto plazo usualmente es de una a dos semanas, sin embargo, siempre se debe de analizar con el equipo cuál es el periodo adecuado dadas las características de cada proyecto. En conjunto con la gerencia de la empresa Clean Construction se acordó en que esta planificación sea documentada en una sola semana ya que este tipo de proyectos suele estar sujeto a muchos cambios. En este cuarto paso se planea practicar las reuniones de planeación semanal; en esta reunión se analizan causas de no cumplimiento, porcentaje de actividades completadas y determinación de actividades que entran al plan intermedio; todos estos parámetros están presentes en la figura 37.

Para las reuniones de planeación semanal se cita al maestro de obra de la empresa, al capataz eléctrico, capataz mecánico, capataz de ductería, ingeniero electromecánico, capataz de paredes livianas y capataz de estructura metálica al contenedor de ingeniería todos los lunes a las 8:00 a.m. En esta reunión se conversa acerca de los porcentajes de actividades completadas, causas de no cumplimiento y se revisan compromisos para la semana en cuestión. También, se estipulan acciones que son necesarias tomar para la atacar las causas que no permiten alcanzar los porcentajes de compromiso. Como mencionan los autores, para esta reunión semanal es importante que los involucrados sean personas capaces de definir metas de compromiso para sus actividades.

El quinto paso consiste en la medición de indicadores en donde se menciona que en esta planificación se deben de analizar el cumplimiento de compromisos cumplidos o no cumplidos. En caso de que haya un 100% de compromiso y se llegó a un 99% esta no contaría como completada. Otro de los puntos planteados en la figura 39 de planificación semanal es porcentaje de actividades completadas o PAC, incluso también se conoce como porcentaje de plan completado (PPC); los autores Pons y Rubio mencionan que este parámetro se mide mediante la siguiente ecuación.

Figura 41. Fórmula para cálculo de PPC

$$\text{PPC (\%)} = \frac{\text{N.º DE TAREAS COMPROMETIDAS COMPLETADAS}}{\text{N.º TOTAL DE TAREAS COMPROMETIDAS PLANIFICADAS}} \times 100$$

Fuente. Pons & Rubio, 2019.

Gutiérrez (s.f), menciona que lo ideal es que el PAC se encuentre entre un 80% y un 90%, esto debido a que si se alcanza siempre un 100% indica que se están programando actividades solamente para cumplirlas y no con un objetivo de que los trabajadores se esfuercen por cumplir compromisos que requieran esfuerzo y superación. En este caso se propone como deseable un 90% basándose en la referencia mencionada anteriormente y en un acuerdo con la gerencia de la empresa en que se trabajaría con un 90% como ideal. En cuanto a este parámetro se propone también una gráfica representada en la figura 39 para observar con respecto a cada semana cuál fue el porcentaje de actividades completadas y así analizar si este parámetro aumenta o disminuye con el fin de plantear soluciones en las reuniones semanales.

Por otra parte, se encuentra el parámetro de causas de no cumplimiento o CNC. Este último parámetro consiste en analizar los cumplimientos y el no cumplimiento de los compromisos pactados. Pons & Rubio (2019) hacen referencia a que en esta sección no se buscan culpables sino identificar el por qué no se logró cumplir con los objetivos. Para este parámetro se confeccionó un gráfico mostrado en la figura 39; de esta forma se pueden tomar acciones correctivas y se puede notar en qué causa hay que poner más énfasis para su resolución.

En cuanto al uso y entendimiento de las herramientas desarrolladas en este objetivo, las mismas serán explicadas a los ingenieros y gerentes de la empresa. Lo mencionado anteriormente se ejecutará en un futuro donde la herramienta sea solicitada para diversos proyectos de la empresa. Esto se hará por medio de capacitaciones virtuales o presenciales.

3.4 Implementación de la herramienta de Last Planner System en un proyecto constructivo en específico.

Una vez recopilada toda la información necesaria se inicia con la aplicación de la metodología en el proyecto para la empresa AbbVie perteneciente a la industria médica en Zona Franca. En el proyecto se encuentran Fernando Arias y Anie Soto como ingenieros residentes y Juan Carlos Corrales como gerente de proyecto. Es importante mencionar que el proyecto ya había comenzado cuando se inició con la implementación de la herramienta.

3.4.1 Semana 1 de aplicación

Los resultados que se muestran en esta sección corresponden a la primera semana de aplicación de Last Planner System en el proyecto constructivo correspondiente. Es importante mencionar que estas figuras serán las mismas que la de cada semana, pero, claro, con resultados distintos. Como las figuras ya fueron descritas en la sección 3.4.1, en esta las siguientes secciones se omitirá la descripción, sin embargo, al final del capítulo se analizan las 3 semanas de aplicación mostradas., se analizará cada una de las figuras una por una.

Figura 42. Programación Estratégica general

Programación Estratégica

Proyecto: AbbVie



Hitos del Proyecto Actividad	Fecha	
	Programa	Real
Ducto Elevador	19/9/2023	
Plataforma 1	28/7/2023	
Plataforma 2	1/8/2023	
UPS	12/8/2023	
Instalación de Paneles de Cerramiento y Accesorios	18/9/2023	
Enchape de paredes y pisos	11/9/2023	
Colocación de Piso SD	28/9/2023	
Pintura Final	3/10/2023	
Mobiliario	6/10/2023	
Entrega Substantial	10/10/2023	
Armado de Cuartos Eléctricos y UPS	26/9/2023	
Llegada HVAC y Chillers	26/9/2023	
Instalación y Puesta en Marcha de BMS, Equipos de HVAC y Telecom	16/10/2023	
Punch List	30/10/2023	
Entrega Final	30/10/2023	
Equipos		
Fire Alarm (EDINTEL)	4/8/2023	
Clean Agent Fire protection System (Salvavidas)	1/8/2023	
BMS (Trane Technologies)	4/9/2023	
Access Control / CCTV (STS)	6/9/2023	
Llegada seccionador doble tiro (IESA)	27/9/2023	
Llegada Breakers Principales (IESA)	3/11/2023	
Llegada Cubierta para tablero (IESA)	17/11/2023	
HVAC/Chillers (Trane Technologies)	20/11/2023	
Roll Up Doors (Accesos automáticos)	Entregado a Abbvie	
Suspended Ceiling (Aluminmundo)	Entregado a Abbvie	
Lighting (Arte en Luz)	Entregado a Abbvie	
Air Diffuser /return (SAEG)	Entregado a Abbvie	
Exhaust Fans/ Chilled Water Pumps (STRONG)	Entregado a Abbvie	

Tomando como base el cronograma general del proyecto se confecciona la planificación estratégica en conjunto con el equipo encargado de ejecutar el proyecto; los resultados de este se reflejan en la figura 42.

Figura 43. Programación Intermedia semana 1 de aplicación

Programacion Intermedia

Proyecto: AbbVie

Semana: 1



Semana		31-Jul-23	7-Aug-23	14-Aug-23	21-Aug-23	28-Aug-23	4-Sep-23	Análisis de Restricciones							
ACTIVIDADES	RESPONSABLE							Materiales	Mano de obra	Subcontratistas	Propietario	Equipo	Predecesoras	Estado Final	
ACABADOS Y OBRA CIVIL															
Paneles de cerramiento		█													OK
Colocacion de barrera de vapor		█	█	█											OK
Colocacion perfil de anclase y autonivelante		█	█												OK
2do forro de paredes livianas			█												OK
Estructura de cielos suspendidos			█	█											OK
Sellado de paredes		█													OK
Enchape de pisos y paredes			█	█											OK
Estructura de cielos suspendidos cuarto produccion					█	█									OK
Pintura de paredes primera mano			█	█											OK
Instalacion puertas y cerrajería															OK
Instalacion de portones y cortinas															OK
Instalacion de louvers															OK
Instalacion de loza sanitaria					█	█									OK
Instalacion particiones de baño					█	█									OK
Instalacion accesorios de baño							█								OK
Alero de andén		█	█												OK
Instalacion de tiles, lamparas y accesorios de cielo							█								OK
INSTALACIONES ELECTROMECANICAS															
Instalaciones electromecanicas en cielos			█	█	█										OK
Instalacion de equipos SPIC disponibles			█	█	█										OK
OBRA GRIS															
Muro y rampa		█													OK

Igualmente, en conjunto con los ingenieros, se confecciona la planificación intermedia, la cual se busca tener una proyección en las actividades de seis semanas, estos resultados se pueden observar en la figura 43.

Figura 44. Programación Semanal semana 1 de aplicación.

Programacion semanal

Proyecto: AbbVie

Semana: 1



Item	Subactividad	Resp	% Cumplimiento		PAC (CUMPL)	Días							Causas de no cumplimiento							OBSERVACIONES						
			%PROG	%REAL		L	K	M	J	V	S	D	Falta de coord. De campo	Error subcontratista	Materiales	Rendimiento de Mano de obra	Restricciones del cliente	Falta de personal	Falta de calidad		Imprevistos					
			56%		PAC (CUMPL)																					
OBRA CIVIL, ACABADOS Y PAREDES LIVIANAS																										
1	Preparacion superficie	NOVATEC	100%	100%	1																					
2	Colocacion barrera de vapor aquatight SECTOR AZUL	NOVATEC	100%	100%	1																					
3	Colocacion impermeante epoxy premier SECTOR AZUL	NOVATEC	100%	100%	1																					
4	Colocacion morter autonivelante SECTOR AZUL	NOVATEC	100%	100%	1																					
5	Colocacion barrera de vapor aquatight SECTOR MORADO	NOVATEC	100%	85%	0																					
6	Colocacion impermeante epoxy premier SECTOR MORADO	NOVATEC	100%	85%	0														X		Demoliciones en losa por lo que no se pudo aplicar producto completo					
7	Estructura paredes livianas entre eje 1 y 1'	GIA	100%	100%	1																					
9	Primer forro paredes livianas entre eje 1 y 1'	GIA	100%	50%	0														X		Choque con instalacion de cajas de fluxometros					
10	Estructura paredes livianas en baños	GIA	100%	100%	1																					
11	Primer forro paredes baños	GIA	100%	80%	0														X		Choque con instalacion de cajas de fluxometros					
12	Primer forro paredes livianas entre eje 4 y 6	GIA	100%	100%	1																					
13	Estructurado y forro de fachada	GIA	100%	60%	0															X	Diseno no aprobado por cliente					
14	Empastado y lijado columnas	GIA	50%	50%	1																					
15	Sellado de paredes	Cleanco	100%	5%	0															X						
16	Pintura de paredes	Cleanco	100%	5%	0															X						
ESTRUCTURA METALICA																										
17	Estructura secundaria	M&Q	100%	100%	1																					
18	Baranda plataforma 1	M&Q	100%	100%	1																					
19	Baranda plataforma 2	M&Q	100%	95%	0														X							
20	Pintura plataforma 1	M&Q	100%	100%	1																					
21	Pintura plataforma 2	M&Q	100%	95%	0														X							
OBRA GRIS																										
22	Fabricacion armadura ducto elevador primer nivel	Barsol	100%	75%	0														X		Se toma decision de que tramo a colar sera mayor					
23	Formalera ducto elevador primer nivel	Barsol	100%	75%	0														X		Se toma decision de que tramo a colar sera mayor					
24	Pedestales escalera oeste	Barsol	75%	50%	0														X		Se toma decision de que tramo a colar sera mayor					
INSTALACIONES ELECTROMECANICAS																										
25	Armar ducto de Aire	Air Care	75%	75%	1																					
26	Aislar ducto de Aire	Air Care	80%	75%	0															X						
27	Soporteria para ducto	Air Care	80%	75%	0															X						
28	Instalacion ducto	Air Care	75%	70%	0														X							
29	Soporteria para tubería de aire comprimido	Air Care	90%	90%	1																					
30	Instalar de tubería aire comprimido	Air Care	90%	90%	1																					
31	Soporteria de tubería de agua helada	Air Care	70%	75%	1																					
32	Instalación de tubería de agua helada	Air Care	20%	20%	1																					
33	Instalación de soporteria de agua potable	Air Care	80%	75%	0															X						
34	Instalación de soporteria de Drenajes de condensado	Air Care	75%	75%	1																					
35	Instalación de tubería agua potable	Air Care	60%	60%	1																					
36	Instalación de soporteria de agua potable (Baños)	Air Care	75%	75%	1																					
37	Instalación de Tubería de condensados	Air Care	75%	65%	0														X							
38	Cableado incendio	Air Care	50%	50%	1																					
39	Control de iluminación cableado	Air Care	70%	70%	1																					
40	Aterrizar canasta de datos	Air Care	40%	40%	1																					
41	Pevistas de control de accesos	Air Care	10%	10%	1																					
SUMA																			7	0	2	5	1	2	0	0

En la figura 44 se observa las actividades que se realizaron en la semana 1 de programación semanal. En esta tabla se pueden observar los porcentajes de compromiso, los porcentajes de avance reales, el porcentaje de PAC, los días en los que se iba a trabajar cada una de las actividades y las causas de no cumplimiento marcadas con una "x". Además, en caso de que hubiera algún detalle extra, este se coloca en la columna de observaciones.

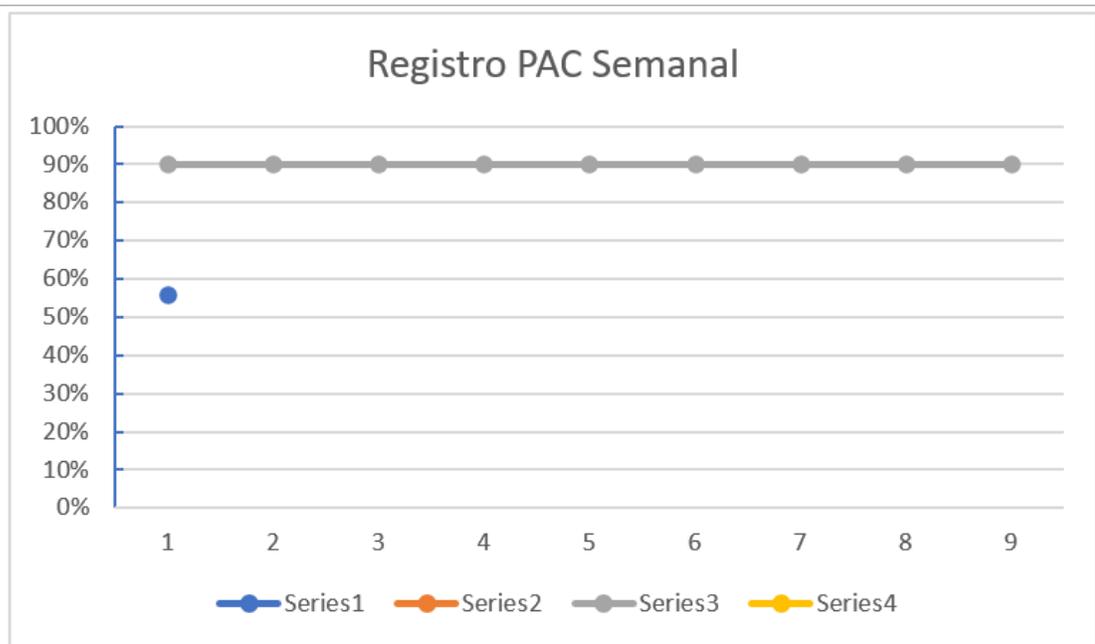
Las dos figuras anteriores muestran la pizarra con la programación semanal y la otra con un estado general del proyecto. La figura 45 es importante ya que de ahí en adelante se van a poder ir notando los avances semana con semana.

Figura 47. Causas de no cumplimiento en semana 1



Al tomar como base la literatura estudiada en el objetivo específico dos, se genera el gráfico de causas de no cumplimiento con el fin de conocer dónde se debe de prestar más atención a la hora de ejecutar las actividades semanales y comenzar a erradicar esos aspectos para disminuir estos porcentajes, de esta forma se puede llegar a un PAC ideal.

Figura 48. Porcentaje de actividades completadas en semana 1



Igualmente, con la literatura se genera el gráfico de la figura 48. Esta muestra el porcentaje de actividades completadas con respecto al porcentaje que se busca como meta.

3.4.2 Semana 2 de aplicación

Figura 49. programación intermedia semana 2 de aplicación.

Programacion Intermedia

Proyecto: AbbVie

Semana: 2



Semana		7-Aug-23	14-Aug-23	21-Aug-23	28-Aug-23	4-Sep-23	11-Aug-23	Análisis de Restricciones							
ACTIVIDADES	RESPONSABLE							Materiales	Mano de obra	Subcontratistas	Propietario	Importaciones	Predecesoras	Estado Final	
ACABADOS Y OBRA CIVIL															
Paneles de cerramiento	Cleanco	█													OK
Colocacion de barrera de vapor	Novatec	█													OK
Colocacion perfil de anclaje y autonivelante	Novatec	█													OK
2do forro de paredes livianas	GIA	█													OK
Estructura de cielos suspendidos	GIA	█	█								X			X	
Sellado de paredes	Cleanco	█													OK
Enchape de pisos y paredes	Enchapez espinoza	█	█								X				X
Estructura de cielos suspendidos cuarto produccion	GIA	█	█												OK
Pintura de paredes primera mano	Cleanco		█												OK
Instalacion puertas y cerrajería	Cleanco			█											OK
Instalacion de portones y cortinas	Cleanco			█								X			X
Instalacion de louvers	Cleanco			█											OK
Instalacion de loza sanitaria	Air Care			█											OK
Instalacion particiones de bano	Cleanco			█								X			X
Instalacion accesorios de bano	Cleanco			█											OK
Alero de anden	Cleanco	█	█												OK
INSTALACIONES ELECTROMECHANICAS															
Instalaciones electromecanicas en cielos	Air Care	█	█	█											OK
Instalacion de tiles, lamparas y accesorios de cielo	Air Care	█	█	█											OK
Instalacion equipos SPIC disponible	Air Care	█	█	█											OK
Armado cuartos electricos y UPS	Air Care	█	█	█											OK
OBRA GRIS															
Pedestales	Barsol	█	█												OK
Ducto elevador	Barsol	█	█												OK

Figura 50. Programación semanal semana 2 de aplicación.

Programacion semanal
Proyecto: AbbVie
Semana: 2

Item	Subactividad	Resp	% Cumplimiento		PAC (CUMPL)	71%	7-Aug-23	8-Aug-23	9-Aug-23	10-Aug-23	11-Aug-23	12-Aug-23	13-Aug-23	Falta de coord. De campo	Error subcontratista	Materiales	Rendimiento de Mano de obra	Restricciones del cliente	Falta de personal	Falta de calidad	Imprevistos	OBSERVACIONES
			%PROG	%REAL			L	K	M	J	V	S	D									
			PAC (CUMPL)																			
OBRA CIVIL, ACABADOS Y PAREDES LIVIANAS																						
1	Colocacion barrera de vapor aquatight SECTOR AMARILLO Y ROJO	NOVATEC	100%	100%	1																	
2	Colocacion impermeante epoxy premier SECTOR AMARILLO Y ROJO	NOVATEC	100%	100%	1																	
3	Colocacion morter autonivelante SECTOR AMARILLO Y ROJO	NOVATEC	100%	100%	1																	
4	Colocacion barrera de vapor aquatight SECTOR NEGRO	NOVATEC	100%	0%	0									X								Subcontratista no se presenta
5	Colocacion impermeante epoxy premier SECTOR NEGRO	NOVATEC	100%	0%	0									X								Subcontratista no se presenta
6	Colocacion morter autonivelante SECTOR NEGRO	NOVATEC	100%	0%	0									X								
7	Empastado y lijado columnas entre eje 3' y 1'	GIA	100%	80%	0												X					
8	Estruturado y forrado cenefa sur y este	GIA	100%	100%	1																	
9	Primer forro paredes baños	GIA	100%	85%	0												X					Se comienza a buscar mas personal para GIA
11	Estruturado y forro de fachada	GIA	100%	90%	0												X	X				
12	Instalacion marcos de puerta	Cleanco	15%	15%	1																	
ESTRUCTURA METALICA																						
13	Baranda plataforma 2	M&Q	100%	100%	1																	
14	Pintura Baranda plataforma 2	M&Q	100%	100%	1																	
ORA GRIS																						
15	Fabricacion armadura ducto elevador primer nivel	Barsol	100%	100%	1																	
16	Formalera ducto elevador primer nivel	Barsol	100%	100%	1																	
17	Pedestales escalera oeste	Barsol	100%	100%	1																	
18	Colada de ducto	Barsol	100%	100%	1																	
INSTALACIONES ELECTROMECANICAS																						
19	Armar ducto de Aire	Air Care	90%	90%	1																	
20	Aislar ducto de Aire	Air Care	90%	90%	1																	
21	Soporteria para ducto	Air Care	95%	95%	1																	
22	Instalacion ducto	Air Care	80%	80%	1																	
23	Soporteria para tubería de aire comprimido	Air Care	100%	95%	0												X					
24	Instalar de tubería aire comprimido	Air Care	100%	95%	0												X					
25	Soporteria de tubería de agua helada	Air Care	90%	90%	1																	
26	Instalación de tubería de agua helada	Air Care	35%	35%	1																	
27	Instalación de soporteria de agua potable	Air Care	95%	95%	1																	
28	Instalación de soporteria de Drenajes de condensado	Air Care	90%	90%	1																	
29	Instalación de tubería agua potable	Air Care	95%	95%	1																	
30	Instalación de soporteria de agua potable (Baños)	Air Care	95%	95%	1																	
31	Instalación de Tubería de condensados	Air Care	95%	95%	1																	
32	Cableado incendio	Air Care	95%	95%	1																	
33	Control de iluminación cableado	Air Care	75%	75%	1																	
34	Aterrizar canasta de datos	Air Care	95%	95%	1																	
35	Pevistas de control de accesos	Air Care	50%	30%	0									X								Accesos automaticos pide cambios
SUMA						3	1	0	5	1	0	0	0									



Figura 51. Programación Semanal semana 2 en pizarra de Last Planner System

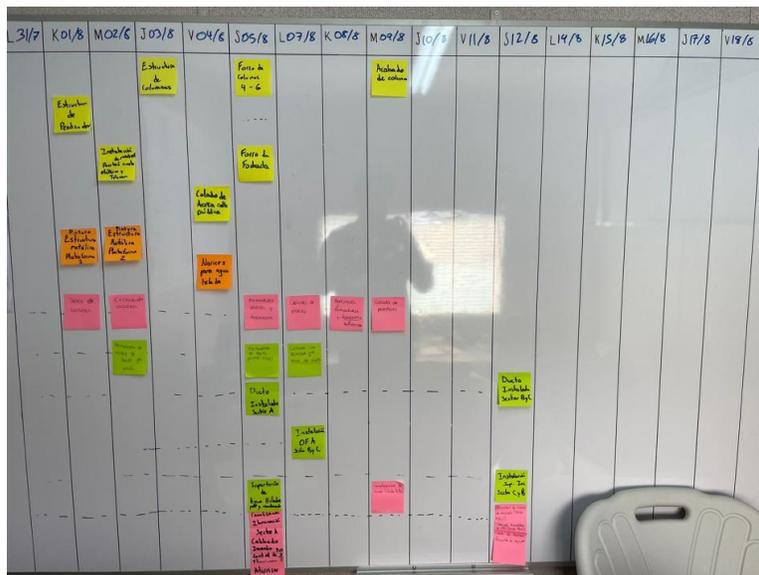


Figura 52. Causas de no cumplimiento en semana 2



Figura 53. Porcentaje de actividades completadas en semana 2

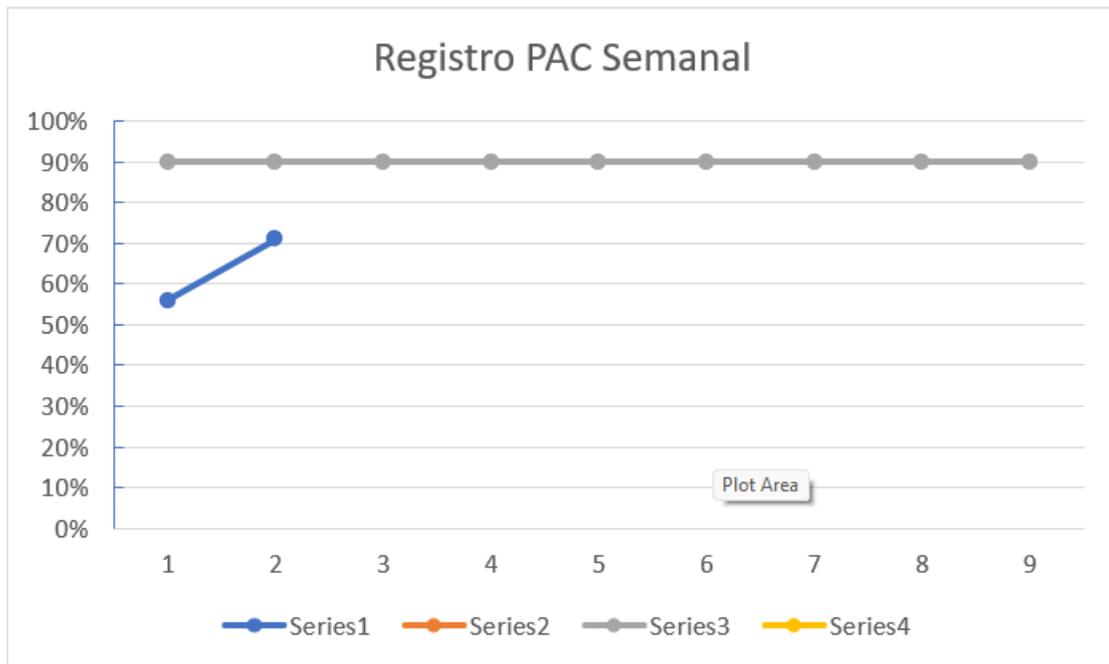


Figura 54. Estado general del proyecto en semana 2 de aplicación



3.4.3 Semana 3 de aplicación

Figura 55. Programación intermedia semana 3 de aplicación.

Programación Intermedia

Proyecto: AbbVie

Semana: 1-6



Semana		14-Aug-23	21-Aug-23	28-Aug-23	4-Sep-23	11-Sep-23	18-Sep-23	Análisis de Restricciones						
ACTIVIDADES	RESPONSABLE							Materiales	Mano de obra	Subcontratistas	Propietario	Importaciones	Predecesoras	Estado Final
ACABADOS Y OBRA CIVIL														
Colocacion perfil de anclaje y autonivelante	Novatec													OK
2do forro de paredes livianas	GIA													OK
Estructura de cielos suspendidos	GIA									X				X
Sellado de paredes	Cleanco													OK
Enchape de pisos y paredes	Enchapez espinoza									X				X
Estructura de cielos suspendidos cuarto produccion	GIA													OK
Pintura de paredes primera mano	Cleanco													OK
Instalacion puertas y cerrajeria	Cleanco													OK
Instalacion de portones y cortinas	Cleanco										X			X
Instalacion de louvers	Cleanco													OK
Instalacion de loza sanitaria	Air Care													OK
Instalacion particiones de baño	Cleanco										X			X
Instalacion accesorios de baño	Cleanco													OK
Alero de andén	Cleanco													OK
Colocacion piso SD	Cleanco													OK
Colocacion rodapie y curva sanitaria	Cleanco													OK
Escalera metalica	Cleanco													OK
Pintura Final	Cleanco													OK
INSTALACIONES ELECTROMECAICAS														
Instalaciones electromecanicas en cielos	Air Care													OK
Instalacion de tiles, lamparas y accesorios de cielo	Air Care													OK
Instalacion equipos SPIC disponible	Air Care													OK
Armado cuartos electricos y UPS	Air Care													OK
OBRA GRIS														
Pedestales	Barsol													OK
Ducto elevador	Barsol													OK

Figura 56. Programación semanal semana 3 de aplicación.

Programación semanal
 Proyecto: AbbVie
 Semana: 1



Item	Subactividad	Resp	% Cumplimiento		PAC (CUMPL)							Falta de coord. De campo	Error subcontratista	Materiales	Rendimiento de Mano de obra	Restricciones del cliente	Falta de personal	Falta de calidad	Imprevistos	OBSERVACIONES
			73%		PAC (CUMPL)															
			%PROG	%REAL	L	M	J	V	S	D										
OBRA CIVIL, ACABADOS Y PAREDES LIVIANAS																				
1	Colocación barrera de vapor aquatight SECTOR NEGRO	NOVATEC	100%	100%	1															
2	Colocación impermeante epoxy premier SECTOR NEGRO	NOVATEC	100%	100%	1															
3	Colocación morter autonivelante SECTOR NEGRO	NOVATEC	100%	100%	1															
4	Preparación superficie banos	NOVATEC	100%	100%	1															
5	Colocación barrera de vapor aquatight banos	NOVATEC	100%	100%	1															
6	Colocación impermeante epoxy premier banos	NOVATEC	100%	100%	1															
7	Colocación morter autonivelante SECTOR banos	NOVATEC	100%	0%	0															
8	Primer forro paredes banos	GIA	100%	100%	1										X					
9	Estructurado y forro de fachada	GIA	100%	100%	1															
10	Acabado columnas 3' a 1'	GIA	100%	100%	1															
11	Acabado de cenefas cuarto limpio	GIA	60%	60%	1															
12	Estructurado y forros de cenefas cuarto banos	GIA	0%	0%	0															
13	Cenefa sur y este	GIA	100%	100%	1															
OBRA GRIS																				
14	Fabricación armadura ducto elevador primer nivel	Barsol	100%	100%	1															
15	Formalera ducto elevador primer nivel	Barsol	100%	100%	1															
16	Pedestales escalera oeste	Barsol	100%	100%	1															
17	Colada de ducto	Barsol	100%	100%	1															
INSTALACIONES ELECTROMECANICAS																				
18	Amar ducto de Aire	Air Care	97%	93%	0															
19	Aislar ducto de Aire	Air Care	96%	92%	0															
20	Soporteria para ducto	Air Care	100%	100%	1															
21	Instalación ducto	Air Care	87%	84%	0															
22	Soporteria para tubería de aire comprimido	Air Care	100%	100%	1										X					
23	Instalar de tubería aire comprimido	Air Care	100%	100%	1															
24	Soporteria de tubería de agua helada	Air Care	95%	95%	1															
25	Instalación de tubería de agua helada	Air Care	53%	51%	0										X					
26	Instalación de soporteria de agua potable	Air Care	100%	100%	1															
27	Instalación de soporteria de Drenajes de condensado	Air Care	90%	95%	1															
28	Instalación de tubería agua potable	Air Care	100%	100%	1															
29	Instalación de soporteria de agua potable (Baños)	Air Care	100%	100%	1															
30	Instalación de Tubería de condensados	Air Care	98%	98%	1															
31	Canalización de Iluminacion	Air Care	100%	90%	0															
31	Cableado incendio	Air Care	98%	95%	0										X		X			
33	Aterrizar canasta de datos	Air Care	100%	100%	1															
34	Pevistas de control de accesos	Air Care	50%	70%	1															
35	Canalización de camaras	Air Care	100%	100%	1															
36	Pevistas de tomacorrientes	Air Care	100%	95%	0															
37	Canalización circuitos	Air Care	80%	80%	1															
38	Cableado acometidas	Air Care	25%	0%	0										X					
39	Instalación cable de sistema a tierras	Air Care	100%	60%	0											X				
40	Prevista de equipos	Air Care	50%	100%	1															
SUMA																				
					2	1	1	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 57. Causas de no cumplimiento en semana 3

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO SEMANAL

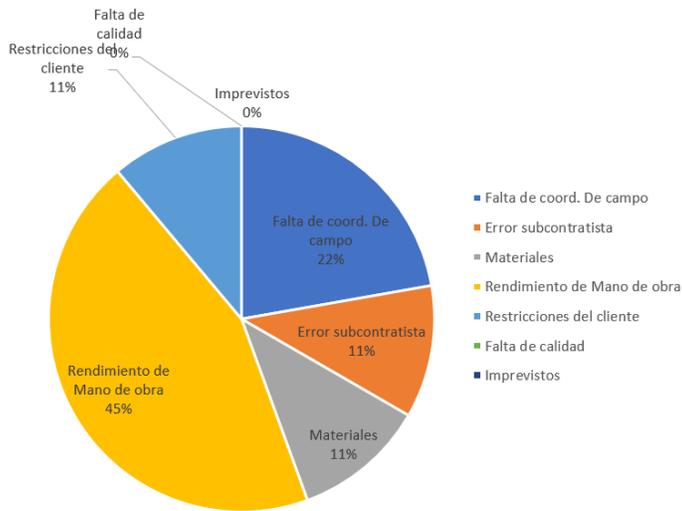


Figura 58. Porcentaje de actividades completadas en semana 3

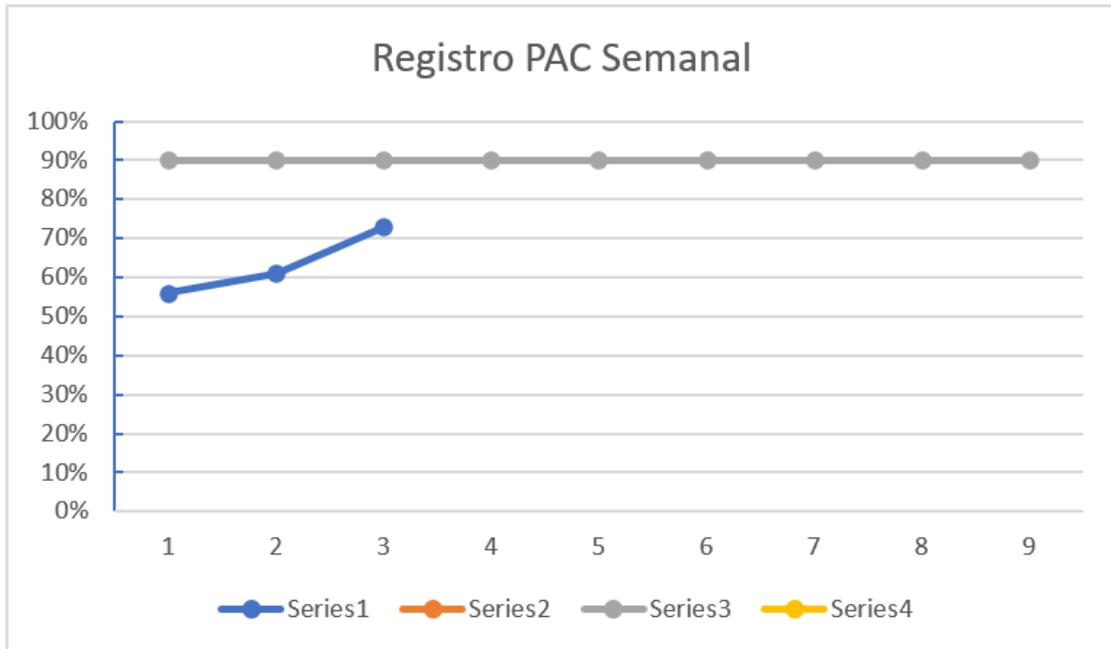


Figura 59. Reunión Semanal de semana 3



En cuanto al objetivo presentado relacionado a la implementación de Last Planner System, se procede a analizar los resultados. Primeramente, es importante mencionar que el proyecto ya había iniciado al momento en que se inició a implementar la metodología; esto indica que en el proyecto no se estaba utilizando del todo la metodología. Además de no haberse estado utilizando, la empresa electromecánica subcontractada no tenía conocimiento acerca de Last Planner. Lo anterior condujo a tener que ejecutar un convencimiento a los involucrados de los beneficios de la metodología y su funcionamiento.

Una vez convencidos los miembros de Clean Construction y la empresa electromecánica se procedió a plantear un plan estratégico basado en el calendario general del proyecto generado en MS Project por la gerencia de la empresa. A partir de esto, en conjunto con los ingenieros residentes se plantea el plan intermedio en la primera semana de aplicación, así como el plan semanal. Es importante tomar en cuenta que, para este punto, ya se utilizan los machotes generados como resultado del objetivo número 2 de este proyecto. En el plan intermedio se identificaba si las actividades tenían o no alguna restricción para que, de esta forma, en caso de que no la tuviera, esta pudiera entrar al plan semanal y ejecutarse la actividad.

Durante el proceso de convencimiento se aclara a los involucrados que es necesaria una reunión semanal para plantear objetivos, orden de actividades, evaluar el porcentaje de actividades completadas de la semana anterior y las causas de no cumplimiento de las actividades que no llegaron al porcentaje de avance comprometido. *“Un hito importante en la aplicación del LPS corresponde a la reunión de planificación (por lo general semanal)”* (Pons & Rubio, 2019). Lo que mencionan los autores respaldan la reunión planteada semanal para este proyecto. La evidencia de estas reuniones se puede verificar en la figura 59, en donde se encuentran los ingenieros residentes de Clean Construction, ingeniero de subcontrato electromecánico, maestro de obras y capataz electromecánico.

Para cada semana se plantearon una serie de actividades con su respectivo porcentaje de avance comprometido y los lunes de cada semana se ejecutó la reunión mencionada anteriormente. En esta reunión se mostraban los gráficos de PAC en tiempo real según los porcentajes alcanzados. Se mostraba también el gráfico de CNC en tiempo real para analizar las causas principales que causaban el hecho de no poder alcanzar los compromisos.

En cuanto a las causas de no cumplimiento, se logra observar que el mal rendimiento de la mano de obra es una de las principales limitantes por lo que en las respectivas reuniones se validó la posibilidad de contratar

más personal de campo para las distintas áreas, principalmente para los encargados de paredes livianas. Restricciones del cliente y errores de subcontratista es otras de las causas más abundantes esto debido a que el cliente fue un tanto restringido a la hora de permitir efectuar los trabajos; a causa principalmente de que la planta principal estaba en funcionamiento y el antiguo sótano de parqueo es donde se estaba ejecutando el proyecto. En las reuniones semanales se conversaba del tema incluso en conjunto con el cliente, sin embargo, se presentaron pocas soluciones e incluso nulas, por lo que esta causa de no cumplimiento iba a ser recurrente durante toda la ejecución. Es importante rescatar que este mal rendimiento de mano de obra es principalmente de subcontratistas por lo que es un punto de mejora muy válido para la empresa a la hora de adjudicar trabajos.

Por otra parte, se analizan también los gráficos de porcentaje de actividades completadas. Para los resultados mostrados en las figuras, el más relevante es la figura 58 ya que muestra un acumulado de las 3 semanas mostradas en esta sección. En los resultados del objetivo 2 se menciona que Pons & Rubio (2019), establecen un 90% de PAC semanal como el ideal y de esta forma se plantea para este proyecto. En la figura mencionada se evidencia un aumento de porcentaje de actividades completadas en donde de un 53% alcanzado en la semana 1 de aplicación, apenas en la semana 3 de aplicación se alcanzó un 73% y de esta forma se respalda que hay una mejora evidente al pasar estas 3 semanas mostradas en resultados.

En la sección de apéndices se muestran los resultados del resto de semanas en que se aplicó la metodología en el proyecto mencionado y se llega incluso a alcanzar un 83% de porcentaje de actividades completadas. No está demás mencionar que para alcanzar el logro de este último objetivo fue necesaria la colaboración de la gerencia de la empresa ya que, en un principio, los ingenieros de la empresa electromecánica presentaron cierta resistencia al cambio, sin embargo, con las charlas y explicaciones del funcionamiento de la metodología se logró establecer una buena dinámica y orden a la hora de plantear sus compromisos semana con semana.

Cabe destacar que en la implementación de la herramienta hubo valor agregado a la gestión del proyecto y se busca generar esto mismo en futuros proyectos de la empresa. A pesar de haber existido alguna serie de atrasos durante el proyecto, se procuró subsanar cada uno de los puntos encontrados en conjunto con los subcontratistas en las reuniones.

En algunas ocasiones la empresa electromecánica presentó más porcentaje de avance en algunas actividades del que se había comprometido y esto mismo se analizaba en las reuniones. Para esto se le dio retroalimentación al subcontratista para que, al presentar sus compromisos, estos sean acordes al rendimiento que presentaba su mano de obra. Estos puntos se trataron con ellos ya que en caso de presentar porcentajes de avance más altos que el compromiso se puede llegar a alterar el dato de porcentaje de actividades completadas.

Otro de los resultados obtenidos gracias a la aplicación de Last Planner System es que ya las plantillas creadas y el procedimiento establecido para implementación de la metodología están siendo utilizados en otros proyectos dentro de la empresa. En este caso se está utilizando en un proyecto que dio inicio en octubre que consiste en la construcción de la fachada principal de una nave industrial para el cliente Segnini Exportations.

A raíz de la aplicación, de Last Planner System dentro del área de Clean Construction se generan buenas sensaciones y es muy probable que estas plantillas y procedimientos establecidos se continúen utilizando en futuros proyectos. Como evidencia de esta satisfacción se presenta las palabras del gerente de Clean Construction basados en los resultados de la aplicación anteriormente analizada: *“Luego de la aplicación de la metodología LPS en el proyecto de Abbvie Tennant Improvements, hemos logrado determinar una serie de beneficios y aspectos positivos con respecto a la ejecución de las tareas en el proyecto. Contrario a los proyectos donde la metodología no ha sido implementada, Abbvie Tennant Improvements tiene ahora una trazabilidad muy definida, lo que permite que todos los responsables involucrados cuenten con una claridad mayor sobre las interacciones entre sus trabajos y los de otros responsables involucrados, esto ha permitido ejecutar planes de trabajo más detallados, mejores coordinaciones de labores y una planificación de ejecución de trabajos mucho más eficiente, dando como resultado un avance más productivo de todas las actividades programadas. Sin duda, la aplicación de la metodología nutre la administración de los proyectos con eficiencia y efectividad en el desarrollo de las tareas programadas, permite a los mandos responsables concentrarse en los elementos críticos y visualizar con mayor claridad barreras y tareas por resolver para la correcta implementación de trabajos, permite a todos los responsables involucrados visualizar las interacciones con otros trabajos en ejecución y en general aumenta la productividad de todo el equipo. Hemos notado que los proyectos donde la metodología no se ha implementado aún, la cantidad de re-trabajos es mayor, hay una*

mayor cantidad de conflictos interdisciplina por falta de coordinaciones efectivas y en general el avance es más limitado semana a semana.” (Juan Carlos Corrales, 2023).

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Gracias al análisis realizado a los miembros de ingeniería y trabajadores de campo, se concluye que la empresa Clean Construction no cuenta con ninguna metodología formalmente establecida ni una cultura de uso de Last Planner System para la gestión de los proyectos y además que existe una falta de conocimiento acerca de la metodología en algunos casos, esto implica que existe una gran oportunidad de mejora en los procesos de programación de los proyectos.
- Además, al verificar los resultados de encuestas a los trabajadores de campo se pudo observar que dentro de Clean Construction los trabajadores no cuentan con un sentimiento de compromiso con los trabajos que ejecutan y esto se puede transmitir en una baja productividad, retrabajos y atrasos en los cronogramas principalmente por desmotivación laboral.
- Por otra parte, se concluye que la aplicación de la metodología ha sido sumamente estandarizada según la teoría y casos de aplicación dentro de la empresa Conobra, presentando de esta forma un paso a paso de cómo es que se debe implementar Last Planner System; esto implica que para aplicar la metodología las personas pueden basarse en lo que se presenta en la literatura, principalmente en documentos donde el autor es Juan Felipe Pons.
- Se puede concluir que la propuesta para la implementación de Last Planner System presente en este proyecto final puede ser utilizada para ambas áreas de la empresa como lo es Conobra y Clean Construction, implicando así que las plantillas generadas sean utilizadas por los ingenieros e ingenieras que vayan a tomar la responsabilidad de implementar la metodología en sus respectivos proyectos; ya sea en los que ya se aplique Last Planner System como en los que aún no.
- También, se establece que a la hora de aplicar la metodología fue indispensable el uso de las plantillas creadas ya que por medio de estas se pudo observar de manera gráfica los porcentajes de actividades completadas de cada semana, así como las principales causas de no cumplimiento.
- Además, se concluye que las reuniones semanales a la hora de implementar Last Planner System son cruciales ya que en estas se discuten temas como las razones por las cuales no se cumplieron los objetivos establecidos y de esta forma analizar las alternativas de soluciones posibles para las problemáticas presentes.
- Además, se puede concluir que la aplicación de la metodología en el proyecto de Abbvie Tenant impactó de manera positiva a la gestión de actividades dentro del proyecto. De esta forma se ve una

mejora también en los porcentajes de actividades completadas comenzando en un 53% alcanzado hasta un 83% de las actividades completadas en la última semana de análisis.

- Se puede concluir que la implementación de los distintos planes de trabajo como el maestro y el intermedio se vieron afectados por limitaciones que se presentaban por parte del cliente. Es decir, los planes pueden llegar a varias por atrasos y más si se trabaja en una planta de producción que está en funcionamiento activo.

Recomendaciones

- Se recomienda a la gerencia e ingenieros encargados de adjudicar subcontratos establecer mínimos en las planillas de los subcontratos que serán tomados en cuenta, esto con el fin de prevenir malos rendimientos en la mano de obra de los proyectos. Es decir, se propone ya que se ha notado que algunos subcontratistas carecían de personal por lo que el cumplimiento de los compromisos pactados se ha visto afectado; esto afecta directamente la planificación de las actividades a realizar por semana.
- Se recomienda a la gerencia que para futuros proyectos que se le exija conocimiento acerca de Last Planner System a la empresa electromecánica que se vaya a subcontratar. Los proyectos de Clean Construction incluyen este tipo de instalaciones con un nivel de dificultad elevado por lo que el control de cronograma y actividades es crucial y sin la colaboración de los encargados subcontratistas se dificulta de gran forma la gestión de los proyectos.
- A la empresa Clean Construction se le recomienda que con el fin de implementar más a fondo la ideología de Lean Construction se adquieran espacios de oficinas más amplios en donde se puedan ejecutar reuniones de planeamiento e incluso capacitaciones en lugares mejormente adaptados.
- Se le recomienda a la gerencia utilizar la metodología propuesta para la aplicación de Last Planner System en la mayoría de sus proyectos. Las plantillas generadas cuentan con las fórmulas necesarias para que una vez se ingresen los datos, se muestren resultados de inmediato. La implementación de la metodología colaboraría a un mejor control de los proyectos de la empresa.
- Al departamento de ingeniería de Clean Construction se le recomienda exigir a sus subcontratistas que cuenten con las herramientas necesarias para ejecutar sus trabajos en buen estado. Esto con el fin de que no se generen retrasos en el cronograma por fallas en sus equipos, maquinaria o cualquier otra herramienta.
- La gerencia de Clean Construction y departamento de ingeniería debería implementar un sistema de seguimiento periódico que evalúe el desempeño de los subcontratistas en relación con los estándares acordados. Esto podría incluir revisiones regulares, auditorías de calidad y reuniones de retroalimentación para asegurar que los subcontratistas estén cumpliendo con los criterios mínimos establecidos. Estos protocolos de seguimiento ayudarán a identificar y abordar cualquier problema a tiempo, permitiendo una gestión proactiva de posibles desviaciones en el desempeño.
- Se recomienda a gerencia continuar con la cultura de Lean Construction más a fondo y no solo con el uso de Last Planner System. Esto debido a que Lean presenta diversos beneficios donde uno de los más relevantes es que tiene potencial para contribuir en temas de sostenibilidad.

Referencias

- Alpízar, G. (2017). Aplicación de Lean Construction a través de la metodología Last Planner a proyectos de vivienda social de FUPROVI. Obtenido de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/7272/Aplicacion_%20lean_construction_metodologia_last_planner.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ballestin, B; Fabregues, S. (2018). LA PRÁCTICA DE LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA EN CIENCIAS SOCIALES DE LA EDUCACIÓN. Primera editorial; UOC.
- Chamoun, Y. (2002). Administración Profesional de Proyectos La Guía. México: McGraw Hill/INTERAMERICANA EDITORES, S.A DE C.V.
- Espinoza, S. (2020). Aplicación de la filosofía Lean Construction y la simulación al mejoramiento de los procesos constructivos en Grupo Yeril. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Obtenido de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/11393/Aplicaci%c3%b3n_de_la_filosof%c3%a1_da_Lean_Construction....pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gray, C. Larson, E. (2009). Administración de proyectos. Cuarta edición. Obtenido de <https://juanantonioleonlopez.files.wordpress.com/2017/05/administracion-de-proyectos-4edi-gray.pdf>
- Gutiérrez, A. (2017). IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER EN EDIFICACIÓN EN ALTURA EN UNA EMPRESA CONSTRUCTORA: Estudio de casos de dos edificios en las comunas de Las Condes y San Miguel. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/288901844.pdf>
- Gutierrez, N. (s.f). Metodología para la aplicación de Last Planner System.
- Hernández, Y. (2021). Protocolo para la Administración de Proyectos de Construcción. Universidad Católica de Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/3799e55e-8ffc-4c7d-b75d-3ac33858e4e1/content>
- Lean Construction Institute Costa Rica. (2023). Last Planner System: Optimizando los Proyectos de Construcción. Obtenido de <https://www.lcicostarica.org/es/blog/7-last-planner-system-optimizando-los-proyectos-de-construccion>
- Lopez, J. (2012). PRODUCTIVIDAD. Obtenido de https://books.google.co.cr/books?hl=es&lr=&id=K7DDWeLQ7QUC&oi=fnd&pg=PA4&dq=productividad&ots=8ssb0MgQWu&sig=5msNoB-FLfpQX7ESrc-ljWwIR6s&redir_esc=y#v=onepage&q=la%20productividad%20es&f=false

- Lussier, R; Achua, C. (2011). LIDERAZGO – Teoría, aplicación y desarrollo de habilidades. Cuarta edición. Cengage Learning. Obtenido de <https://www.ucipfg.com/Repositorio/MSCG/Enfasis-EEG/EEG-11/libro-general.pdf>
- Manea, D. (2013). LEAN PRODUCTION – CONCEPT AND BENEFITS. Retrieved from http://www.managementgeneral.ro/pdf/1_2013_14.pdf
- Monje, C. (2011). METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION CUALITATIVA Y CUANTITATIVA – GUIA DIDACTICA. Universidad Surcolombiana. Obtenido de <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>
- Project Management Institute. (2017) A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Sixth Edition. Retrieved from <http://faspa.ir/wp-content/uploads/2017/09/PMBOK6-2017.pdf>
- Pons, F. (2014). Conferenciante Lean Management Sistema del Ultimo Planificador. Obtenido de <https://es.slideshare.net/juanfelipeponsachell1/last-planner-system>
- Pons, F. (2014). Introducción a Lean Construction. Madrid, España: Fundación Laboral de la Construcción
- Pons, F. Rubio, I. (2019). Lean Construction y la planificación colaborativa. Metodología del Last Planner System. Primera edición. España: Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
- Pons, F. (2023). Conferencia universitaria. Lean Construction. Think In Lean.
- Poo, A. (2005). LA GERENCIA DE PROYECTOS Y LA ADMINISTRACION DE PROYECTOS. Obtenido de <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/269>
- Robbins, S. Coulter, M. (2014). Administración. Doceava edición. Editorial Pearson: México.
- Rojas, M. (2017). “Guía de gestión de la calidad para los proyectos constructivos de la empresa Navarro y Avilés S.A.” Obtenido de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/7199/guia_gestion_calidad_proyectos_constructivos.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sanchis, I. (2013) Last Planner System Un caso de estudio. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/29693/LPS%20Un%20Caso%20de%20estudio_%20Sanchis%20Mestre%20Inmaculada.pdf?sequence=1
- Suárez, C. (2018). Administración de Empresas Constructoras. 2da edición. México: Limusa.
- Tejeda, A. (2011). MEJORAS DE LEAN MANUFACTURING EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS. Obtenido de <https://repositoriobiblioteca.intec.edu.do/bitstream/handle/123456789/1364/CISO20113602-276-310.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Woamck, J. Jones, D. (2003) Lean Thinking [Book].

Apéndices

Apéndice A.

Apéndice A1. Programación intermedia semana 4 de aplicación.

Programacion Intermedia

Proyecto: AbbVie

Semana: 1-6



Semana		14-Aug-23	21-Aug-23	28-Aug-23	4-Sep-23	11-Sep-23	18-Sep-23	Análisis de Restricciones							
ACTIVIDADES	RESPONSABLE							Materiales	Mano de obra	Subcontratistas	Propietario	Importaciones	Predecesoras	Estado Final	
ACABADOS Y OBRA CIVIL															
Colocacion perfil de anclaje y autonivelante	Novatec	█													OK
2do forro de paredes livianas	GIA	█													OK
Estructura de cielos suspendidos	GIA	█	█								X				X
Sellado de paredes	Cleanco	█													OK
Enchape de pisos y paredes	Enchapez espinoza	█	█								X				X
Estructura de cielos suspendidos cuarto produccion	GIA	█													OK
Pintura de paredes primera mano	Cleanco	█													OK
Instalacion puertas y cerrajeria	Cleanco	█													OK
Instalacion de portones y cortinas	Cleanco											X			X
Instalacion de louvers	Cleanco														OK
Instalacion de loza sanitaria	Air Care														OK
Instalacion particiones de bano	Cleanco											X			X
Instalacion accesorios de bano	Cleanco														OK
Alero de anden	Cleanco	█													OK
Colocacion piso SD	Cleanco														OK
Colocacion rodapie y curva sanitaria	Cleanco														OK
Escalera metalica	Cleanco	█													OK
Pintura Final	Cleanco						█								OK
INSTALACIONES ELECTROMECHANICAS															
Instalaciones electromecanicas en cielos	Air Care	█	█												OK
Instalacion de tiles, lamparas y accesorios de cielo	Air Care				█	█									OK
Instalacion equipos SPIC disponible	Air Care	█	█												OK
Armado cuartos electricos y UPS	Air Care	█	█												OK
OBRA GRIS															
Pedestales	Barsol	█													OK
Ducto elevador	Barsol	█	█												OK

Apéndice A2. Programación semanal semana 4 de aplicación.

Programacion semanal
 Proyecto: AbbVie
 Semana: 4



Item	Subactividad	Resp	% Cumplimiento		PAC (CUMPL)	21-Aug-23							Falta de coord. De campo	Error subcontratista	Materiales	Rendimiento de Mano de obra	Restricciones del cliente	Falta de personal	Falta de calidad	Imprevistos	OBSERVACIONES
			76%			L	M	J	V	S	D	%PROG									
OBRA CIVIL, ACABADOS Y PAREDES LIVIANAS																					
1	Colocacion morter autonivelante SECTOR banos y este	NOVATEC	100%	100%	1																
2	Cortes losa de contrapiso	NOVATEC	100%	80%	0														X		
3	Sellos en cortes de contrapiso	NOVATEC	100%	80%	0														X		
4	Pared y marco de puerta entre eje 2 y 1'	GIA	100%	100%	1																
5	Estructura de cielos	GIA	10%	0%	0																
6	Cenefa en banos	GIA	100%	100%	1																
7	Acabado columnas 3' a 6'	GIA	100%	100%	1																
8	Acabado cenefas cuarto limpio	GIA	100%	100%	1																
9	Sellado de paredes	Cleanco	80%	80%	1																
10	Instalacion marcos de puertas	Cleanco	100%	80%	0													X			
11	Enchapes	Enchapes espinoza	10%	0%	0														X		
ESTRUCTURA METALICA																					
12	Escalera metalica	M&C	100%	85%	0														X		
ORA GRIS																					
13	Mampara elevador	Barsol	100%	100%	1																
14	Pica de losa lex	Barsol	20%	20%	1														X		
15	Muro retencion	Barsol	100%	20%	0																
INSTALACIONES ELECTROMECANICAS																					
16	Armar ducto de aire	Air Care	100%	100%	1																
17	Aislar ducto de Aire	Air Care	100%	100%	1																
18	Instalacion ducto	Air Care	95%	95%	1																
19	Soporteria de tuberia de agua helada	Air Care	100%	100%	1																
20	Instalación de tuberia de agua helada	Air Care	60%	60%	1																
21	Instalación de soporteria de Drenajes de condensado	Air Care	100%	100%	1																
22	Instalación de Tuberia de condensados	Air Care	100%	100%	1																
23	Cableado incendio	Air Care	100%	100%	1																
24	Aterrizar canasta de datos	Air Care	100%	100%	1																
25	Pevistas de control de accesos	Air Care	95%	95%	1																
26	Canalización iluminación	Air Care	100%	95%	0														X		
27	Previstas de tomacorrientes	Air Care	100%	100%	1																
28	Canalización circuitos	Air Care	85%	85%	1																
29	Cableado acometidas	Air Care	25%	25%	1																
30	Cableado incendio	Air Care	100%	100%	1																
31	Instalacion cable de sistema a tierras	Air Care	85%	85%	1																
32	Prevista transformados	Air Care	50%	50%	1																
33	Soporteria tuberia supresion de incendios	Air Care	85%	85%	1																
34	Instalacion tuberia supresion de incendios	Air Care	85%	85%	1																
SUMA																					
						0	0	1	3	2	0	0	0	2							

Apéndice A3. Causas de no cumplimiento en semana 4



Programacion Intermedia

Proyecto: AbbVie

Semana: 1-6



Semana		28-Aug-23	4-Sep-23	11-Sep-23	18-Sep-23	25-Sep-23	2-Oct-23	Análisis de Restricciones						
ACTIVIDADES	RESPONSABLE							Materiales	Mano de obra	Subcontratistas	Propietario	Importaciones	Predecesoras	Estado Final
ACABADOS Y OBRA CIVIL														
Enchape de pisos y paredes	Novatec													OK
Cielos gypsum y cenefas	Novatec													OK
Estructura de cielos suspendidos	GIA										X			X
Estructura de cielos suspendidos cuarto produccion	Cleanco													OK
Pintura paredes y cielos primera mano	GIA										X			X
Instalacion de puertas y cerrajería	Cleanco													OK
Instalacion de portones y cortinas	Cleanco													OK
Instalacion de louvers	Cleanco													OK
Instalacion de particiones de baño	Cleanco													OK
Instalacion de accesorios de baño	Air Care													OK
Colocacion piso SD	Cleanco											X		X
Colocacion rodapie y curva sanitaria	Cleanco													OK
Pintura final	Cleanco													OK
INSTALACIONES ELECTROMECAICAS														
Instalaciones electromecanicas en cielos	Air Care													OK
Instalacion de tiles, lamparas y accesorios de cielo	Air Care													OK
Instalacion de loza sanitaria	Air Care													OK
Instalacion y puesta en marcha de BMS HVAC y Telecom	Air Care													OK
Armado cuartos electricos y UPS	Air Care													OK
OBRA GRIS														
Aceras	Barsol													OK
Ducto elevador	Barsol													OK

Apéndice A6. Programación semanal semana 5 de aplicación.

Programacion semanal
Proyecto: AbbVie
Semana: 5

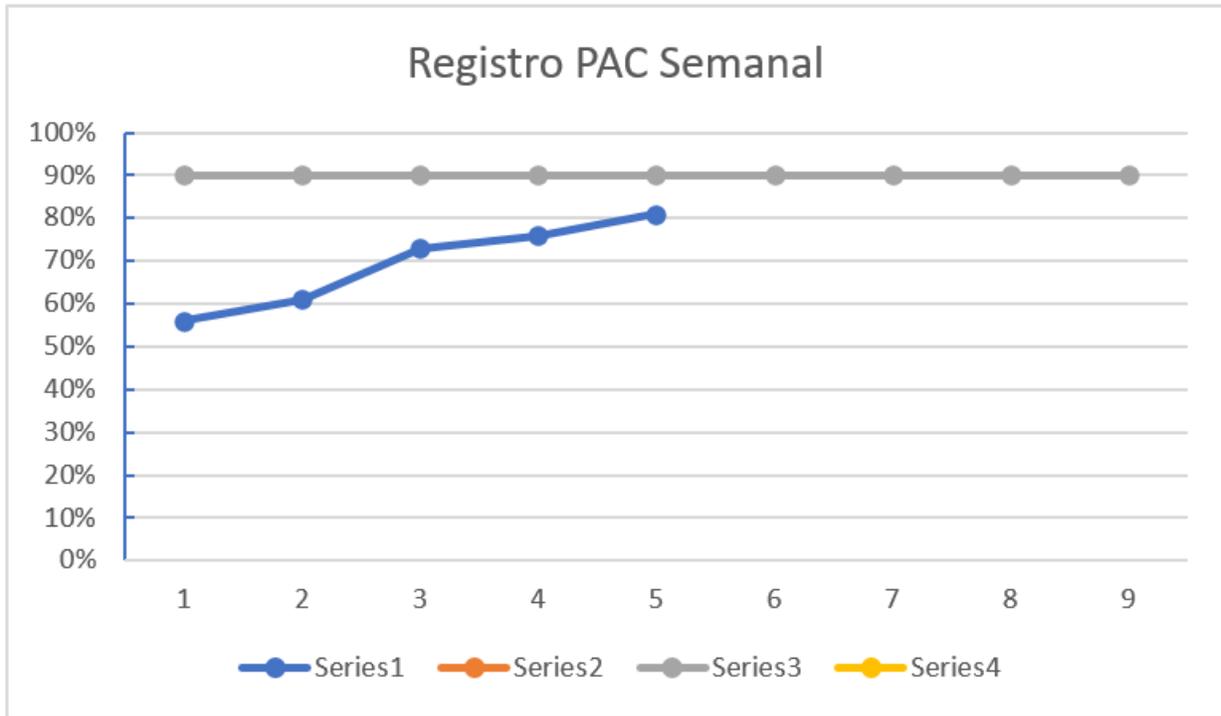


Item	Subactividad	Resp	% Cumplimiento		PAC (CUMPL)	PAC (CUMPL)							Falta de coord. De campo	Error subcontratista	Materiales	Rendimiento de Mano de obra	Restricciones del cliente	Falta de personal	Falta de calidad	Imprevistos	OBSERVACIONES
			%PROG	%REAL		L	M	J	V	S	D										
			81%			28-Aug-23	29-Aug-23	30-Aug-23	31-Aug-23	1-Sep-23	2-Sep-23	3-Sep-23									
OBRA CIVIL, ACABADOS Y PAREDES LIVIANAS																					
1	Cortes losa de contrapiso	NOVATEC	100%	100%	1																
2	Sellos en cortes de contrapiso	NOVATEC	100%	100%	1																
3	Estructura de cielos	GIA	10%	10%	1																
4	Sellado de paredes	Cleanco	100%	100%	1																
5	Instalacion marcos de puertas	Cleanco	100%	100%	1																
6	Instalacion de puertas	Cleanco	60%	60%	1																
7	Enchapes	Cleanco	10%	0%	0																
8	Pared cortina materials	Cleanco	10%	0%	0																
9	Pica murete	Cleanco	100%	100%	1																
ESTRUCTURA METALICA																					
10	Escalera metalica	M&Q	100%	100%	1																
11	Pasamanos escalera	M&Q	100%	100%	1																
OBRA GRIS																					
12	Muro retencion	Barsol	30%	30%	1																
13	Pica losa lex	Barsol	50%	50%	1																
INSTALACIONES ELECTROMECANICAS																					
14	Instalacion ducto	Air Care	100%	100%	1																
15	Instalacion de tuberia de agua helada	Air Care	80%	80%	1																
16	Pevistas de control de accesos	Air Care	100%	100%	1																
17	Canalizacion iluminacion	Air Care	100%	100%	1																
18	Canalizacion circuitos	Air Care	90%	90%	1																
19	Cableado acometidas	Air Care	50%	50%	1																
20	Instalacion cable de sistema a tierras	Air Care	90%	90%	1																
21	Prevista transformadores	Air Care	85%	85%	1																
22	Soporteria tuberia supresion de incendios	Air Care	95%	95%	1																
23	Instalacion tuberia supresion de incendios	Air Care	95%	95%	1																
24	Canalizar fibra optica	Air Care	100%	80%	0																
25	Tuberia UPS	Air Care	70%	55%	0																
26	Prevista tomas laboratorio	Air Care	100%	100%	1																
SUMA																					
						1	2	1	0	0	1	0	0								

Apéndice A7. Causas de no cumplimiento en semana 5



Apéndice A8. Porcentaje de actividades completadas en semana 5



Apéndice A9. Programación Semanal semana 5 en pizarra de Last Planner System

