

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**Implementación de herramientas lean construcción en la
productividad del casco estructural del proyecto Tres Regiones –**

Cercado Lima

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor: Bach. Erick Anthony CESPEDES CUETO

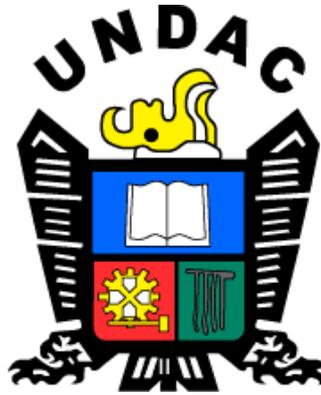
Asesor: Dr. Hildebrando Anival CONDOR GARCÍA

Cerro De Pasco – Perú – 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**Implementación de herramientas lean construcción en la
productividad del casco estructural del proyecto Tres Regiones –
Cercado Lima**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS
PRESIDENTE

Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL
MIEMBRO

Mg. José Germán RAMIREZ MEDRANO
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios por permitirme seguir adelante a pesar de las adversidades y a mi familia que es un orgullo y ejemplo para mí.

AGRADECIMIENTO

A mi familia y amigos quienes me apoyaron y a mi pareja quien fue quien creyó en mí, y fue quien me impulso a seguir adelante a pesar de los obstáculos en el camino.

RESUMEN

El trabajo de investigación titulado “Implementación de herramientas Lean construcción en la productividad del casco estructural del proyecto Tres Regiones – Cercado de Lima”, está enfocado en aplicar la metodología Last Planner (LP) como herramienta de Lean construcción en la fase de planificación, como son: Sectorización por frentes (o trenes) de trabajo, Programación de obra mediante un cronograma maestro, y Programación de obra mediante un cronograma por fases (sectorización).

El tipo de investigación es de campo o aplicada, el nivel de investigación es Aplicativo, además presenta como método cuantitativo porque lleva a cabo el uso de herramientas estadísticas y matemáticas con el propósito de cuantificar el problema de investigación y como Diseño de investigación no experimental del tipo Prospectivo. La población es el proyecto de la constructora y la muestra es el casco estructural del proyecto Tres Regiones – Cercado de Lima.

Con los resultados obtenidos se busca que las empresas constructoras y la presente tengan un amplio conocimiento de implementación de la filosofía Lean Construcción para poder optimizar sus obras con una nueva filosofía de trabajo con innumerables ventajas competitivas. Llegando a la conclusión de que la implementación de las herramientas de Lean Construcción influyen positivamente en la productividad de la construcción del casco estructural del proyecto “Tres Regiones”. Así mismo en la implementación de la sectorización, como también en la implementación del tren de actividades de esta manera logra influir positivamente en la productividad de la construcción del casco estructural del proyecto “Tres Regiones”.

Palabras clave: Metodología Last Planner (LP), Lean Construcción, Productividad del casco estructural.

ABSTRACT

The research work entitled "Implementation of Lean Construction tools in the productivity of the structural hull of the Tres Regiones - Cercado de Lima project", is focused on applying the Last Planner (LP) methodology as a Lean Construction tool in the planning phase, such as: Sectorization by work fronts (or trains), Work scheduling by means of a master schedule, and Work scheduling by means of a schedule by phases (sectorization).

The type of research is field or applied, the level of research is applicative, it also presents as a quantitative method because it carries out the use of statistical and mathematical tools in order to quantify the research problem and as a non-experimental research design of the Prospective type. The population is the structural hull of the Tres Regiones - Cercado de Lima project.

With the results obtained it is sought that the construction companies and the present one have a wide knowledge of implementation of the Lean Construction methodology to be able to optimize their works with a new philosophy of work with innumerable competitive advantages. The conclusion is that the implementation of Lean Construction tools has a positive influence on the productivity of the construction of the structural hull of the "Three Regions" project. Likewise in the implementation of the sectorization, as well as in the implementation of the train of activities in this way it manages to influence positively in the productivity of the construction of the structural hull of the project "Three Regions".

Keywords: Last Planner (LP) methodology, Lean Construction, Productivity of the structural hull.

INTRODUCCIÓN

En cumplimiento del mandato previsto del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, me permito presentar a vuestra consideración esta Tesis titulada “Implementación de herramientas lean construcción en la productividad del casco estructural del Proyecto Tres Regiones – Cercado de Lima” con la finalidad de optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Las razones por el cual he elegido la presente investigación es determinar si la implementación de herramientas Lean Construcción en la fase de planificación del proyecto influirán en la productividad del casco estructural del proyecto Tres Regiones viéndose el ahorro en tiempo y esfuerzo durante una supuesta construcción más adelante, ya que el proyecto en mención ya fue diseñado de otra forma y también ya se construyó, por tanto se pretende aplicar esta herramienta para evaluar cómo funcionaría con Lean Construcción y sin ella para otros próximos proyectos que pueda ejecutar la empresa constructora.

La presente tesis tiene como objetivo principal determinar si la implementación de herramientas Lean Construcción en la fase de planificación del proyecto influirán en la productividad del casco estructural del proyecto Tres Regiones viéndose el ahorro en tiempo y esfuerzo durante una supuesta construcción más adelante.

En primer lugar, se describirán los conceptos claves de Lean Construcción, aplicables para la mejora de los procesos en la productividad del casco estructural del Proyecto Tres Regiones en cuanto a su eficiencia. En segundo lugar, se describirán el status actual de la obra y se aplicarán las herramientas Last Planner (LP). En tercer lugar, se detallará la implementación en la obra que contempla la fase de planificación, como son: Sectorización por frentes (o trenes) de trabajo, programación de obra mediante un cronograma maestro, y programación de obra mediante un cronograma por fases

(sectorización). Finalmente se describirán los resultados obtenidos de la implementación y se realizará un análisis crítico de la comparación con lo realizado, para poder terminar llegando a las conclusiones del presente estudio de investigación.

INDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
1.3.	Formulación del problema.....	2
	1.3.1. Problema general	3
	1.3.2. Problemas específicos.....	3
1.4.	Formulación de objetivos	3
	1.4.1. Objetivo general.....	3
	1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5.	Justificación de la investigación	4
	1.5.1. Justificación técnica.....	4
	1.5.2. Justificación económica.....	4
	1.5.3. Justificación social.....	5
	1.5.4. Justificación práctica	5
1.6.	Limitaciones de la investigación.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	6
	2.1.1. Antecedentes nacionales.....	6
	2.1.2. Antecedentes internacionales.....	11
2.2.	Bases teóricas - científicas.....	15
	2.2.1. Principios del Lean Construction.....	15
	2.2.2. Definición del Lean Construction.....	17
	2.2.3. Ventajas	18
	2.2.4. Tipos de herramientas Lean Construction	18
	2.2.5. Last Planner System	19
	2.2.6. Estructura del Last Planner System	20
	2.2.8. LookAhead	22

2.2.9. Análisis de Restricciones	23
2.2.10. Plan de trabajo semanal	23
2.2.11. Sectorización	24
2.2.12. Tren de Actividades.....	24
2.2.13. PPC (Porcentaje de Plan Cumplido).....	25
2.3. Definición de términos básicos.....	25
2.4. Formulación de Hipótesis	28
2.4.1. Hipótesis General.....	28
2.4.2. Hipótesis Específicas	28
2.5. Identificación de Variables	29
2.5.1. Variable dependiente	29
2.5.2. Variable independiente	29
2.6. Definición Operacional de variables e indicadores	30

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.....	31
3.2. Nivel de investigación	31
3.3. Métodos de investigación	32
3.4. Diseño de investigación.....	32
3.5. Población y muestra.....	32
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	33
3.8. Tratamiento Estadístico	34
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica.....	34

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	35
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	37
4.3. Prueba de Hipótesis	47
4.4. Discusión de resultados	48

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Herramientas Lean aplicadas con éxito en proyectos de construcción.....	19
Tabla N° 2: Sectorización a nivel de sótanos Proyecto “Tres Regiones”	39
Tabla N° 3: Sectorización a nivel a nivel de pisos superiores Proyecto “Tres Regiones”	40
Tabla N° 4: Cronograma por Fases (por sectorización) Proyecto “Tres Regiones”	45
Tabla N° 5: Cronograma Maestro Sectorizado Proyecto – “Tres Regiones”	46
Tabla N° 6: Productividad en pisos superiores del Proyecto “Tres Regiones”	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Transformación del proceso	17
Figura N° 2: Planificación tradicional	20
Figura N° 3: Planificación lean	21
Figura N° 4: Sistema de planificación Lean	21
Figura N° 5: Sistema del último planificador	22
Figura N° 6: Porcentaje de plan cumplido.	25
Figura N° 7: Diagrama de producción	35
Figura N° 8: Proceso de un proyecto de construcción	36
Figura N° 9: Tren de actividades para le ejecución del casco de obra del proyecto “Tres Regiones”	38

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Sectorización a nivel de sótanos - Proyecto “Tres Regiones”	41
Gráfico N° 2: Sectorización a nivel a nivel de pisos superiores Proyecto “Tres Regiones”	42
Gráfico N° 3: Productividad en pisos superiores del Proyecto “Tres Regiones”	50

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Los proyectos de construcción en el mundo han tenido dificultades por la variabilidad de las obras por no cumplir con los tiempos pactados en las programaciones, por generar mayores desperdicios, ampliaciones de plazo, sobrecostos en la ejecución y muchos factores que perjudican directamente a las obras por ello a través del tiempo se han ido creando e implementando estrategias y herramientas que ayudan a mejorar la calidad de las obras.

Con el avance de innovaciones en la construcción y a la reducción de pérdidas económicas por desperdicios obtenidos por malas planificaciones con retrasos de materiales que no llegan a su debido momento, recursos insuficientes y otros factores que afectan en los tiempo de la construcción, por todo lo mencionado en la presente se pretende proponer a la Constructora Remanso S.A.C. que viene trabajando el proyecto Tres Regiones ubicado en el Cercado de Lima con sistemas tradicionales y poco eficientes, la implementación de

herramientas de Lean Construcción en la productividad del casco estructural del mencionado proyecto.

Entonces para poder realizar una comparación del proyecto dicha propuesta estará basada en la fase de planificación como son: Sectorización por frentes (o trenes) de trabajo, Programación de obra mediante un cronograma maestro y programación de obra mediante un cronograma por fases (sectorización). Con eso se podrá comparar ambos resultados, es decir comparar el proyecto sin filosofía Lean Construcción (datos reales del proyecto en construcción) con la planificación con la filosofía de Lean Construcción, de esa forma se podrá ver el ahorro en tiempo y esfuerzo durante una supuesta construcción más adelante, buscando maximizar sus procesos constructivos y mejorar sus tiempos de construcción que es parte primordial en la productividad del casco estructural del proyecto, es así que se presenta este proyecto de investigación denominado “Implementación de herramientas Lean Construcción en la productividad del casco estructural del proyecto Tres Regiones – Cercado de Lima”.

1.2. Delimitación de la investigación

El presente estudio de investigación está delimitado en la implementación de herramientas Lean Construcción en el desarrollo del casco estructural del centro comercial Tres Regiones el cual cuenta con 02 sótanos, 3 pisos y azotea, ubicado en el cercado de Lima, departamento de Lima, donde se encuentra ejecutando el proceso de construcción del mencionado proyecto.

1.3. Formulación del problema

De acuerdo al proyecto de investigación se formularon los siguientes problemas que a continuación se presentan:

1.3.1. Problema general

¿En qué medida la implementación de herramientas Lean Construcción en la fase de planificación del proyecto influirán en la productividad del casco estructural del proyecto Tres Regiones viéndose el ahorro en tiempo y esfuerzo durante una supuesta construcción más adelante?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cómo se comportarán e influirán los resultados de la implementación de herramientas Lean Construcción frente al sistema tradicional que se desarrolló en el proyecto Tres Regiones?
- ¿Cómo comparar los resultados del proyecto Tres Regiones sin filosofía Lean Construcción, con la filosofía de Lean Construcción?
- ¿Qué herramientas de Lean Construcción se pueden aplicar en la fase de planificación para realizar la comparación del presente estudio de investigación?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar si la implementación de herramientas Lean Construcción en la fase de planificación del proyecto influirán en la productividad del casco estructural del proyecto Tres Regiones viéndose el ahorro en tiempo y esfuerzo durante una supuesta construcción más adelante.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar cómo se comportan e influyen los resultados de la implementación de herramientas Lean Construcción frente al sistema tradicional que se desarrolló en el proyecto Tres Regiones.
- Comparar los resultados del proyecto Tres Regiones sin filosofía Lean Construcción, con la filosofía de Lean Construcción.

- Identificar y determinar las herramientas de Lean Construcción que se pueden aplicar en la fase de planificación y poder realizar la comparación del presente estudio de investigación.

1.5. Justificación de la investigación

En los últimos 10 años el Perú viene creciendo económicamente lo cual impulsa a nuevas inversiones y el sector construcción se vio beneficiado en ese periodo así mismo también se vio reflejado en nuevas construcciones de toda índole, durante este periodo el sector construcción fue cambiando la manera de usar los recursos debido al cambio del sistema tradicional por nuevas tecnologías, nuevos sistemas de planificación y herramientas de construcción como es el Lean Construcción que reducirían notablemente las pérdidas, tiempos en la construcción y otros contratiempos. Por tanto, se presenta a continuación la justificación técnica, económica, social y práctica de la presente investigación.

1.5.1. Justificación técnica

Consiste en utilizar herramientas Lean para generar lotes de producción mediante la sectorización para optimizar las cuadrillas utilizándolas eficientemente es por ello que se generaran trenes de actividades para que las cuadrillas sean productivas en cada sector mejorando continuamente.

1.5.2. Justificación económica

Los beneficios económicos que produce la implementación de las herramientas Lean Construcción son diversos como la reducción de los desperdicios, mejor manejo de los materiales, mejoras en los tiempos de construcción, optimización de los recursos y mano de obra con lo cual evitamos sobrecostos y mejor rentabilidad de la construcción, lo que pudo ser si el proyecto Tres Regiones lo hubiera implementado y que se pretende comparar.

1.5.3. Justificación social

La presente investigación contribuirá a la sociedad en las construcciones de cascos estructurales mediante el uso de herramientas Lean Construcción para generar construcciones más eficientes sin generar sobrecostos mejorando las planificaciones, tiempos y reduciendo los desperdicios abundantes que se generan en la obra optimizando de esta manera los recursos.

1.5.4. Justificación práctica

La implementación de herramientas Lean Construcción beneficiara enormemente a la empresa Constructora Remanso S.A.C. que viene trabajando el proyecto Tres Regiones ubicado en el Cercado de Lima, ya que con los resultados de la comparación con y sin aplicación de las herramientas de Lean Construcción, la empresa en mención lo podrá aplicar en nuevos proyectos futuros debido al cambio de nuevas herramientas que dará mejores beneficios mediante la optimización de recursos y tendrá un mejor control y cumplimiento de actividades sin retrasos generando metas que se puedan cumplir en el proceso de construcción, así mismo se podrán autoevaluar de como lo hicieron aplicando estrategias tradicionales.

1.6. Limitaciones de la investigación

Actualmente unas de las limitaciones importantes es el acceso a la información actualizada y directa lo cual repercute en cierta forma las acciones que se pudieran recurrir por la presencia del Covid – 19, como también por ser un tema nuevo existe poca información en la zona respecto al tema a investigar, sin embargo, a pesar de las circunstancias encontradas me permito a ejecutar el presente estudio buscando estrategias y de esta manera lograr los objetivos planteados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Después de investigar e indagar de una manera virtual y presencial en la medida de lo posible artículos científicos, trabajos de investigación de tesis, Proyectos de construcción con Lean Construcción seleccionamos las investigaciones que tienen mayor relación y relevancia con las variables de la presente investigación.

2.1.1. Antecedentes nacionales

Palomino, E. (2018). En su investigación titulada: “Aplicación de Herramientas Lean en planificación y control de producción en construcción de una edificación”, llega a los siguientes resultados del estudio:

Entre los principales resultados después de aplicar esta herramienta lean se logró culminar la ejecución del casco de la edificación 21 días antes de lo previsto, que por intermedio de la estadística aplicada a los tipos de restricciones que permitió evidenciar cuan vital es la logística, estadística de causas de no cumplir con lo planificado que muestra las fallas que ocurrieron en la

programación y el ahorro logrado de 7,697 horas hombre durante la ejecución de actividades de acero y encofrado de muros horizontales, contención, verticales, y cimentaciones.

Tucto, G. (2017). En su investigación titulada: “Metodología de aplicación de la filosofía Lean Construction y Last Planner System en la región San Martín”, obtuvo como resultado que:

Fue alcanzado un nivel de implementación del 71% tomando en cuenta las diversas dificultades que se encontraron en el proceso, el valor que se obtiene no es nada despreciable, dado que debe darse valor a la experiencia que obtuvo la empresa y personas que laboran en este rubro de construcción. A pesar de no lograr un mayor porcentaje en la implementación, los resultados encontrados demuestran efectividad del sistema dado que se consiguió incrementar el rendimiento de cada cuadrilla, además, fue mejorado la planificación semanal en 70% basado al cumplimiento, logrando reducir la incertidumbre durante la ejecución de trabajos. Por lo dicho anterior, se puede concluir que la implementación Lean tiende a mejorar los proyectos durante su desarrollo.

Campana, R. & Acosta, M. (2015). En su tesis de Aplicación de “Lean Thinking a vaciados de concreto en obras de edificación (caso: ESAN – Santiago de Surco – Lima)”, mencionan lo siguiente:

Este estudio tuvo el propósito de controlar los desperdicios generados durante la actividad de vaciado de concreto realizado en obras de edificaciones. Este contexto estuvo basado en el “Lean Thinking”, denominado teoría de desperdicios, siguiendo su antecesor “Lean Construction”. Este trabajo se realizó en la Universidad ESAN en conjunto con la empresa J.E. Constructora S.A. Fue

aplicado un formato de prediseño, que visó controlar los tiempos que contribuyen, los que no contribuyen y los productivos.

Después de aplicado las herramientas mencionadas los investigadores presentan como resultados lo siguiente: se lograron obtener que los desperdicios más comunes están relacionados a movimientos y esperas que producen entre tiempos y materiales un 4.04% de pérdidas basada en el presupuesto de partida de concreto.

Sánchez, A., Rosa D. & Benavides, P. (2014), en la tesis titulada “Implementación del sistema Lean Construction para la mejora de productividad en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas”. El estudio llega a las siguientes conclusiones:

Fue corroborado que después de implementar las herramientas de control y planificación relacionada a la filosofía “Lean construction” dentro obras, se logró aumento del trabajo productivo (TP) hasta en promedio de 44%, datos que nos ofrecen fundamento que supone, que si se logra gestionar trabajos contributorios (TC), se reduce o elimina algunos trabajos no contributorios (TNC). Aplicando graficas de Pareto, se podría lograr niveles superiores de productividad. Si se quiere alcanzar óptimos niveles de TP 60%, TC 25% y TNC 15%⁹, basado en los siguientes proyectos, será requerido emplear de manera responsable herramientas que fueron planteadas en esta investigación, conjugándolo de manera correcta a la contractibilidad, en el proceso de desarrollo del diseño del proyecto para poder implementarlo de manera innovativa y tecnológica dentro los procesos constructivos (pp. 74). Evaluando la tendencia basada a la curva de productividad (fig. 5.2), se nota una optimización de manera progresiva del uso de recursos para llevar a cabo la misma tarea (encofrado de

placas), visando la evolución de la curva de aprendizaje de los trabajadores, el cual se alcanzó definiendo cuadrilla de trabajos especializadas que logren hacer diversas labores repetitivas en el periodo de construcción (p. 75)

Se alcanzó un ahorro significativo relacionado a la mano de obra donde se vio un ahorro del 5% basado al presupuesto total de S/. 4'288,000, empleado sobre las partidas relacionadas a estructuras tales como colocado del concreto, encofrado, acero de refuerzo, demostrando que si se implementan durante las etapas de acabado podría obtenerse similares resultados que logren hasta un 10% de ahorro que iría de manera directa sobre las utilidades de la empresa, asimismo, haciendo este proyecto más rentable, lograr un know how, algo que sería ventajoso para que la empresa sea competitiva. (pp. 75 y 76)

Sihuay, N. (2016), en su tesis de “Planificación colaborativa y medición simultánea de indicadores de seguridad y producción en el sistema Last Planner”. Llega a las siguientes conclusiones principales:

Relacionado al “lookahead” y a través de las áreas de soporte estos son vitales para alcanzar conclusiones de mejores resultados positivos y que el proceso de construcción sea más sinérgico.

Respaldándose en las siguientes publicaciones realizadas por Rosas, Ríos, Carrera (2011) y Yoza (2011) se podría que concluir que después de elaborar estas programaciones de obtendrá lo siguiente:

- Ofrece una mirada general en función al avance de la obra visando todas las perspectivas, que ofrezca reconocer las necesidades de cada uno de estas, permitiendo así que cada área pueda avanzar.
- Identificar a cada involucrado y comprometer de forma intangible los aportes de cada área para desempeñar lo programado (pp. 77)

Basado a la aplicación del sistema “Last Planner” se notó que solo se aplicó el “lookahead” que mostró que se dejó de lado otras herramientas pertenecientes al sistema “Last Planner” provocando deficiencias en cuanto a una implementación verdadera, y basado en este problema prima las importancias de esta actual investigación, dado que se hace un corto repaso del LPS que evidenció también el no uso del lookahead que fue suficiente para que se afirme que se aplica la filosofía Lean construction. Como mencionado en casi a todos los casos, actos sub estándares reportados eran referidos debido al no uso de lentes y guantes de seguridad. Si la empresa no cumplió de tener los EPPs necesarios, motivo por el cual se podría demostrar que un área de soporte no llego a cumplir con parte de requerir los EPPs a tiempo. Aquí prima la importancia del análisis de restricciones y lookahead basadas al área de soporte (p.77).

Es vital resaltar que si se emplea esta metodología se pudo identificar que se alcanzó porcentajes elevados de los trabajos bajo actos sub estándar en 46% de todos los que laboran. Basado a las condiciones sub estándar se reportó solo el 3%. Esto porque la empresa entrego todo los EPPs a cada trabajador, en pocas palabras el no usar estas EPPs es considerado un acto sub estándar, si ocurriese el caso que la empresa no entregue los EPPs, dado que la falta del uso se tornaría una condición sub estándar”. (p.78)

Por último, se llega a concluir que es vital que cada empresa use el sistema Last Planner se pueda verificar que de manera efectiva se use el sistema completo y no únicamente el “lookahead Plan”. Además, se exhorta a que se pueda planificar de manera colaborativa visando incrementar su productividad y el buen clima laboral, dado que todos llegarían a conocer que necesidades hay, las programaciones, y el proyecto completo de cada área. Por otro lado, es importante

recalcar la seguridad es tarea de cada uno de los trabajadores y que este en función de la productividad de estos (p. 79)

2.1.2. Antecedentes internacionales

Angeli, C. (2017). En su investigación de “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”. El investigador obtiene como resultado:

Si se quiere alcanzar una correcta implementación del Last Planner es vital que se tenga a un profesional para que se haga cargo de manera exclusiva y que se tenga la libertad de liberar ciertas restricciones, algo que es difícil dado que el presupuesto es limitado y que los administradores alegan de que esto lo realice un profesional del terreno, un encargado de calidad u oficina técnica. La carga laboral es elevada para estos profesionales, que, a pesar de sus disposiciones, no poseen tiempo suficiente para llevar a cabo el trabajo de oficina que pide este sistema. El sistema “Last Planner” requiere tener bastante tiempo para cuantificar el avance, llevar a cabo la planificación, y comparar con resultados previos, dado que es imposible compatibilizarlo a otro cargo. Es sin sentido y muy contradictorio si se desea reducir la pérdida de tiempo en obra, se debe sobrecargar con más horas a los profesionales (p. 71)

Se ha demostrado que mediante la aplicación de estas herramientas de planificación ayudan a detectar la raíz de los problemas que suceden durante su desarrollo de cada actividad y de esta manera se reprograma en tareas que, si se pueden realizar en el plazo dado, eliminando variabilidades, retrasos y tiempos por espera de materiales o falla de equipos y al eliminar estos retrasos se mejoró la producción”.

Lagos, C. (2017). En su tesis de “Desarrollo e implementación de herramientas para el mejoramiento de la gestión de la información de Last Planner (LPS)”.

Menciona que:

Este trabajo se propuso desarrollar herramientas de gestión para la información. Para ello se comparó la gestión de información de restricciones, acciones de corrección, y las consecuencias de no cumplir con 34 proyectos de construcción realizados en Chile, que hizo posible identificar diversos aspectos vitales para que se mejore el uso y la recolecta, como también poder cuantificar que beneficios trae el uso del TI para soportar el LPS. Estas herramientas que fueron desarrollados se integraron al software Impera para después poder implementarlos en casos de estudio, donde ya era empleado esta metodología y el software. El dar seguimiento a este proyecto por 6 meses ha permitido que se corrobore el efecto positivo del haberlo incluido dentro de estas herramientas.

Por tanto, el estudio de investigación llegó a las siguientes conclusiones:

Los resultados encontrados han permitido alcanzar la conclusión que las herramientas aplicadas ayudaron a mejorar el grado de gestionar e identificar las restricciones, cumplir los compromisos, implementar la metodologías y programas. Asimismo, se logró medir los impactos sobre los indicadores de LPS, así como las causas de no cumplimiento. Finalmente, su inclusión genero un impacto positivo cuando se hizo la estandarización para el proceso de control y de planificación a corto y mediano plazo, analizar de manera crítica la información y el de la gestión visual (p. xi)

Rojas, M.; Henao, M. & Valencia, M. (2017). Sostienen en su artículo, Lean Construction – LC bajo pensamiento Lean que:

Lean Construction es referida a una filosofía que muda el pensamiento tradicional de labores que se aplica dentro del sector constructivo a través de sistemas de innovación que se fundamentan en evaluaciones de pérdidas, planificación de actividades visando lograr un incremento de la productividad dentro del sector construcción, reduciendo o retirando actividades que no suman sobre los resultados de la obra. Este pensamiento fue implementado sobre la empresa Toyota con el fin de reducir desperdicios que se generen durante los procesos productivos, así, como de incrementar valor en sus productos.

Aquí se propone aplicar este pensamiento Lean sobre los procesos realizados en el sector constructivo el cual es ejemplificado mediante un proceso real que forma parte de la interventoría (p. 115)

Por tanto, los autores llegan a las siguientes conclusiones:

Este sistema convencional aplicado en Colombia usado para la ejecución y planificación dentro del sector de construcción es diferente del pensamiento Lean, lo que indica que solo poquísimas empresas logran implementar esta filosofía. Cualquier sector de construcción debe comenzar teniendo un compromiso en un nivel estratégico que permita implementar este pensamiento Lean el cual será ejecutado en el nivel operativo dentro el proceso constructivo de obra. Lean construction pertenece a la aplicación Lean thinking que requiere mudar la filosofía dentro las empresas de construcción para que esta herramienta se torne efectiva. Todo ello, precisa de tiempo en plazo mediano para que los participantes de la organización logren asimilar los diversos conceptos donde pueda aplicarse. El ejemplo descrito se puede encontrar un tiempo de espera que significa un desperdicio, lo que revela uno de diferentes procesos que no producen valor durante la planificación o ejecución (pp. 126)

Cruz, V. & Rosa, P. (2007). Sostienen en su artículo titulado “Modelo de Planificación Basado en Construcción Ajustada para Obras de Corta Duración” que:

Se lograron identificar a factores y recursos que condicionan a las organizaciones para construir edificios, se logra listar todas las no conformidades producidas en estos proyectos, y se hace un análisis sobre los modelos empleados, siguiendo la Construcción Ajustada (Lean Construction). Fue llevado a cabo un modelo para planificar y controlar la reducción de pérdidas visando optimizar los procesos productivos. Este modelo ayuda a planificar de forma conjunta las obras por intermedio de programar actividades usando los recursos de manera que se reduzcan problemas usuales dentro esta industria. Las mejorías reportadas de este modelo confirmaron las ventajas de esta filosofía de gestión titulada Producción Ajustada (Lean Production). Este modelo fue aplicado en una obra, donde se reveló su capacidad de adaptarse y lo flexible que es para tomar decisiones.

Botero, L. & Álvarez, M. (2005). Argumentan en su artículo “Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción: Estudio del caso de la ciudad de Medellín”, que:

Este trabajo se planteó el objetivo de divulgar los resultados después de aplicar el sistema Last planner sobre proyectos de construcción realizado en Medellín el 2003, donde fue implementado este programa para mejorar la gestión en el sector de construcción. Se reportaron una tendencia de mejora cada vez que fue aplicado este sistema, el cual fue observado a través del indicador PAC (porcentaje de asignaciones completadas) (p. 148)

Por tanto, llegan a la conclusión de que:

Last Planner (el último planificador), aplicado para controlar o planificar proyectos en construcción tiende a ser una herramienta importante para reducir la incertidumbre y lograr una buena confiabilidad durante la planificación. Su eficiencia fue corroborada después de un año de prueba en proyectos realizados en la ciudad de Medellín, lugar donde más sistemas son implementados. Además, fue reportado una mejora en el indicador PAC. Esta investigación revela un aumento para el cumplimiento de lo que se planifico del 65% durante la primera semana que fue implementado hasta un 85% correspondiente a la semana 25. Este nuevo sistema hace que el rol del profesional en administración sea proactivo, dado que se analiza y se logra levantar restricciones a actividades que definan diversas asignaciones de trabajo en la unidad de producción. El análisis del porque no se llegó a cumplir con lo planificado otorga información valiosa, la cual es empleada para evitar que se recurra a situaciones que produzcan retrasos o poca productividad en la obra (p. 158)

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Principios del Lean Construction

Con relación a Lean Construction basa sus principios desde los años 50 en la industria automotriz donde Toyota ha ido implementando un pensamiento, más que un pensamiento una filosofía denominado “LEAN”. Esta filosofía define y propone técnicas modernizadas que permitan que los proyectos mejoren su eficiencia, preservando la misma filosofía de gestión.

En la década de 90s, esta filosofía Lean fue propagándose de manera gradual iniciando en el nivel operativo hasta el gerencial estratégico. Según Robbins (1998) indica que los planes operacionales se refieren a aquellos que ofrecen detalladamente como se debe lograr los objetivos, siendo que los planes

estratégicos son aplicados a toda la organización visando lograr los objetivos se posicionen dentro los términos que rodea al ambiente.

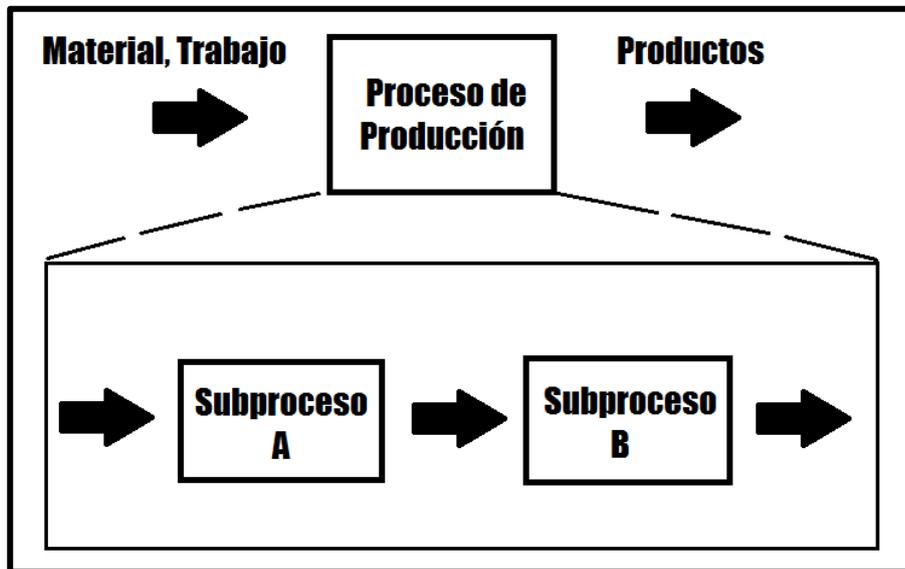
Porras, et al (2014) indica que los principios básicos de Lean son vitales para realizar actividades sin desperdicios, visando producir valor, y optimizar el valor de los proyectos. En pocas palabras, si se quiere que el Lean Construction trabaje correctamente, debe aplicarse todos sus principios de manera concreta a cada actividad del proyecto.

Lauri Koskela introduce 11 principios los cuales son: (p. 38)

- Reducir o eliminar actividades que dan ningún aporte de valor sobre el proyecto.
- Aumentar el valor de actividades que si ofrecen valor a actividades del proyecto.
- Reducir la variabilidad.
- Reducir el tiempo del ciclo para cada fase.
- Simplificar el proceso, visando eliminar la información no necesaria.
- Aumentar en la flexibilización de la producción.
- Hacer transparente el proceso.
- Controlar y gestionar los procesos.
- Buscar siempre mejorar el proceso.
- Simplificar el proceso.
- Referenciación.

Este enfoque reciente busca que los agentes que forman parte del proyecto se conecten de inicio a fin. Asimismo, en una visión nueva para proyectar o construir edificios, donde la parte de gestión relacionada al montaje y suministro se tornan vitales para alcanzar resultados satisfactorios (S10, 2020)

Figura N° 1: Transformación del proceso



Fuente: Lauri Koskela

2.2.2. Definición del Lean Construction

Los inicios de definición de Lean en la construcción nace en 1992 por Lauri Koskela donde publicó su investigación “Aplicación de la nueva filosofía de la producción a la construcción”, donde se dictaminó diversos fundamentos acerca el nuevo sistema para innovar nuevas producciones a emplear dentro la construcción.

Koskela se basa en los principios de la producción de Toyota y fue pionero en nuevas investigaciones de producción en la construcción. En 1993 se fundó el Grupo Internacional de Lean Construction (IGLC) y fueron sus fundadores quienes acuñaron el término Lean Construction. (Koskela, 1992).

Lean Construction es una filosofía que cambia la perspectiva de la construcción tradicional con innovadoras sistemas de gestión y principios que nos sirven durante todo el proceso de los proyectos. El término Lean Construction también es conocido como construcción sin pérdidas. (Koskela, 1992).

2.2.3. Ventajas

La implementación del Lean construction tiene muchas ventajas de las cuales podemos mencionar que ayudan a la optimización de las obras, mejoran el cumplimiento de los objetivos, mejores tiempos de entrega de proyectos, mejoras en la calidad de la obra, satisfacción del cliente, reducción de desperdicios y mayor rentabilidad en la entrega de proyectos.

Así mismo “si trasladamos la metodología y técnicas del Lean al sector de la construcción, se empieza a destacar beneficios que puede aportar la implantación de Lean Construction en el proceso de planificación de una obra de construcción”: (OVACEN, 2020)

- Entregar las obras en plazo o antes de plazo
- Ahorro de costes
- Gestión de los riesgos
- Mejora de la calidad
- Seguridad en obra
- Datos fiables
- Organización eficiente y motivada (OVACEN, 2020)

2.2.4. Tipos de herramientas Lean Construction

Para la implementación del Lean Construction es necesario la aplicación de herramientas que ayuden en la disminución de las incertidumbres, a disminuir los desperdicios y a optimizar los recursos de producción para que de esta manera cumplir con los objetivos requeridos. Estas herramientas son:

- Last Planner system,
- Sectorización,
- Layout de obra,
- Línea balance,
- Tren de actividades,
- Carta balance,

- Kaizen (Continuous improvement),
- Value stream mapping, - Kanban. (Pons, 2019, p. 88)

Tabla N° 1: Herramientas Lean aplicadas con éxito en proyectos de construcción

ALGUNAS HERRAMIENTAS LEAN QUE PUEDEN USARSE JUNTO CON LAST PLANNER SYSTEM ⁴²	
1	Identificación y eliminación de desperdicio y buffers ocultos.
2	Equilibrar o balancear las cargas de trabajo de las diferentes tareas. Takt Time Planning.
3	Reingeniería de procesos.
4	Reasignación de tareas y actividades.
5	Automatizar procesos.
6	Montar partes fuera de la obra, donde los subconjuntos se pueden producir y ensamblar en un entorno controlado que no generan residuos en la propia obra.
7	Industrialización y prefabricación.
8	Metodología de las 5S.
9	Sistema Kanban para el suministro de materiales a la obra y la logística interna de la obra.
10	Value Stream Mapping.
11	Estandarización de procesos.
12	Poka-Yokes o dispositivos a prueba de errores y Luces Andon.

Fuente: Pons, J. & Rubio, I. (2019, p. 88)

2.2.5. Last Planner System

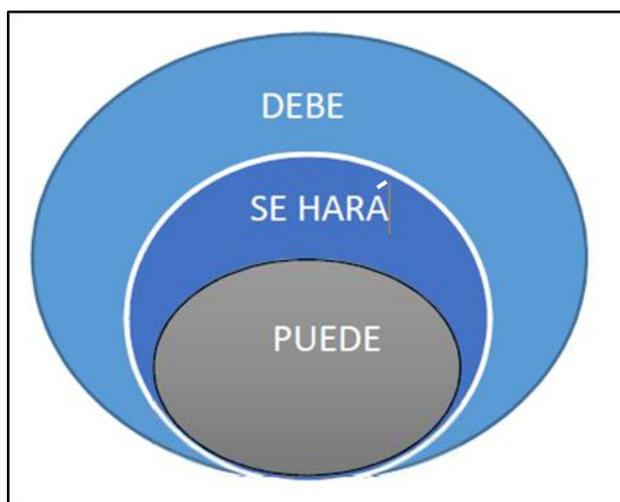
Last Planner System o conocido también como el “Último Planificador”, es un sistema colaborativo basado en el compromiso de planificación a partir de reducir de la incertidumbre y riesgos que pueden producirse durante la fase general. Ballard & Howell propusieron el control en la mejora de la incertidumbre de la planificación, identificando los errores cometidos y midiendo el desempeño. (Botero & Álvarez, 2005).

El Last Planner System considerada herramienta filosófica Lean Construction comprendida dentro del LPDS basada en la fase control de la producción, contiene también otras herramientas para llevar a cabo el control de producción como, por ejemplo, planificación por fases y maestra, lookahead, causas de no cumplimiento, plan semanal, y % del plan que se logró cumplir (Guzmán, 2014, p.31).

2.2.6. Estructura del Last Planner System

Alarcón & Armiñana (2008). “Precisa los 3 estados teóricos en la planificación: lo que se debe hacer, lo que se hará y finalmente lo que se puede hacer en obra, tradicionalmente trabajan de esta manera debido a que el funcionamiento de la obra se basa en la programación general que es quien dice lo que se debe hacer, los administradores ordenan lo que se hará y en el campo realmente es lo que se hace”. De tal manera se muestra en la figura siguiente:

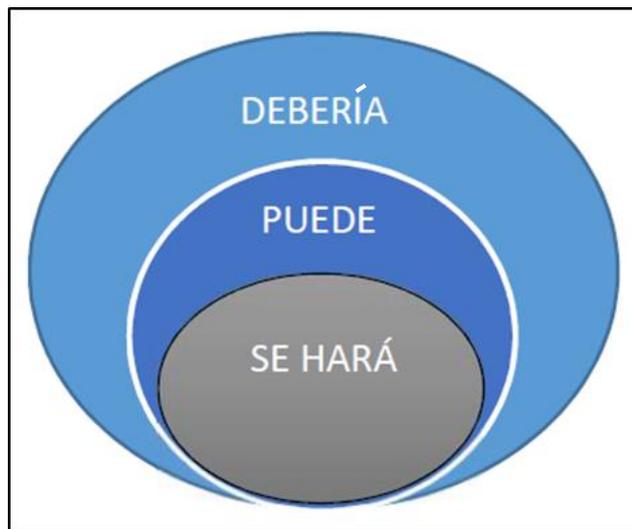
Figura N° 2: Planificación tradicional



Fuente: Un nuevo enfoque en la gestión: La construcción sin pérdidas, Alarcón & Armiñana (2008)

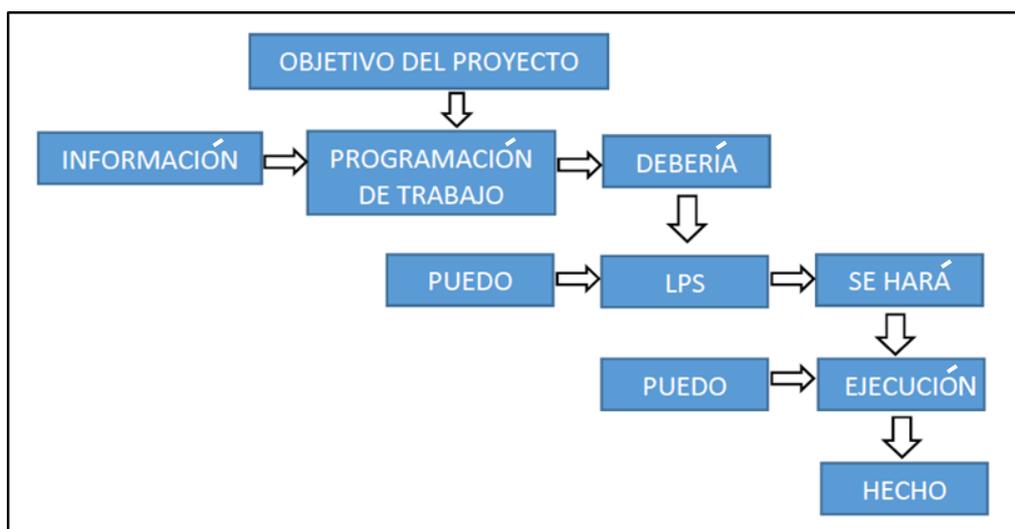
En la estructura del Last Planner System de igual manera que la anterior se desenvuelve en 3 niveles de planificación, planteando una cascada planificada que se basa en el trabajo sistemático desde la jerarquía más baja de planificadores a ellos se les denomina el último planificador. Ballard propone que las actividades se dividen en 3 categorías: Deben, pueden y se Harán.

Figura N° 3: Planificación lean



Fuente: Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas, Alarcón & Armiñana (2008)

Figura N° 4: Sistema de planificación Lean

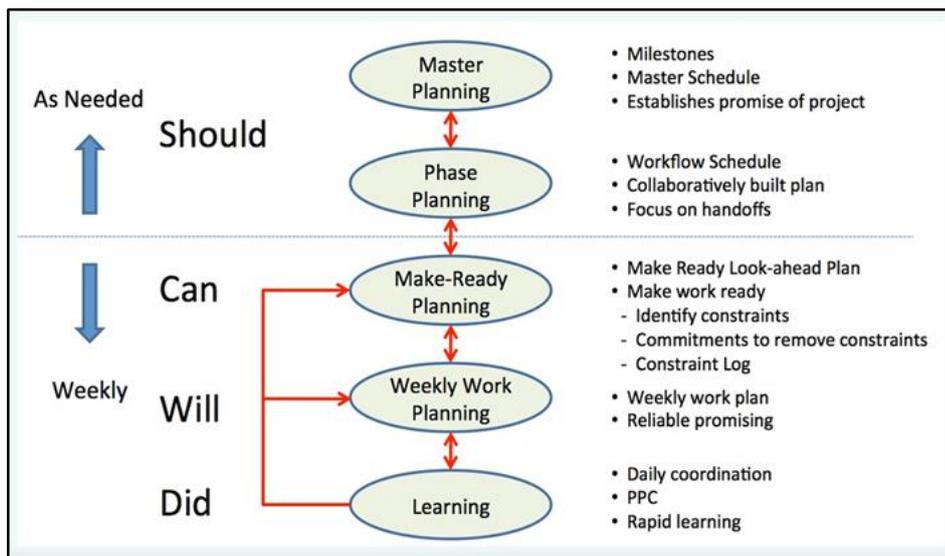


Fuente: Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas, Alarcón & Armiñana (2008)

2.2.7. Planificación Maestra

La planificación Maestra consiste en hacer una programación general y basarse en hitos para cumplir los objetivos para lo cual es necesario desarrollar una planificación por fases. El sistema está organizado en 5 partes principales como lo muestra la figura siguiente:

Figura N° 5: Sistema del último planificador



Fuente: Lean Construction México (2020)

2.2.8. LookAhead

El Lookahead Planning empleado como una especie de cronograma que permite ejecutarlo a mediano plazo, y está contenido en el segundo nivel dentro la jerarquía de planificación, situándose después del Master Schedule. Aquí se diseña un cronograma de actividades que debe realizarse máximo entre 6 – 8 semanas. Además, este cronograma es comparable al Master Schedule; no en tanto, el primero está centrado en desarrollar el proyecto en un futuro cercano, mientras el otro usa un tiempo determinado.

En cada asignación, se realiza un Análisis de Restricciones, que visa saber que se debe hacer, visando tener todo listo para que se ejecute. Lo primordial es

adicionar únicamente actividades que se encuentren listas a ser llevadas a cabo de acuerdo al programa. (Ortiz, 2022)

2.2.9. Análisis de Restricciones

Este análisis permite identificar que obstáculos impiden que se desarrollen actividades o se ocasionen retrasos en estas. Después de haberse definido tareas dentro del Lookahead Schedule, se inicia a desarrollar el análisis de restricciones basado a cada asignación, visando identificar que componentes impiden a que una asignación se logre cumplir en un tiempo proyectado. Así, es primordial que el nivel de desglosamiento referente al cronograma maestro se presente lo más detallado. Básicamente, se busca llevar a cabo el análisis de restricciones que visa mermar las tareas que se puedan ejecutar (Workable Backlog), dado que pueden estar libres y prontas a ser programadas. (Herrera et al. 2015, p. 35)

2.2.10. Plan de trabajo semanal

Según **Herrera, O. & Sánchez, J. (2015)** consideran en su investigación que el nivel final para planificar es referido al Plan de Trabajo Semanal (PTS) quien es responsable de exponer el mayor nivel de detalle previo a que se haga una tarea. Este plan está basado en medir que se cumpla las actividades planificadas, así como también identificar y analizar porque no se cumplió lo planificado. Partiendo de este último, puede concluirse que el PTS busca controlar cada unidad de producción.

Por medio de la medición sobre el cumplimiento de las actividades mencionadas previamente, se intenta lograr asignaciones más confiables (asignaciones de calidad) usando para ello continuo aprendizaje e implantación de acciones correctivas. Las asignaciones de calidad deberían mostrar las siguientes características:

- El trabajo se llega a seleccionar visando una correcta secuencia.
- Es escogido la cantidad de trabajo adecuado.
- El trabajo seleccionado se pueda ejecutar (pp. 39 – 40)

2.2.11. Sectorización

Para **Casahuamán, L. & Luján, J. (2015)** en su trabajo de investigación mencionan que: este proceso se encarga en dividir una actividad o tarea realizada en la obra entre sectores o áreas. Cada sector debe poseer una parte equitativa y pequeña correspondiente al área total, asimismo, debe poseer volúmenes similares para cada sector. Además, cada tarea debe ser realizadas por cada sector tiene que ser completada en un mismo plazo de tiempo (pp. 46)

La sectorización es tomada como una herramienta Lean dado que visa en mermar los residuos en ambos sobreproducción y sobredimensionamiento de cuadrillas. Para llevar a cabo una correcta sectorización, debe tomarse en cuenta los metrados de cada partida a sectorizar de modo que tal metrado se divida de forma equitativa usando la cantidad de sectores trabajados inicialmente. Después de ello se puede notar si esta distribución es factible, y si no es, se regresa al inicio.

Si es caso fuese que sea factible, se continua con la iteración de sectores, en pocas palabras se trabaja ya usando el plano buscando esquematizar en este cuando influenciara cada sector y se tomara en consideración restricciones encontradas en cada partida (pp. 46 – 47)

2.2.12. Tren de Actividades

En una investigación realizada por **Casahuamán, L. & Luján, J. (2015)** hacen referencia sobre El Tren de Trabajo (Tren de Actividades) consiste en llevar a cabo una charla desarrollada por una empresa, asimismo, es un sistema de

producción continua, considerado pieza vital para la etapa de flujos eficientes, dado que cuando este se aplica permite alcanzar un estado óptimo del Sistema. Además, esta metodología aporta para optimizar actividades usualmente secuenciales y repetitivas. Estos trenes muestran procesos o actividades que son denominados estaciones de trabajo y que se programan de manera secuencial, haciendo que una quede atrás de otra, y en función a este comportamiento debe hacerse un balance de cuadrillas buscando terminar determinada sección de trabajo usando un tiempo determinado y uniformizado durante todo el proyecto a realizar. Para que se realice esta actividad es necesario primero desarrollar una etapa previa que es conocida como la sectorización (pp. 45 – 46)

2.2.13. PPC (Porcentaje de Plan Cumplido)

Una vez ejecutado el plan semanal se mide el Porcentaje de plan cumplido para medir la efectividad de los trabajos ejecutados. Este porcentaje mide las actividades cumplidas y se realiza de la siguiente manera:

Figura N° 6: Porcentaje de plan cumplido.

$$\text{PPC} = \frac{\text{TOTAL DE ACTIVIDADES CUMPLIDAS}}{\text{TOTAL DE ACTIVIDADES PROGRAMADAS}} \times 100\%$$

Fuente: Ballard 1999 what is Lean Construction. En: Seventh Conference of the International Group for Lean Construction.

2.3. Definición de términos básicos

Lean Construction. Es un enfoque de gestión de proyectos que nos ayuda a diseñar sistemas de producción en un entorno dinámico con el objetivo de maximizar el valor para el cliente a través de un esfuerzo permanente centrado en la eliminación y reducción de desperdicios, un término complejo de visualizar

pero que una vez que se materializa y aplica, nos ayuda a mejorar tremendamente los procesos. (S10, 2020)

Lean Production. Metodología relacionada a la línea de producción, que fue desarrollada en principio por la empresa de autos Toyota, también denominado Sistema de Producción Toyota (TPS, siglas en inglés), o Producción Justin-Time. Esta metodología prima en mermar o eliminar elementos que no aporten sobre el valor de los productos. Lean production basado a sus principios también es considerado como Pensamiento Lean. (Maldonado, 2017, p. 12).

Diseño Lean. Empieza cuando se realiza una planificación empresarial, seguido de valida el plan de negocios, si se nota que este plan de inicio es factible se culmina cuando el cliente decide soportar económicamente o no el proyecto. El Diseño Lean en la fase inicial, parte aplicando el método de Presupuesto Meta, usando todos los elementos del diseño de ingeniería detalladamente (Maldonado, 2017, p. 29).

Ejecución Lean. Inicia cuando se hace entrega de los materiales, información, componentes o herramientas, e información necesaria para ejecutar la obra o realizar la instalación, y culmina cuando se termine las instalaciones y se pone en marcha la infraestructura o edificio (Maldonado, 2017, p. 29).

Last Planner (LP). Referido al último planificador, que usualmente lo hace el jefe, capataz o encargado de la obra. Este personaje es quien tiene la capacidad de asegurar el flujo laboral. El LPS lo faculta para que este cumpla con sus compromisos partiendo de una situación real relacionado a un puesto de trabajo, sin la aplicación de bases teóricas. Es un sistema Pull diferente al sistema Push, dado que su actividad en aguas abajo dentro la cadena de flujo de valor encargado de marcar la tira y demanda y no de forma inversa como sucede en un sistema

tradicional, donde actividades aguas arriba hacen que la producción relacionada a actividades aguas abajo, quienes producen cuellos de botella, exceso espera e inventario y otros desperdicios. (Maldonado, 2017, p. 33)

Incertidumbre. En la construcción existen muchas circunstancias y factores que pueden llevar a no concluir con las actividades planeadas debido a la variabilidad de los factores que existen durante la construcción.

Restricción. Factor o condición que se plasme a través de una fallar para poder ejecutar una actividad, o descrito de otra manera, algún factor o condición que interrumpa el flujo de trabajo continuo de una actividad. Basado en ello, puede presentarse restricciones que no permitan que se inicie una actividad (falta de planos, falta de materiales), o que sea obligatorio pararla si está ya se inició (problemas de calidad, condiciones de seguridad) o que impida que sea finalizada (protocolos, chequeos, controles). (Pons, 2019, p. 47)

Planificación basada en el compromiso. Un sistema de planificación donde se basa en cumplir lo planificado en base al compromiso del equipo de trabajo.

Sectorización. Sirve para sectorizar el área de trabajo. Para esto debe estar bien definido el método constructivo, obtener el metraje de cada actividad general usando cada unidad definida, siendo preferible los m³, m², o metros lineales, que después serán divididos estos metrados por la cantidad de sectores con los que se desarrollara la obra, tomando en cuenta el cuidado de los sectores que posean similares cantidades de elementos especiales a realizar dentro de él. Esto evita a que se generen adelantos o atrasos basado a un desbalance durante la capacidad de producción de las cuadrillas, considerando en todo momento criterios estructurales y de construcción que tengan efecto negativo sobre la calidad de la obra. (Castro, 2014 p. 36)

Una vez definido los sectores y las actividades de la sectorización se tienen que dar a conocer al personal involucrados en estos trabajos de forma clara y visible de preferencia en un mural para que contribuya a dar órdenes, tomar mediciones y controlar la ejecución de las actividades programadas. (Castro, 2014 p. 36)

Programación de Obra. Proporciona un marco de referencia partiendo de la metodología de secuencias, interrelaciones y tiempos, para poder llevar a cabo en conjunto cada actividad que posee la etapa de construcción. Además, opta una función de síntesis, en donde integra como intervienen los grupos de trabajo y contratistas, permitiendo que se logre de manera coordinada realizar todas las actividades planteadas (Habit).

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La implementación de herramientas Lean Construcción en la fase de planificación del proyecto influirán significativamente en la productividad del casco estructural del proyecto Tres Regiones viéndose de esta manera el ahorro en tiempo y esfuerzo durante una supuesta construcción más adelante.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- Los resultados de la implementación de herramientas Lean Construcción frente al sistema tradicional que se desarrolló en el proyecto Tres Regiones, se comportaran positivamente e influirán significativamente para proyectos futuros de la empresa Constructora Remanso S.A.C.
- La comparación de los resultados del proyecto Tres Regiones sin filosofía Lean Construcción está en desventaja frente a la filosofía de Lean Construcción,

ya que se utilizaron las herramientas pertinentes lo que es muy beneficioso para la empresa.

- Entre las herramientas de Lean Construcción que se aplicaran en la fase de planificación para realizar la comparación del presente estudio de investigación son: Sectorización por frentes (o trenes) de trabajo, Programación de obra mediante un cronograma maestro y programación de obra mediante un cronograma por fases (sectorización).

2.5. Identificación de Variables

2.5.1. Variable dependiente

En la productividad del casco estructural del proyecto Tres Regiones – Cercado de Lima

2.5.2. Variable independiente

Implementación de herramientas Lean Construcción.

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

El presente estudio de investigación presenta la siguiente Operacionalización de variables e indicadores:

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Métodos e instrumentos
<p>Variable Independiente</p> <p>Implementación de herramientas Lean Construcción.</p>	<p>El Lean Construcción es una filosofía que cambia la perspectiva de construcción tradicional con innovadoras sistemas de gestión y principios que nos sirven durante todo el proceso de los proyectos.</p> <p>El termino Lean Construcción también es conocido como construcción sin pérdidas.</p>	<p>La implementación consistirá en aplicar la filosofía Lean Construcción en el proyecto Tres Regiones que fue construido sin la filosofía de Lean Construcción (metodología tradicional), el cual nos permitirá comparar ambos para luego identificar el grado de influencia que podría generar en los futuros proyectos de la empresa constructora Remanso S.A.C. sirviendo de base o ejemplo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Sectorización - Tren de actividades - <u>Last Planner System.</u> 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Metrados</u> balanceados por sectores. - Cuadrillas de trabajos por especialidades - Porcentaje de cumplimiento 	<p>Instrumentos:</p> <p>Herramientas Lean Construcción en la fase de planificación, como son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sectorización por frentes (o trenes) de trabajo, - Programación de obra mediante un cronograma maestro, y - Programación de obra mediante un cronograma por fases (sectorización). <p>Metodología:</p>
<p>Variable Dependiente</p> <p>En la productividad del casco estructural del proyecto Tres Regiones – Cercado de Lima.</p>	<p>La productividad es la relación entre la cantidad de productos utilizados para determinada actividad y los recursos necesarios para obtener dicha producción, mientras el tiempo sea más corto de obtener los resultados requeridos, más productivo sea el sistema.</p>	<p>Con la información disponible que se tiene del proyecto Tres Regiones, si se puede aplicar herramientas de Lean en la fase de planificación, como son: Sectorización por frentes (o trenes) de trabajo, Programación de obra mediante un cronograma</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Eficiencia - Efectividad - Calidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Grado de utilización de la mano de obra. - Grado de alcanzar los objetivos propuestos. - Grado de cumplir con los requisitos propuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se aplicará la metodología <u>Last Planner (LP)</u>
		<p>maestro, y programación de obra mediante un cronograma por fases (sectorización). Con ello se podrá comparar ambos resultados. De esa manera se verá el ahorro en tiempo y esfuerzo durante una supuesta construcción más adelante.</p>			

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es de campo o aplicada, porque se aplicaron ciertos conceptos teóricos por medio de las herramientas de Lean Construcción que consiste en la maximización del valor o del producto minimizando los desperdicios o pérdidas, así mismo de conceptos prácticos y científicos que permitieron mejorar la productividad en la obra de construcción del proyecto Tres Regiones del cercado de Lima.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es Aplicativo, porque nos permitió resolver problemas o intervenir para generar cambios en busca de minimizar los desperdicios o pérdidas en el proceso de la construcción del casco estructural del proyecto Tres Regiones del cercado de Lima. Así mismo enmarcará a la innovación técnica e industrial como la científica. Las técnicas estadísticas del control de calidad apuntan a evaluar el éxito de la intervención sobre la población

en cuanto a proceso, resultados e impactos, como también a evaluar, controlar y calibrar. (Moreno, 2016)

3.3. Métodos de investigación

La presente investigación presenta como método cuantitativo dado que responde a ser un método estructurado que recopiló y analizó la información que se obtuvo de diferentes fuentes. Este proceso se llevó a cabo con el uso de herramientas matemáticas y estadísticas con el propósito de cuantificar el problema de investigación. Por tanto, para la empresa constructora Remanso S.A.C. esta investigación cuantitativa podrá ayudar a la mejora de sus productos y servicios o en la toma de decisiones exactas e informadas que ayuden a conseguir los objetivos establecidos. (Question Pro, 2022)

3.4. Diseño de investigación

Diseño no experimental del tipo Prospectivo porque se recolectaron información empleando diversos criterios técnicos tomado en cuenta por los investigadores buscando lograr hipótesis y objetivos propuestos. Para Ñaupas, et al, 2018 el diseño de investigación es un instrumento de dirección esquematizado que aplica un investigador para relacionar y controlar las variables de estudio. (Villar, 2021 p. 67)

3.5. Población y muestra

La investigación tiene por población de estudio al proyecto de la empresa “Constructora Remanso S.A.C.” en el cercado de lima.

Y como muestra se tiene al Casco estructural del proyecto Tres Regiones del cercado de Lima.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La filosofía Lean aplicó, entonces herramientas metodológicas en orden de reducir las pérdidas en todas aquellas actividades que involucra la producción en la construcción. Bajo este contexto, y considerando que lo objetivos del presente proyecto consisten en determinar las mejoras resultantes por la aplicación de la filosofía Lean en el proyecto “Tres Regiones”, se emplea algunas de estas herramientas que se consideren apropiadas según el nivel de avance del proyecto de construcción y según los antecedentes o material disponible del proyecto como base de la presente tesis.

Se aplicaron una serie de herramientas que a continuación se presenta:

- A. Sistema de Gestión Last Planner (LP)
- B. Cronograma Maestro Sectorizado
- C. Tren de Actividades
- D. Cronograma Maestro Sectorizado

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El pensamiento Lean Construcción se aplica en cada etapa de un proyecto, desde su diseño, hasta su construcción. Si bien el diseño ya está hecho, y no es parte del alcance de la tesis, el pensamiento Lean puede aplicarse a la planificación de la construcción. No es posible aplicar herramientas de Lean para una supuesta fase de construcción porque el proyecto ya se ha construido y no se puede simular un avance de construcción por día o por semana; no sería un fundamento para hacer válida el resultado de la hipótesis.

Por lo tanto, con la información disponible del proyecto Tres Regiones, sí se puede aplicar herramientas de Lean en la fase de planificación, como son: Sectorización por frentes (o trenes) de trabajo, Programación de obra mediante

un cronograma maestro, y programación de obra mediante un cronograma por fases (sectorización), Con ello se podrá comparar ambos resultados, es decir que la planificación sin filosofía Lean Construcción (método tradicional aplicado), y la planificación con esta filosofía de Lean Construcción, así podrá ver el ahorro en tiempo y esfuerzo durante una supuesta construcción más adelante.

3.8. Tratamiento Estadístico

El procesamiento se hizo utilizando tablas en Excel, utilizando plantillas, gráficos, Layout de obra entre otros que se requiera.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

El presente estudio de investigación se realizó tomando como referencia estudios de otros autores el cual fue citado como fuentes de información. Se utilizaron los datos obtenidos en la mencionada obra (Tres Regiones) solo para el presente estudio y los resultados obtenidos fueron analizados éticamente como datos de investigación. Todo el estudio estuvo enmarcado en el cumplimiento del mandato previsto del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

CAPÍTULO IV

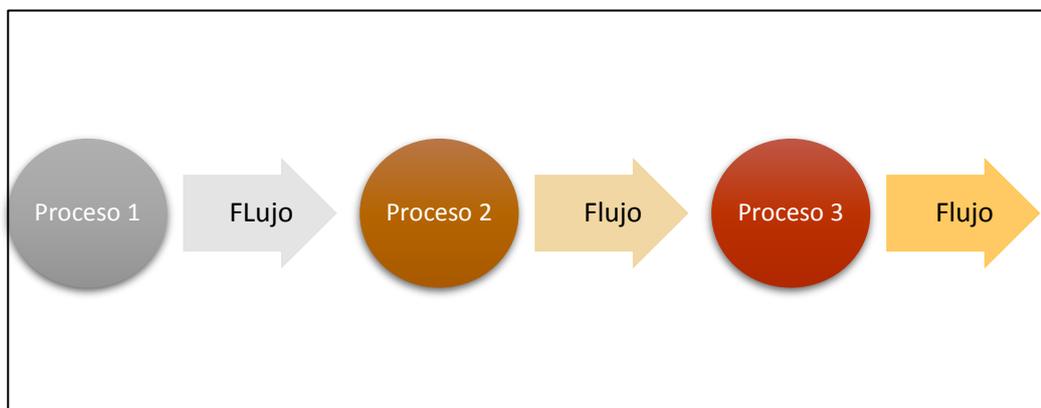
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Lean Construcción

Según lo explicado en los capítulos anteriores, Lean Construcción nace como una filosofía de producción que consiste en la maximización del valor o del producto minimizando los desperdicios o pérdidas. Estos últimos se agrupan en dos tipos, desperdicios en los flujos de trabajo y desperdicios en los procesos.

Figura N° 7: Diagrama de producción

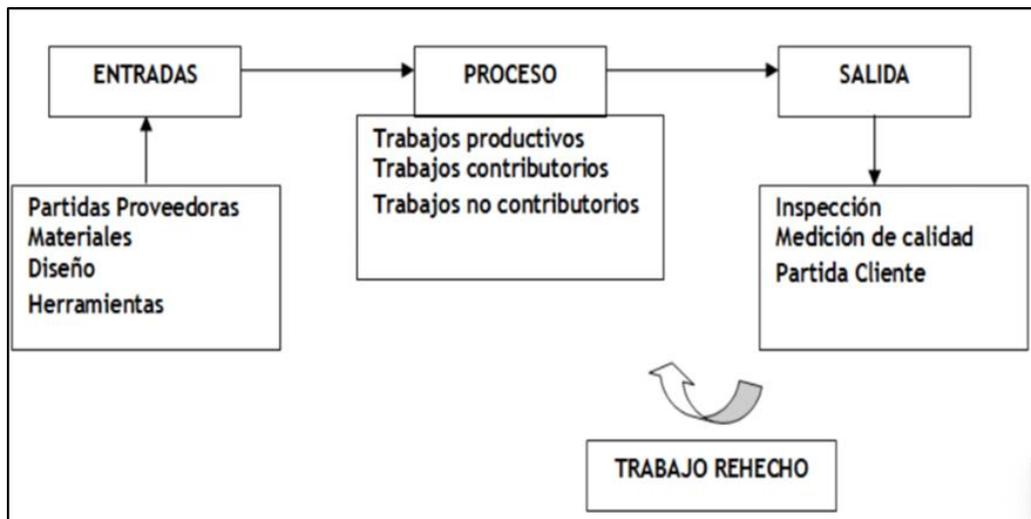


Fuente: Propia

En la imagen anterior, se muestra la relación constante entre el flujo de trabajo y los procesos de trabajo. Ambos se relacionan de forma que las pérdidas en alguno de los conceptos, generarán la pérdida del valor de la producción, ya sea en términos de calidad, costo o tiempo. Algunos ejemplos de pérdidas por flujo de trabajo son: la falta de información, falta de recursos, de equipos, de órdenes, etc.

Así mismo, se ha desagregado el concepto de los tipos de trabajo en cada proceso existente: trabajos, productivos, contributorios, y no contributorios. De modo esquemático, se presenta a continuación el detalle de cualquier proceso en un proyecto de construcción.

Figura N° 8: Proceso de un proyecto de construcción



Fuente: Propia

Se observa que los 3 tipos de trabajos mencionados anteriormente, influyen completamente en el desarrollo del proceso. La filosofía Lean aplicará, entonces, herramientas metodológicas en orden de reducir las pérdidas en todas aquellas actividades que involucra la producción en la construcción.

Bajo este contexto, y considerando que los objetivos del presente proyecto consisten en determinar las mejoras resultantes por la aplicación de la filosofía Lean en el proyecto “Tres Regiones”, se emplea algunas de estas herramientas que se consideren apropiadas según el nivel de avance del proyecto de construcción y según los antecedentes o material disponible del proyecto como base de la presente tesis.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

A continuación, se pasa a la presentación, análisis e interpretación de los resultados de la presente investigación, aplicando la filosofía Lean Construcción con las herramientas propuestas para la ejecución de ésta.

A. Sistema de Gestión: Last Planner

Se aplicará la metodología Last Planner (LP) o Último Planificador en relación a obtener una planificación diaria de las diversas actividades de la construcción del proyecto “Tres Regiones”. El concepto del LP se basa en lo que se Puede Hacer, se Debe Hacer y se Hará. Estas tres ideas se deben plasmar en un Cronograma Maestro, siendo este una programación general de la obra, en la cual se detallan los hitos por las fases que componen el proyecto.

Si bien este Cronograma Maestro se elabora para la gestión de la alta dirección de obra, este se compone por un Cronograma de Fases, cuyas actividades se realizan a través de trenes de actividades o las sectorizaciones de obra.

B. Fases del Proyecto

Son seis (06) las fases propuestas para el proyecto “Tres Regiones”.

- Fase 1 – Trabajos Preliminares y Movimiento de Tierras
- Fase 2 – Casco de obra del Segundo Sótano

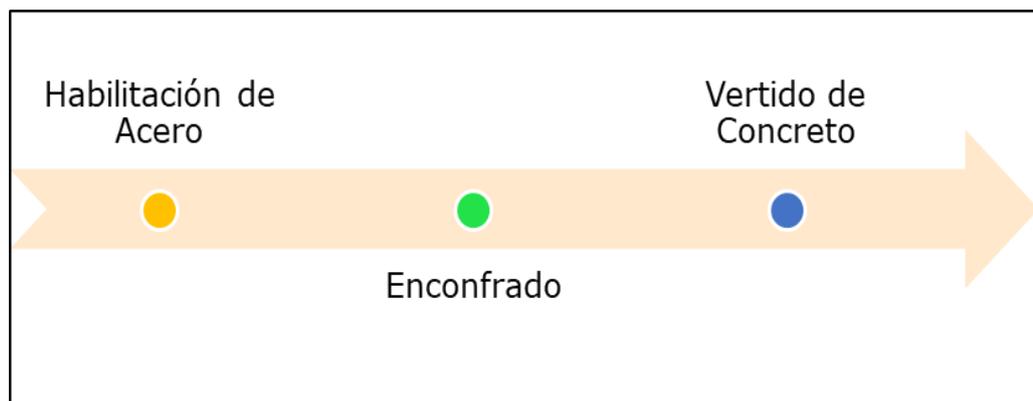
- Fase 3 – Casco de obra del Primer Sótano
- Fase 4 – Casco de obra del Primer Piso
- Fase 5 – Casco de obra del Segundo Piso
- Fase 6 – Casco de obra del Tercer Piso

Siendo asignadas estas fases, se desglosa cada fase en hitos como son: Habilitación de Acero, Encofrado y Vertido de Concreto. En los anexos del presente proyecto se presenta el Cronograma Maestro de Obra.

C. Tren de Actividades

Entendiéndose a los trenes de trabajo como la secuencia de actividades que fluyen como un tren, donde los vagones son las actividades, se establece el siguiente tren de actividades para le ejecución del casco de obra del proyecto “Tres Regiones”.

Figura N° 9: Tren de actividades para le ejecución del casco de obra del proyecto “Tres Regiones”



Fuente: Propia

D. Sectorización

Propuesto el tren de trabajo anterior, se establece que la sectorización de la obra se realizó bajo los siguientes criterios:

- **Área construida promedio:** Se espera que cada sector identificado abarque, en términos de área o superficie, la misma cantidad que los demás sectores.
- **Metrados promedio:** Se espera que cada sector identificado abarque, en términos de cantidad de trabajo, la misma que los demás sectores.
- **Tipo de obra:** La obra se sectorizó por el tipo de obra que se pretende realizar en todo el proyecto. Se puede sectorizar por torres o edificios, por tipo de cimentación, por tipo de aparcamiento (pórticos), por tipo de losa a implementar, por intervenciones especiales por arquitectura u obras de arte.
- **Ubicación:** La obra se sectorizó proyectando un trabajo continuo sin mayores movilizaciones o transporte de recursos. Los sectores serán tal que se permita el flujo de trabajo constante.

Bajo estas consideraciones, el proyecto “Tres Regiones” se ha dividido en 4 sectores a nivel de sótanos y 4 sectores a nivel de pisos superiores.

Lean Construcción en la fase de Sectorización del Casco estructural del proyecto Tres Regiones – Cercado de Lima y se muestran en las siguientes tablas:

Tabla N° 2: Sectorización a nivel de sótanos Proyecto “Tres Regiones”

ÁREA DE SÓTANOS		1,102.40	m²
Sectores 1er y 2do Sótano	S1	207.50	m ²
	S2	273.00	m ²
	S3	263.00	m ²
	S4	358.90	m ²

Fuente: Propia

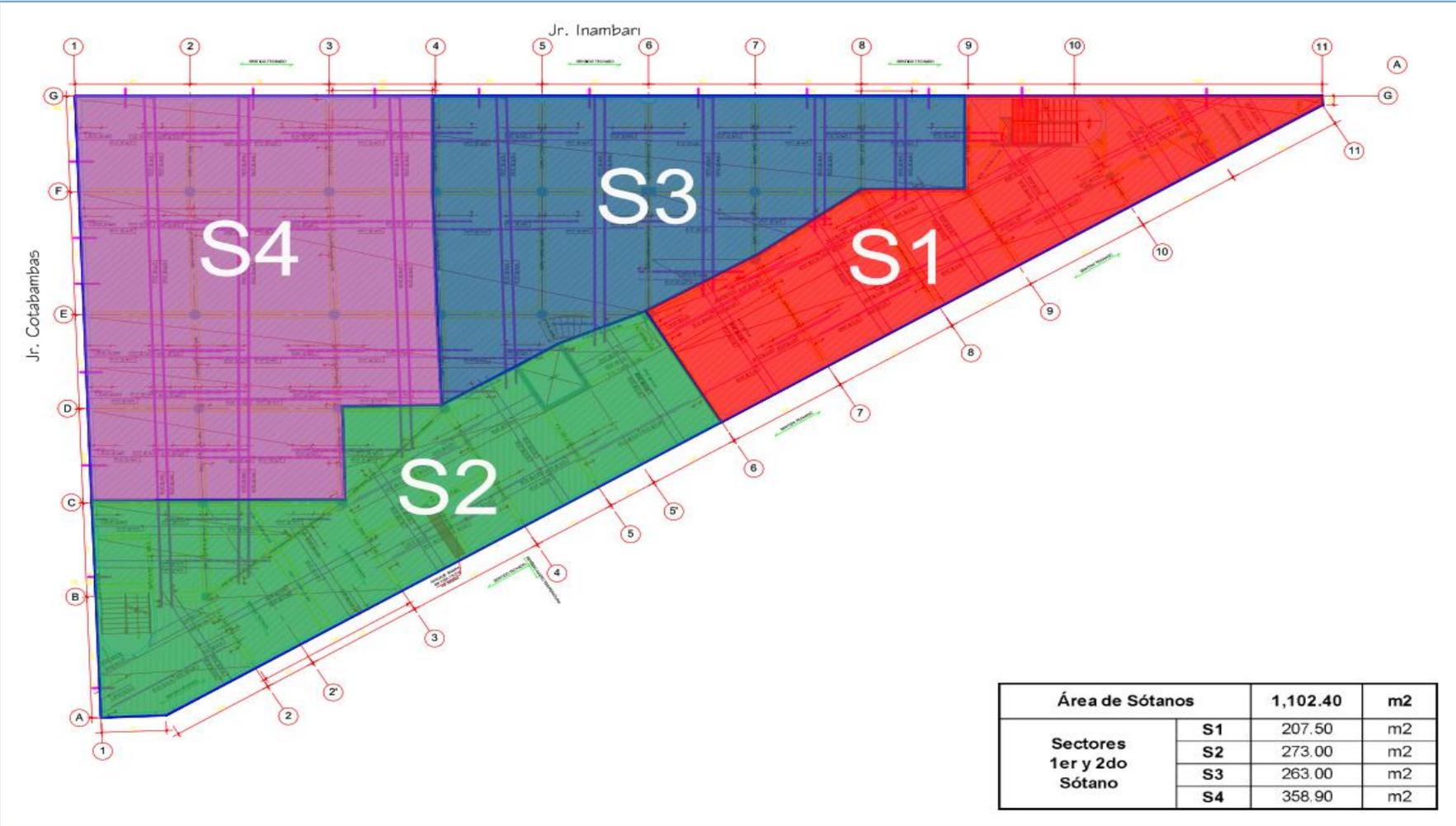
Tabla N° 3: Sectorización a nivel a nivel de pisos superiores Proyecto “Tres Regiones”

ÁREA DE PISOS SUPERIORES		902.31	m²
Sectores 1er, 2do y 3er Piso	S1	207.50	m ²
	S2	264.30	m ²
	S3	170.51	m ²
	S4	260.00	m ²

Fuente: Propia

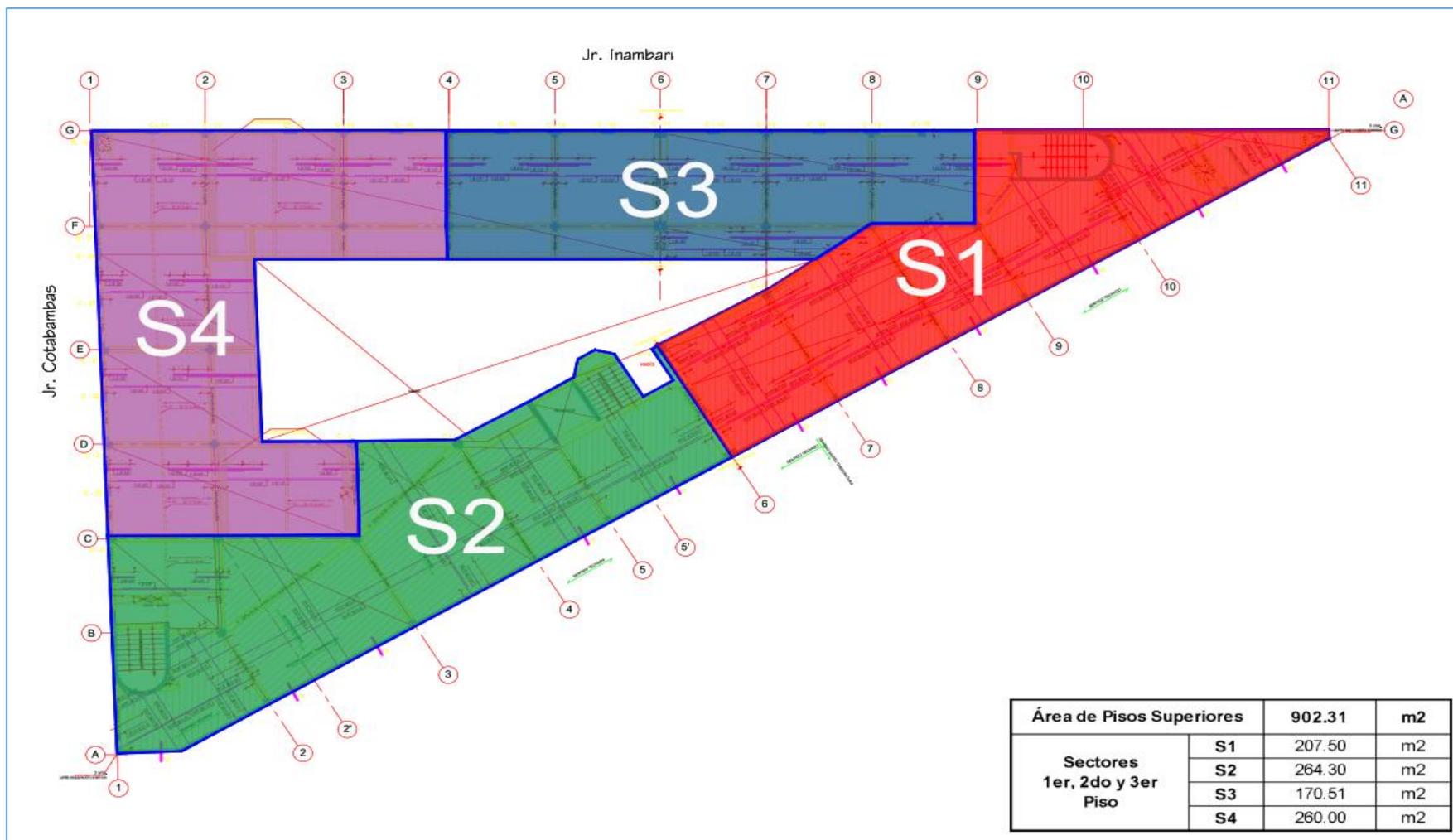
Como se aprecia en las tablas anteriores, la sectorización obedece al primer y segundo criterio marcado anteriormente. Posteriormente, y tal como se observa en la siguiente imagen, la ubicación de los sectores es tal que se permite un flujo adecuado de los trenes de trabajo. Del mismo modo, se evitan las pérdidas de tiempo en transporte de recursos.

Gráfico N° 1: Sectorización a nivel de sótanos - Proyecto “Tres Regiones”



Fuente Propia

Gráfico N° 2: Sectorización a nivel a nivel de pisos superiores Proyecto “Tres Regiones”



Fuente: Propia

Finalmente, se ha designado a los sectores 1 y 2 como aquellos con tipo de losa maciza en todo el proyecto; mientras que los sectores 3 y 4 corresponden a un tipo de obra con losa aligerada. De este modo, se otorga 2 conceptos totalmente claros del tipo de trabajo a realizar, lo cual permite mayor comprensión del mismo y por ende mejores rendimientos.

E. Cronograma por Fases (por sectorización)

En los anexos, se presenta el Cronograma por Fases del proyecto, el cual obedece los lineamientos del Lean Construcción.

Se ha verificado que el cronograma real del proyecto, tiene como fecha de inicio 13 de enero del 2017, por lo que el cronograma por fases también se proyectó a iniciar en la misma fecha. Por otro lado también, como parte de los antecedentes del proyecto, la empresa contratista ha considerado el inicio del casco de obra con fecha 30 de enero del 2017, finalizando el 18 de agosto del 2017. Dato importante a extraer de este último documento es que la duración es de 201 días.

Se debe tomar en cuenta que la presente investigación tiene como alcance el análisis del casco de obra (llámese así al conjunto de cimientos, muros, columnas, vigas y losas). Es por ello que el cronograma por fases se enfoca en esas estructuras. De modo que, optando por una producción sectorizada de cada elemento estructural, se puede verificar que no existe holguras en el desarrollo de la obra.

Si se puede apreciar que las partidas de Escaleras y Rampas generan holguras extensas. Esto se explica porque el desarrollo del cronograma se basa en casco de obra, por lo que esas holguras podrían ser empleadas para el desarrollo de otras actividades de arquitectura, instalaciones u complementarias.

Por lo tanto, el caso de obra de acuerdo al cronograma por fases elaborado inicia el 27 de enero del 2017 y termina el 28 de junio del mismo año, tomándose 12 días previamente para las obras provisionales. En total, basándonos en la filosofía Lean Construcción, el casco de obra se programa para una duración de 155 días.

A continuación, se presenta en las siguientes tablas 4 y 5 el Cronograma por Fases del proyecto y el Cronograma Maestro Sectorizado respectivamente, los cuales obedecen los lineamientos del Lean Construcción.

4.3. Prueba de Hipótesis

Contrastando la hipótesis del presente estudio de investigación se tiene lo siguiente:

Hipótesis general, menciona que la implementación de herramientas Lean Construcción en la fase de planificación del proyecto influirán significativamente en la productividad del casco estructural del proyecto Tres Regiones viéndose de esta manera el ahorro en tiempo y esfuerzo durante una supuesta construcción más adelante.; por tanto, luego de realizar la correcta implementación de la filosofía Lean Construcción con las herramientas pertinentes para el caso, se determinó que al aplicarlos se presenta una optimización en el ahorro en tiempo y esfuerzo que de alguna manera influirá en los costos durante la ejecución del proyecto, es por eso que su nivel de implementación fue el adecuado y el que se esperaba, finalmente se concluye que la hipótesis general es **VÁLIDA O ACEPTADA**.

Hipótesis específica 1, menciona que los resultados de la implementación de herramientas Lean Construcción frente al sistema tradicional que se desarrolló en el proyecto Tres Regiones, se comportaran positivamente e influirán significativamente para proyectos futuros de la empresa Constructora Remanso S.A.C.; entonces, luego de realizar la aplicación de las herramientas según sea el caso se determinó que las herramientas implementadas lograron los objetivos propuestos y esperados frente al sistema tradicional que es a favor de la empresa constructora lográndose un buen porcentaje de actividades cumplidas, finalmente se concluye que la hipótesis específica 1 es **VÁLIDA O ACEPTADA** también.

Hipótesis específica 2, menciona que la comparación de los resultados del proyecto Tres Regiones sin filosofía Lean Construcción está en desventaja frente a la filosofía de Lean Construcción, ya que se utilizaron las herramientas pertinentes lo que es muy beneficioso para la empresa, por tanto luego de realizar la aplicación de las herramientas Lean Construcción según era el caso se determinó que se obtuvo una mejora en la productividad del casco estructural del proyecto “Tres Regiones” en el ahorro de tiempo y esfuerzo, por tanto el sistema tradicional está en amplia desventaja a la aplicación o implementación de la filosofía de Lean Construcción; finalmente se concluye que la hipótesis específica 2 es VÁLIDA O ACEPTADA.

Hipótesis específica 3, menciona que entre las herramientas de Lean Construcción que se aplicaran en la fase de planificación para realizar la comparación del presente estudio de investigación son: Sectorización por frentes (o trenes) de trabajo, Programación de obra mediante un cronograma maestro y programación de obra mediante un cronograma por fases (sectorización); es así que, luego de realizar la aplicación de las herramientas de sectorización por frentes, programación de obra (cronograma maestro y cronograma por fases) se determinó que se obtiene una significativa mejora en la productividad del casco estructural del proyecto “Tres Regiones” que servirá de base para otros proyectos de construcción de la empresa constructora Remanso S.A.C.; finalmente se concluye que la hipótesis específica 3 es VÁLIDA O ACEPTADA también.

4.4. Discusión de resultados

Del desarrollo anterior se logran discutir los siguientes resultados:

1. La programación de la obra elaborada bajo la metodología Last Planner (LP), de la filosofía Lean Construcción, dice que el casco de obra del proyecto

“Tres Regiones” se culminará en 155 días calendarios. A este cronograma lo llamaremos Programa Optimizado.

2. De acuerdo a los antecedentes mencionados del proyecto “Tres Regiones”, el casco de obra tendría una duración de 201 calendarios. A este cronograma le llamaremos Programa Real.

3. Ambos cronogramas se rigen por el mismo rendimiento presupuestado de partidas, a partir del Análisis de Costos Unitarios del proyecto.

4. Si bien se esperaba que el rendimiento sea el mismo para ambos casos, a modo de compararlos efectivamente, se obtiene que la productividad de las partidas del Programa Optimizado es mayor a comparación del otro.

Por ejemplo, tomando en cuenta el caso de los pisos superiores. Se tiene que, manteniendo el mismo metraje de las obras, y modificando la planificación de la obra y los rendimientos, la productividad se ve optimizada. Para tal caso dio uso a la siguiente formula:

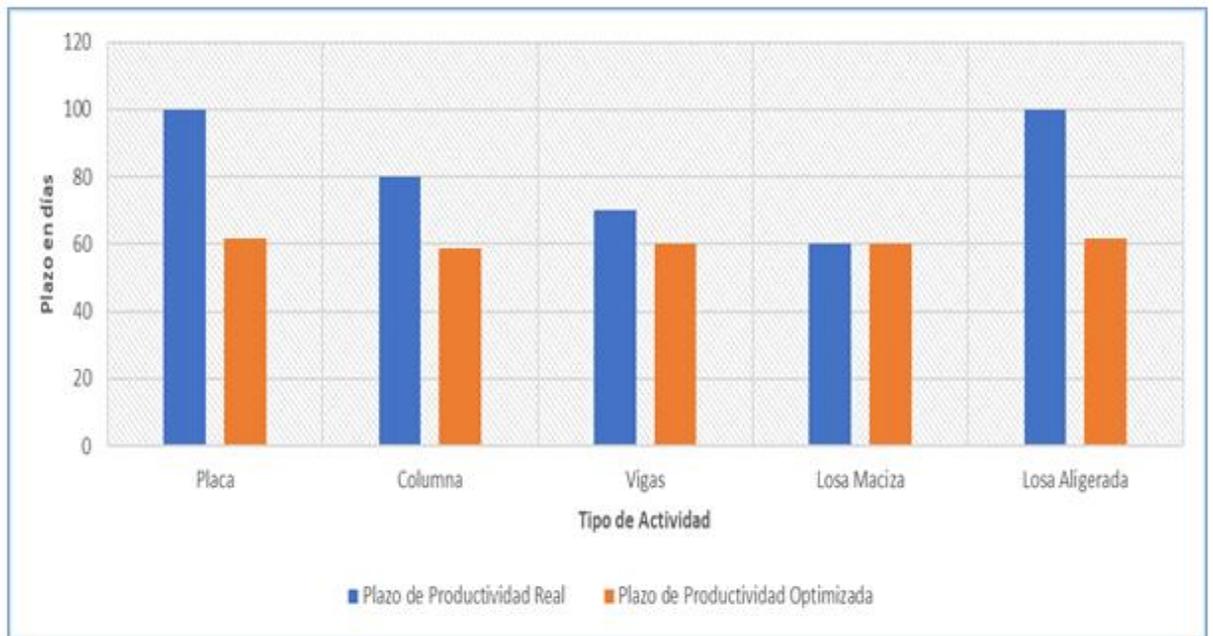
$$\text{Productividad} = \frac{\text{Cantidad de Actividad (metrado)}}{\text{Tiempo}}$$

Tabla N° 6: Productividad en pisos superiores del Proyecto “Tres Regiones”

Actividad	Programa Real			Programa Optimizado		
	Metrado	Plazo	Productividad Real	Metrado	Plazo	Productividad Optimizada
Placa	A	100 días	100%	A	62 días	+ 61%
Columna	B	80 días	100%	B	58 días	+ 38%
Vigas	C	70 días	100%	C	60 días	+ 17%
Losa Maciza	D	60 días	100%	D	60 días	+ 0%
Losa Aligerada	E	100 días	100%	E	62 días	+ 61%
Total		103 días	100%		75 días	+37%

Fuente: Propia

Gráfico N° 3: Productividad en pisos superiores del Proyecto “Tres Regiones”



Fuente: Propia

5. Se ve claramente que la productividad se ve favorecida bajo la filosofía del Lean Construcción. En solo el caso de los pisos superiores, se nota un aumento promedio de 37% de la productividad, lo que se traduce en una ganancia de tiempo de 28 días (22% del tiempo real programado).

6. En general, se tiene que, el casco de obra, según la filosofía Lean empleada, ha ahorrado un tiempo en su construcción de 46 días calendarios. Si este ahorro se traduce a términos económicos, se estima un valor ganado muy positivo.

7. Se determina finalmente que:

- La implementación de las herramientas de Lean Construcción influye positivamente en la productividad de la construcción del casco estructural del proyecto “Tres Regiones”.

- La implementación de la sectorización influye positivamente en la productividad de la construcción del casco estructural del proyecto “Tres Regiones”.
- La implementación del tren de actividades influye positivamente en la productividad de la construcción del casco estructural del proyecto “Tres Regiones”.

CONCLUSIONES

El presente estudio de investigación llega a las siguientes conclusiones:

- Cabe mencionar que la presente investigación sólo estuvo basada en la fase de planificación como son: Sectorización por frentes (o trenes) de trabajo, Programación de obra mediante un cronograma maestro y programación de obra mediante un cronograma por fases (sectorización), donde se pudo comparar ambos resultados, es decir comparar el proyecto sin filosofía Lean Construcción (datos reales del proyecto en construcción) con la planificación con la filosofía de Lean Construcción, y es así que se logró demostrar la gran eficacia del mencionado método de Lean Construcción.
- Si bien se esperaba que el rendimiento sea el mismo para ambos casos, a modo de compararlos efectivamente, se obtiene que la productividad de las partidas del Programa Optimizado es mayor a comparación del otro (productividad real).
- Entonces podemos fundamentar según los resultados obtenidos que la productividad se ve favorecida bajo la filosofía del Lean Construcción. Ya que, en solo el caso de los pisos superiores, se nota un aumento promedio de 37% de la productividad, lo que se traduce en una ganancia de tiempo de 28 días (22% del tiempo real programado), por tanto, la filosofía de Lean Construcción es una herramienta que funcionaria en todas las fases del proceso constructivo de una obra como es este el caso.
- En general, se tiene que, el casco de obra, según la filosofía Lean empleada, ha ahorrado un tiempo en su construcción de 46 días calendarios. Si este ahorro se traduce a términos económicos, se estima un valor ganado muy positivo.

- Entonces diremos que la implementación de las herramientas de Lean Construcción influye positivamente en la productividad de la construcción del casco estructural del proyecto “Tres Regiones”. Así mismo en la implementación de la sectorización influyendo positivamente en la productividad de la construcción del casco estructural del proyecto “Tres Regiones”.
- Así como también en la implementación del tren de actividades logrando influir positivamente en la productividad de la construcción del casco estructural del proyecto “Tres Regiones”.
- Concluyendo de forma general se tiene que la implementación de herramientas Lean Construcción en la fase de planificación del proyecto influirán significativamente en la productividad del casco estructural del proyecto Tres Regiones viéndose de esta manera el ahorro en tiempo y esfuerzo durante una supuesta construcción más adelante.; por tanto, luego de realizar la correcta implementación de la Filosofía Lean Construcción con las herramientas pertinentes para el caso, se determinó que al aplicarlos se presenta una optimización en el ahorro en tiempo y esfuerzo que de alguna manera influirá en los costos durante la ejecución del proyecto, es por eso que su nivel de implementación fue el adecuado y el que se esperaba, finalmente concluyéndose que la hipótesis general del presente estudio de investigación es VÁLIDA O ACEPTADA.

RECOMENDACIONES

1. Para la empresa Constructora Remanso S.A.C. que planifico el proyecto Tres Regiones ubicado en el Cercado de Lima con sistemas tradicionales y poco eficientes, se recomienda entonces tomar como base los resultados de la presente investigación, como propuesta del poder implementar las herramientas de Lean Construcción en todos sus proyectos posterior a esta, ya que queda demostrado su gran efectividad a favor de la empresa.
2. Para las empresas constructoras de nuestro medio y a nivel nacional aplicar la filosofía de Lean Construcción y de esa forma podrán ver el ahorro en tiempo y esfuerzo durante el proceso constructivo de una obra, lograrán maximizar sus procesos constructivos y mejorar sus tiempos de construcción que es parte primordial en la productividad del casco estructural de un proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angeli, C. (2017). Implementación del sistema Last Planner en edificación en altura en una empresa constructora: Estudio de casos de dos edificios en las comunas de Las Condes y San Miguel. Tesis de pregrado. Universidad Andrés Bello. Santiago-Chile.
- Alarcón, L., Armiñana, E., (2008). Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas, *Revista de Obras Públicas*, 3.496, 45–52.
- Ballard, G. (1999) what is Lean Construction. En: Seventh Conference of the International Group for Lean Construction, California- USA, IGLC, Paper 7.
- Botero, L., Álvarez, M. (2005). Last Planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción: estudio caso de la ciudad de Medellín, *Ingeniería y desarrollo*, 17, 148–159.
- Campana, R., Acosta, M. (2015). Aplicación de “Lean Thinking” a vaciados de concreto en obras de edificación (caso: ESAN – Santiago de Surco – Lima). Tesis de pregrado. Universidad de San Martín de Porres, Lima.
- Castro, J. & Pajares, J. (2014) Propuesta e implementación de Sectorización y trenes de trabajo para acabados interiores bajo la filosofía Lean Construction, en obras de construcción de viviendas masivas. Disponible en:
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/337104/CAS_TRO_EMJ%20y%20PAJARES_HEJ.pdf?sequence=1
- Casahuamán, L. & Luján, J. (2015) “Propuesta e implementación del Sistema Last Planner, en una empresa Constructora pequeña, en la Construcción de una agencia bancaria en Lima”

Cruz, V. y Rosa, P. (2007). Modelo de Planificación Basado en Construcción Ajustada para Obras de Corta Duración. Información Tecnológica. Ed. Nº 1. Vol.18. pp 107-118. Lisboa-Portugal

Guzmán, A. (2014). Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos. Tesis de pregrado. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Habit. Concepto: Programación de obra. Disponible en:

<https://www.habitcolombia.com/servicios-programacion-de-obra/#:~:text=La%20programaci%C3%B3n%20de%20Obra%20nos,compone%20la%20etapa%20de%20construcci%C3%B3n.>

Herrera, O. & Sánchez, J. (2015) Análisis de restricciones y productividad utilizando el sistema Last Planner para mejorar el flujo de trabajo en el túnel de presión en la central hidroeléctrica Quitaracsa I -2015.

Koskela, L. (1992). Application of the new production philosophy to construction. Stanford University, USA.

Lagos, C. (2017). Desarrollo e implementación de herramientas para el mejoramiento de la gestión de la información de last planner. Tesis de maestría. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago-Chile

Lean Construction Institute (2014). LCI Lean Project Delivery Glossary. (available at: www.leanconstruction.org/glossary.htm)

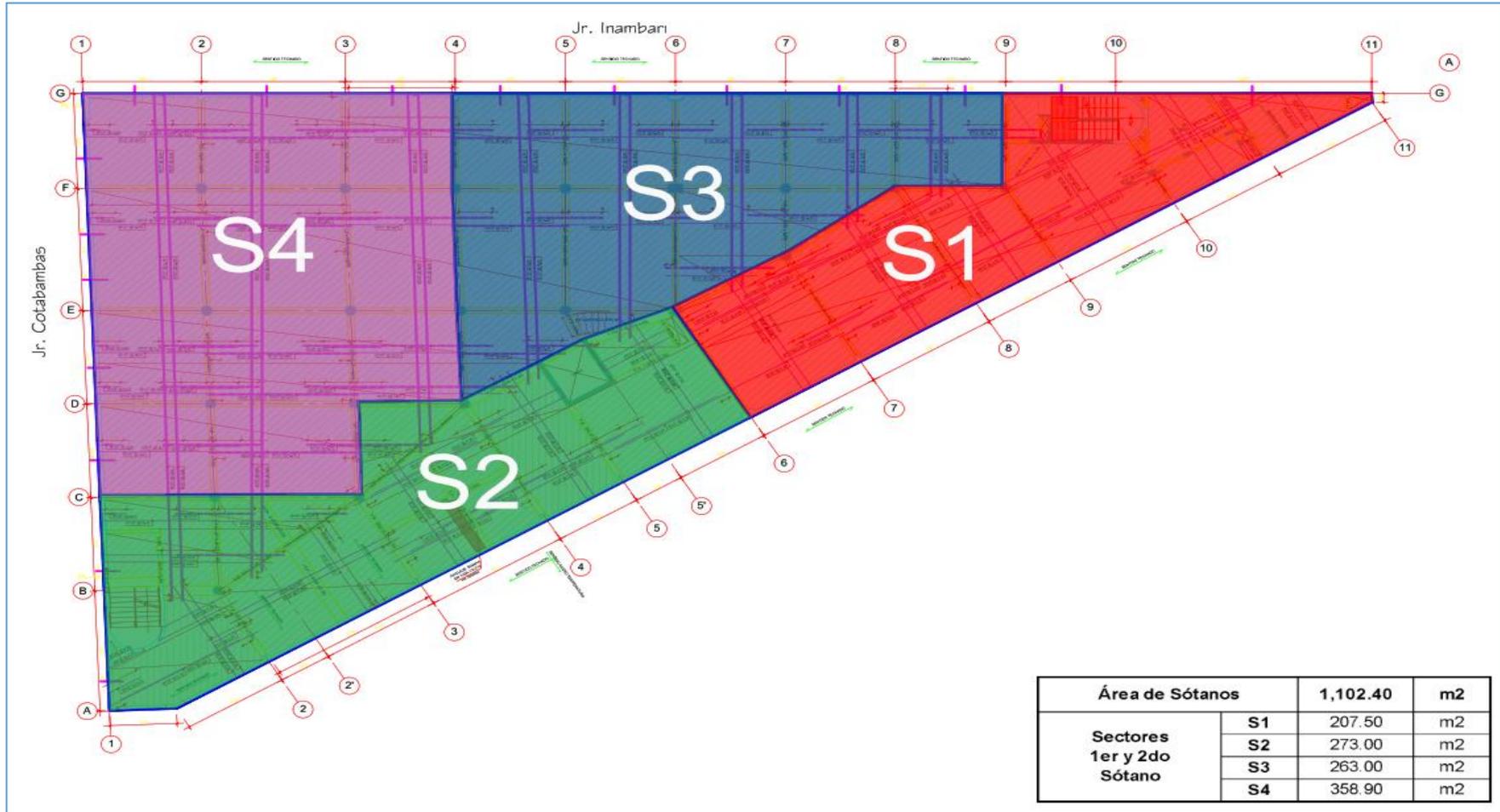
Lean Construction México (2020). ¿Qué es el sistema Last Planner? Disponible en: <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/qu%C3%A9-es-el-sistema-last-planner-1>

- Maldonado, E. (2017). “Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos en el proyecto de vivienda el nuevo Rancho, Surco, Lima”
- Moreno, E. (2016) Metodología de investigación, pautas para hacer Tesis. Disponible en: <https://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/>
- OVACEN (2020) ¿Qué es Lean Construction?: 7 Ventajas para mejorar la planificación. Disponible en: <https://ovacen.com/lean-construction/>
- Ortiz N. (2022) C - Ingeniería: Lookahead Planning: ¿En qué consiste? Disponible en: <https://cingeneria.pe/articulos/lookahead-planning-en-que-consiste/>
- Palomino, E. (2018). Aplicación de Herramientas Lean en planificación y control de producción en construcción de una edificación. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de
- Pons, J. (2014). Introducción al Lean Construction. Ed. N°1. Madrid-España.
- Pons, J. & Rubio, I. (2019) Colección guías prácticas de Lean Construction: Lean Construction y la planificación colaborativa metodología del Last Planner® System. Ed. N°1. pp 15-36. Madrid-España. Disponible en: <https://www.cgate.es/pdf/LEAN%20CONSTRUCTION%20PDF%20Web.pdf>
- Porras, H.; Sánchez, O. & Galvis J. (2014) Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual
- Questio Pro (2022) Investigación cuantitativa. Qué es y cómo realizarla. Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/que-es-la-investigacion-cuantitativa/#:~:text=La%20investigaci%C3%B3n%20cuantitativa%20es%20un.cuantificar%20el%20problema%20de%20investigaci%C3%B3n.>

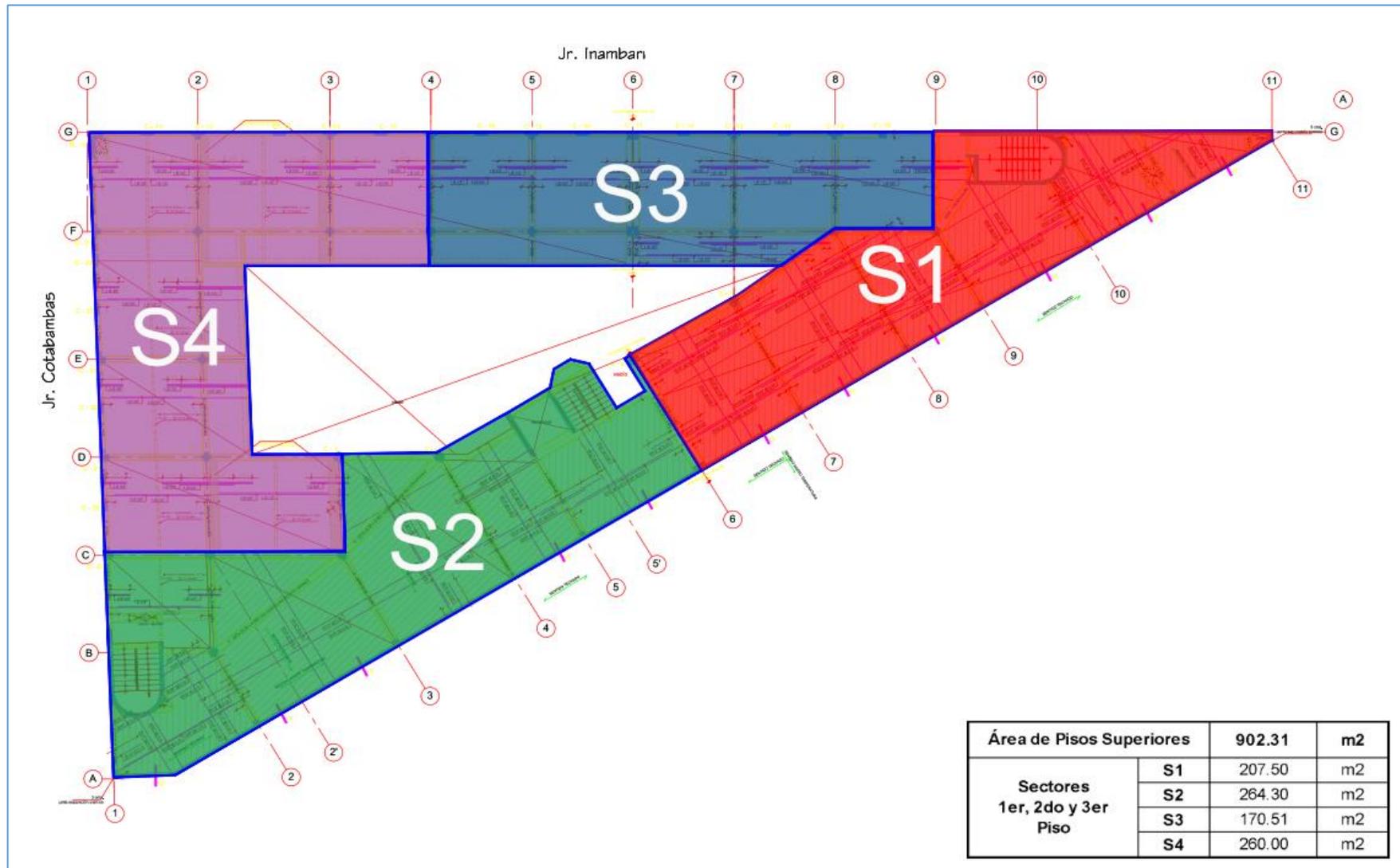
- Rojas, M.; Henao, M. & Valencia, M. (2017). Lean construction – LC bajo pensamiento Lean. Revista ingenierías Universidad de Medellín. Ed. N° 30. Vol.16. pp 115-128. Medellín-Colombia.
- S10 (2020) Sistema 10: ¿Qué es Lean Construction y cuáles son sus principios? Disponible en: <https://www.s10peru.com/que-es-lean-construction-y-cuales-pilares/>
- Sánchez, A., Rosa, D., Benavides, P. (2014). Implementación del sistema Lean Construction para la mejora de productividad en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas. Tesis de maestría. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Cusco
- Sihuay, N. (2016). Planificación colaborativa y medición simultánea de indicadores de seguridad y producción en el sistema Last Planner. Tesis de pregrado. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.
- Tucto, G. (2017). Metodología de aplicación de la filosofía lean Construction y Last Planner System en la región San Martín. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto.
- Villar, E. & Oblitas, J. (2021) Implementación de la metodología Lean Construction y las herramientas de la calidad para mejorar la productividad en la obra de reconstrucción y modernización de la institución educativa n°21508 ubicado en el distrito de Imperial - provincia de Cañete – departamento de Lima.

ANEXOS

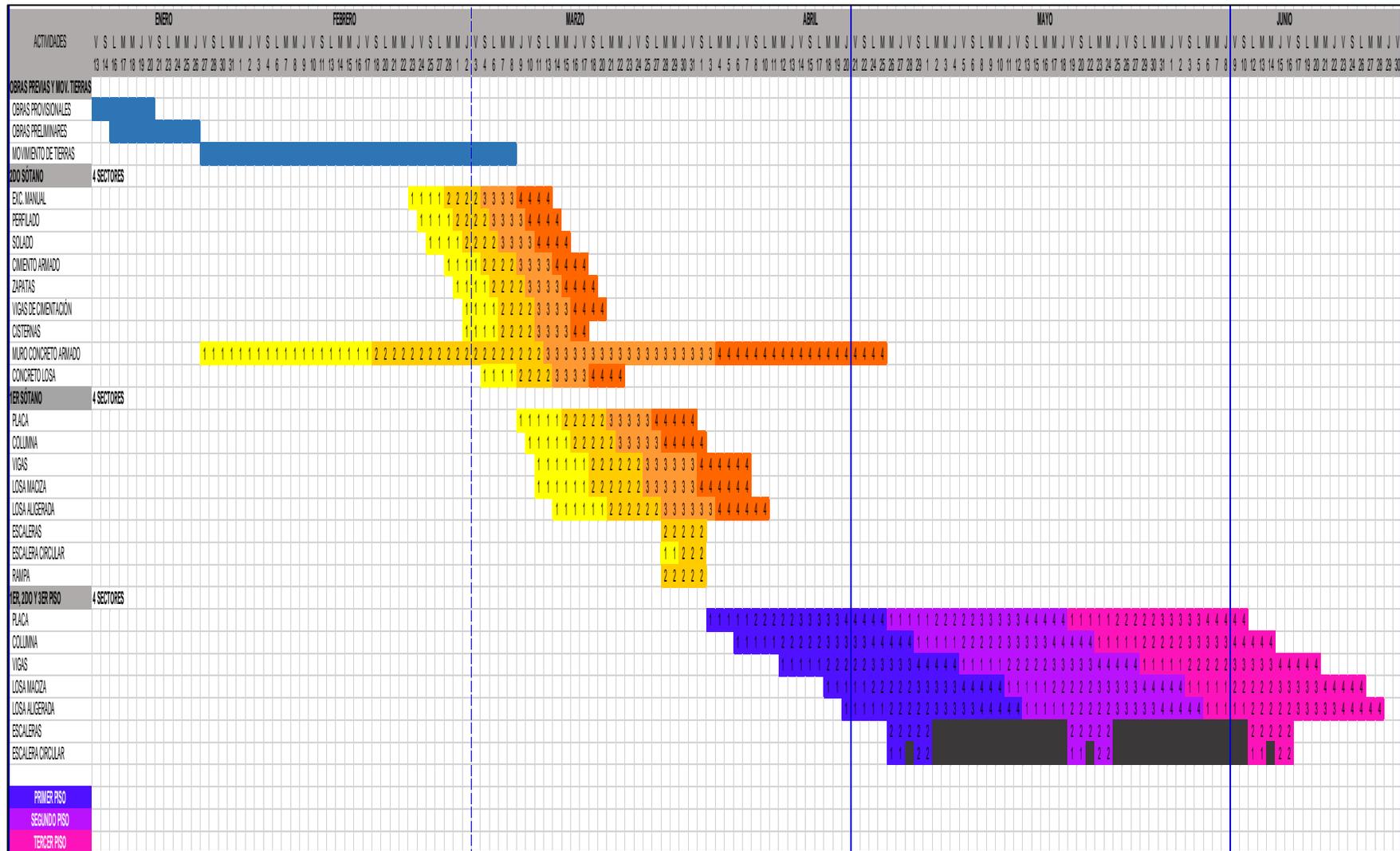
Anexo 1
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
SECTORIZACIÓN A NIVEL DE SÓTANOS - PROYECTO “TRES REGIONES”



SECTORIZACIÓN A NIVEL A NIVEL DE PISOS SUPERIORES PROYECTO “TRES REGIONES”



CRONOGRAMA POR FASES (POR SECTORIZACIÓN) PROYECTO “TRES REGIONES”



CRONOGRAMA MAESTRO SECTORIZADO PROYECTO – “TRES REGIONES”

		CRONOGRAMA MAESTRO																																		
		PROYECTO "3 REGIONES"																																		
		ENERO											MARZO						ABRIL						JUNIO											
ACTIVIDADES		V	S	L	L	M	M	J	V	S	L	M	M	M	J	M	J	V	S	L	M	M	L	M	M	J	V	S	M	M	J	V	M	M	J	V
		13	14	16	23	24	25	26	27	28	30	31	1	8	9	22	23	31	1	3	4	5	24	25	26	27	28	29	20	21	22	23	27	28	29	30
OBRAS PREVIAS Y MOV. TIERRAS																																				
2DO SÓTANO																																				
1ER SÓTANO																																				
1ER, 2DO Y 3ER PISO																																				

Anexo 2

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variabes	Metodología
<p>Problema general</p> <p>¿En qué medida la implementación de herramientas Lean Construcción en la fase de planificación del proyecto influirán en la productividad del casco estructural del proyecto Tres Regiones viéndose el ahorro en tiempo y esfuerzo durante una supuesta construcción más adelante?</p> <p>Problemas específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo se comportarán e influirán los resultados de la implementación de herramientas Lean Construcción frente al sistema tradicional que se desarrolló en el proyecto Tres Regiones? 	<p>Objetivo general</p> <p>Determinar si la implementación de herramientas Lean Construcción en la fase de planificación del proyecto influirán en la productividad del casco estructural del proyecto Tres Regiones viéndose el ahorro en tiempo y esfuerzo durante una supuesta construcción más adelante.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar cómo se comportan e influyen los resultados de la implementación de herramientas Lean Construcción frente al sistema tradicional que se desarrolló en el proyecto Tres Regiones. 	<p>Hipótesis general</p> <p>La implementación de herramientas Lean Construcción en la fase de planificación del proyecto influirán significativamente en la productividad del casco estructural del proyecto Tres Regiones viéndose de esta manera el ahorro en tiempo y esfuerzo durante una supuesta construcción más adelante.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> Los resultados de la implementación de herramientas Lean Construcción frente al sistema tradicional que se desarrolló en el proyecto Tres Regiones, se comportaran positivamente e influirán significativamente para proyectos futuros de la empresa Constructora Remanso S.A.C. 	<p>Variable Dependiente</p> <p>En la productividad del casco estructural del proyecto Tres Regiones – Cercado de Lima</p> <p>Variable Independiente</p> <p>Implementación de herramientas Lean Construcción</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <p>El tipo de investigación es de campo o aplicada, porque se aplicaron ciertos conceptos teóricos por medio de las herramientas de Lean Construcción que consiste en la maximización del valor o del producto minimizando los desperdicios o pérdidas, así mismo de conceptos prácticos y científicos que permitieron mejorar la productividad en la obra de construcción del proyecto Tres Regiones del cercado de Lima.</p> <p>Nivel de Investigación</p> <p>El nivel de la investigación es Aplicativo, porque nos permitió resolver problemas o intervenir para</p>

<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo comparar los resultados del proyecto Tres Regiones sin filosofía Lean Construcción, con la filosofía de Lean Construcción? • ¿Qué herramientas de Lean Construcción se pueden aplicar en la fase de planificación para realizar la comparación del presente estudio de investigación? 	<ul style="list-style-type: none"> • Comparar los resultados del proyecto Tres Regiones sin filosofía Lean Construcción, con la filosofía de Lean Construcción. • Identificar y determinar las herramientas de Lean Construcción que se pueden aplicar en la fase de planificación y poder realizar la comparación del presente estudio de investigación. 	<ul style="list-style-type: none"> • La comparación de los resultados del proyecto Tres Regiones sin filosofía Lean Construcción está en desventaja frente a la filosofía de Lean Construcción, ya que se utilizaron las herramientas pertinentes lo que es muy beneficioso para la empresa. • Entre las herramientas de Lean Construcción que se aplicaran en la fase de planificación para realizar la comparación del presente estudio de investigación son: Sectorización por frentes (o trenes) de trabajo, Programación de obra mediante un cronograma maestro y programación de obra mediante un cronograma por fases (sectorización). 	<p>generar cambios en busca de minimizar los desperdicios o pérdidas en el proceso de la construcción del casco estructural del proyecto Tres Regiones del cercado de Lima. Así mismo enmarcará a la innovación técnica e industrial como la científica. Las técnicas estadísticas del control de calidad apuntan a evaluar el éxito de la intervención sobre la población en cuanto a proceso, resultados e impactos, como también a evaluar, controlar y calibrar. (Moreno, 2016)</p> <p>Métodos de investigación</p> <p>La presente investigación presenta como método cuantitativo porque es un método estructurado que recopiló y analizó la información que se obtuvo de diversas fuentes. Este proceso se llevó a cabo con el uso de herramientas estadísticas y matemáticas con el propósito de cuantificar el problema de</p>
--	---	---	---

			<p>investigación. Por tanto, para la empresa constructora Remanso S.A.C. esta investigación cuantitativa podrá ayudar a la mejora de sus productos y servicios o en la toma de decisiones exactas e informadas que ayuden a conseguir los objetivos establecidos. (Question Pro, 2022)</p> <p>Diseño de investigación:</p> <p>Diseño no experimental del tipo Prospectivo porque se recolectaron información empleando diversos criterios técnicos por los investigadores buscando lograr hipótesis y objetivos propuestos. Para Ñaupas, et al, 2018 el diseño de investigación es un instrumento de dirección esquematizado que aplica un investigador para relacionar y controlar las variables de estudio. (Villar, 2021 pp. 67)</p>
--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

Procedimiento de validación y confiabilidad



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE LOS INSTRUMENTOS DE
INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y nombres del juez experto:

Matos Bendezú, Darwin Raúl

1.2. DNI n°: 47159410

1.3. Especialidad, Cargo e institución donde labora:

Ingeniero Civil
Consultor independiente

1.4. Grado del Juez experto:

Ingeniero

1.5. Nombre del proyecto del instrumento o motivo de evaluación:

"Implementación de herramientas Lean Construcción en la productividad del casco estructural del proyecto Tres Regiones – Cercado de Lima"

1.4. Autor del instrumento:

Bach. Erick Anthony, CESPEDES CUETO

1.5. Juicio de experto (Indicaciones):

1. La opinión que usted brinde es personal y sincera
2. Marque con una "X" dentro del cuadro de valoración, sólo una vez por cada criterio, el que usted considere su opinión sobre los instrumentos de investigación.

1.6. Instrumentos de investigación:

A: Se aplicará la metodología Last Planner (LP) como herramienta Lean Construction en la fase de planificación, como son:

- Sectorización por frentes (o trenes) de trabajo,

- Programación de obra mediante un cronograma maestro, y
- Programación de obra mediante un cronograma por fases (sectorización).

INDICADORES	CRITERIOS	TIPO DE VALORACIÓN				
		Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y comprensible.				X	
2. Objetividad	Permite medir hechos observables y están acorde con los objetivos planteados.				X	
3. Actualidad	Los instrumentos miden los indicadores que pretende medir				X	
4. Organización	Presentación ordenada				X	
5. Suficiencia	Los instrumentos son suficientes para las mediciones de todos los indicadores.			X		
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos sobre comprensión espacial (identifica, señala y ubica)				X	
7. Consistencia	Los objetivos y las variables están formulados de acuerdo que puedan ser medibles y comprobados.				X	
8. Coherencia	Entre los objetivos, variables e indicadores.				X	
9. Metodología	Se aplica la metodología Last Planner (LP) como herramienta Lean Construction en la fase de planificación y responden al propósito de la investigación.					X
10. Aplicación	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente.				X	

Fuente: Propia

Muchas gracias por su respuesta.

Julio del 2022


 Firma del Juez experto
 Ing. Darwin Matos Bendezi

Procedimiento de validación y confiabilidad



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE LOS INSTRUMENTOS DE
INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y nombres del juez experto:

DELZO CUYUAGAMBA, Franco Daniel

1.2. DNI n°: 70437688

1.3. Especialidad, Cargo e institución donde labora:

PROJECT MANAGER, ING. CIVIL

GEODISTA, ENGENNERING SPA EN EL PERÚ

1.4. Grado del Juez experto:

SUPERIOR

1.5. Nombre del proyecto del instrumento o motivo de evaluación:

"Implementación de herramientas Lean Construcción en la productividad del casco estructural del proyecto Tres Regiones – Cercado de Lima"

1.4. Autor del instrumento:

Bach. Erick Anthony, CESPEDS CUETO

1.5. Juicio de experto (Indicaciones):

1. La opinión que usted brinde es personal y sincera
2. Marque con una "X" dentro del cuadro de valoración, sólo una vez por cada criterio, el que usted considere su opinión sobre los instrumentos de investigación.

1.6. Instrumentos de investigación:

A: Se aplicará la metodología Last Planner (LP) como herramienta Lean Construction en la fase de planificación, como son:

- Sectorización por frentes (o trenes) de trabajo,

- Programación de obra mediante un cronograma maestro, y
- Programación de obra mediante un cronograma por fases (sectorización).

INDICADORES	CRITERIOS	TIPO DE VALORACIÓN				
		Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y comprensible.				X	
2. Objetividad	Permite medir hechos observables y están acorde con los objetivos planteados.				X	
3. Actualidad	Los instrumentos miden los indicadores que pretende medir				X	
4. Organización	Presentación ordenada					X
5. Suficiencia	Los instrumentos son suficientes para las mediciones de todos los indicadores.				X	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos sobre comprensión espacial (identifica, señala y ubica)					X
7. Consistencia	Los objetivos y las variables están formulados de acuerdo que puedan ser medibles y comprobados.				X	
8. Coherencia	Entre los objetivos, variables e indicadores.				X	
9. Metodología	Se aplica la metodología Last Planner (LP) como herramienta Lean Construction en la fase de planificación y responden al propósito de la investigación.					X
10. Aplicación	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente.				X	

Fuente: Propia

Muchas gracias por su respuesta.

Julio del 2022


 Firma del Juez experto
 Ing. FRANCO DELIZO C.

Procedimiento de validación y confiabilidad



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE LOS INSTRUMENTOS DE
INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y nombres del juez experto:

TARAZONA FARFÁN, LUZ ELENA

1.2. DNI n°: 43333233

1.3. Especialidad, Cargo e institución donde labora:

ING. CIVIL
CONSULTOR INDEPENDIENTE

1.4. Grado del Juez experto:

SUPERIOR

1.5. Nombre del proyecto del instrumento o motivo de evaluación:

“Implementación de herramientas Lean Construcción en la productividad del casco estructural del proyecto Tres Regiones – Cercado de Lima”

1.4. Autor del instrumento:

Bach. Erick Anthony, CESPEDS CUETO

1.5. Juicio de experto (Indicaciones):

1. La opinión que usted brinde es personal y sincera
2. Marque con una “X” dentro del cuadro de valoración, sólo una vez por cada criterio, el que usted considere su opinión sobre los instrumentos de investigación.

1.6. Instrumentos de investigación:

A: Se aplicará la metodología Last Planner (LP) como herramienta Lean Construction en la fase de planificación, como son:

- Sectorización por frentes (o trenes) de trabajo,

- Programación de obra mediante un cronograma maestro, y
- Programación de obra mediante un cronograma por fases (sectorización).

INDICADORES	CRITERIOS	TIPO DE VALORACIÓN				
		Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y comprensible.				X	
2. Objetividad	Permite medir hechos observables y están acorde con los objetivos planteados.				X	
3. Actualidad	Los instrumentos miden los indicadores que pretende medir				X	
4. Organización	Presentación ordenada				X	
5. Suficiencia	Los instrumentos son suficientes para las mediciones de todos los indicadores.			X		
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos sobre comprensión espacial (identifica, señala y ubica)				X	
7. Consistencia	Los objetivos y las variables están formulados de acuerdo que puedan ser medibles y comprobados.				X	
8. Coherencia	Entre los objetivos, variables e indicadores.				X	
9. Metodología	Se aplica la metodología Last Planner (LP) como herramienta Lean Construction en la fase de planificación y responden al propósito de la investigación.				X	
10. Aplicación	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente.				X	

Fuente: Propia

Muchas gracias por su respuesta.

Julio del 2022



Firma del Juez experto

Ing. ... LUZ TARRAZONA