



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**SISTEMA LAST PLANNER PARA MEJORAR LA
PLANIFICACIÓN EN LA OBRA CIVIL DEL CENTRO DE SALUD
PICOTA - SAN MARTÍN**

**PRESENTADA POR
VICTOR HUGO CHOKEWANKA BLANCO
JOSUÉ ANDRÉS SOTOMAYOR CHÁVEZ**

ASESOR

JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2018



**Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada
CC BY-NC-ND**

Los autores permiten que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**SISTEMA LAST PLANNER
PARA MEJORAR LA PLANIFICACIÓN EN LA OBRA CIVIL
DEL CENTRO DE SALUD PICOTA - SAN MARTÍN**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

**CHOKEWANKA BLANCO, VICTOR HUGO
SOTOMAYOR CHÁVEZ, JOSUÉ ANDRÉS**

LIMA, PERÚ

2018

A Dios, por brindarnos sabiduría y guiar nuestro camino.

A mis padres y hermanos, quienes con amor me brindan apoyo incondicional, confianza y palabras de aliento.

Josué Andrés Sotomayor Chávez

A Dios, quien ilumina y guía nuestros pasos dándonos la fuerza necesaria para cumplir con los objetivos de nuestra vida.

A mis padres, por el apoyo incondicional y el amor que me han brindado durante toda esta etapa de aprendizaje. A mi hermana, por el cariño y la paciencia que me tuvo. A mi compañero de tesis, por el tiempo y la dedicación que tuvo para lograr nuestro objetivo.

Victor Hugo Chokewanca Blanco

A nuestros asesores, Ing. Alexis Samohod Romero e Ing. Juan Manuel Oblitas Santa María, quienes nos apoyaron con sus conocimientos y su confianza, y nos dieron palabras de aliento para lograr nuestro objetivo.

A nuestra alma mater, la Universidad de San Martín de Porres, por ser parte de nuestra formación profesional.

A los profesionales que trabajaron en la implementación de este proyecto, especialmente, al Ing. Javier Santa Cruz.

A todos ellos, gracias, y que Dios los bendiga.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Situación problemática	1
1.2 Definición del problema	2
1.4 Objetivos	4
1.5 Justificación	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la investigación	6
2.2 Bases teóricas	9
2.3 Definiciones y términos básicos	26
CAPÍTULO III. HIPÓTESIS, VARIABLES Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN	
3.1 Hipótesis y variables	30
3.2 Implementación del Sistema Last Planner	34
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA	

4.1	Diseño metodológico	49
4.2	Técnicas de recolección de datos	51
4.3	Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información	52
4.4	Diseño muestral	52
4.5	Aspectos éticos	53
CAPÍTULO V. RESULTADOS		
5.1	Análisis e interpretación de los resultados	54
CONCLUSIONES		74
RECOMENDACIONES		76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		77

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Operacionalización - variable dependiente	31
Tabla 2. Operacionalización - variable independiente	32
Tabla 3. Matriz de consistencia	33
Tabla 4. Cuadro de áreas de funcionamiento del proyecto	43
Tabla 5. Sectorización del proyecto Centro de Salud Picota - San Martín	45
Tabla 6. Dimensionamiento de cuadrillas	56
Tabla 7. Rendimiento Acumulado para concreto	58
Tabla 8. PPC semana 15 - Bloque E	60
Tabla 9: PPC semana 22 - Bloque E	60
Tabla 10. PPC semana 32 - Bloque E	60
Tabla 11. Resumen PPC Bloque E	61
Tabla 12. Resumen PPC Acumulado Bloque E	62
Tabla 13. PPC semana 13 Bloque F	64
Tabla 14. PPC semana 14 Bloque F	64
Tabla 15. PPC semana 15 Bloque F	65
Tabla 16. PPC semana 22 Bloque F	65
Tabla 17. PPC semana 32 Bloque F	65
Tabla 18. Resumen Bloque F	66
Tabla 19. Resumen Acumulado Bloque F	67
Tabla 20. Trabajo Productivo	69

Tabla 21. Trabajos Contributorios	70
Tabla 22. Trabajos no Contributorios	71

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Modelo de flujo de producción Lean Production	11
Figura 2. Los 7 principales desperdicios	12
Figura 3. Modelo de flujos no paren	14
Figura 4. Hitos de obra – Master Plan	14
Figura 5. LookAhead – LAP	15
Figura 6. LookAhead Planning – Semana 1	16
Figura 7. LookAhead Planning – ingreso nueva semana	16
Figura 8. Reglas LookAhead Planning	17
Figura 9. Plan Semanal de Producción	17
Figura 10. Control diario de Trabajo	18
Figura 11. Modelo de flujos eficientes	19
Figura 12. Tren de Avance	19
Figura 13. Modelo de procesos eficientes	20
Figura 14. Sistema Last Planner	21
Figura 15. Esquema Last Planner	22
Figura 16. Estructura fundamental del Sistema Last Planner	23
Figura 17. Plan de Cumplimiento PPC	24
Figura 18. Planeamiento LookAhead	25
Figura 19. Sistema Pull	26
Figura 20: Fases de implementación del Sistema Last Planner	34
Figura 21. Enfoque del Sistema Last Planner	35

Figura 22. Diapositiva para inducción a la filosofía Lean	37
Figura 23. Diapositiva valor perdida	38
Figura 24. Diapositiva lotes de producción	38
Figura 25. Diapositiva aplicación del Sistema Pull	39
Figura 26. Diapositiva diseño de operaciones	39
Figura 27. Diapositiva LAP y Análisis de Restricciones	40
Figura 28. LookAhead Planing Centro de Salud Picota	40
Figura 29. Diapositiva Porcentaje Plan de Cumplimiento (PPC)	41
Figura 30. Diapositiva Reunión Semanal de Producción	41
Figura 31: Ubicación del proyecto	42
Figura 32. Sectorización Centro de Salud Picota	43
Figura 33. Sectorización del proyecto	44
Figura 34. LookAhead Planning Obra Centro de Salud Picota	46
Figura 35. Organigrama de obra	46
Figura 36. Metrado por sector del proyecto	56
Figura 37. Histograma y campana de Gauss	57
Figura 38. Curva de Producción de concreto	58
Figura 39. PPC Bloque E	62
Figura 40. PPC Acumulado Bloque E	63
Figura 41. PPC Bloque F	67
Figura 42. PPC Acumulado Bloque F	68
Figura 43. Trabajo Productivo	69
Figura 44. Trabajo Contributorio	70
Figura 45. Trabajo No Contributorio	71
Figura 46. Carta Balance	72
Figura 47. Curva S Centro de Salud Picota	72

RESUMEN

La presente investigación denominada Sistema Last Planner para mejorar la planificación en la obra civil del Centro de Salud Picota – San Martín, sustenta el impacto que tiene la implementación de una herramienta de gestión de productividad en el control y mejora de la construcción, mediante el diseño de un Sistema de Producción Eficiente.

Se tiene como objetivo demostrar que al implementar este sistema de planificación se reducirá el tiempo de ejecución en la construcción del proyecto Centro de Salud Picota, lo que beneficiará a la población local. Para lograr esto, se utilizarán las siguientes herramientas: planificación maestra, planeamiento LookAhead y Porcentaje de Plan de Cumplimiento de las actividades programadas.

Las capacitaciones al personal de obra y las Reuniones Semanales son el método a emplear para evaluar el estado del proyecto y cumplir con los objetivos del mismo.

Esta investigación demostró que implementar el Sistema Last Planner puede reducir el tiempo y optimizar recursos en la ejecución de la obra civil, permitiendo cumplir con los plazos establecidos en el expediente técnico del proyecto.

Palabras claves: Sistema Last Planner, planeamiento LookAhead, planificación maestra.

ABSTRACT

The present investigation named Last Planner System to improve the planning in the Civil works of the Health Center in Picota - San Martín, shows the way in which the implementation of this productivity management tool in the control and construction improvement, through the design of an Efficient Production System.

The objective is to demonstrate that by implementing this planning system the construction's execution time of the Picota Health Center project will be reduced, which will benefit the local population. To achieve this, the following tools will be used: Master Planning, LookAhead Planning and Percent Plan Complete of programmed activities.

Training to the construction personnel/workers and weekly meetings are the method to evaluate the status of the project and meet its objectives.

This investigation had shown that implementing the Last Planner System can reduce the execution time and optimize resources in the execution of civil works, allowing the accomplishment of deadline times established in the project's Technical File.

Keywords Last Planner System, LookAhead Planning, Master Plan.

INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción en el Perú, actualmente está pasando por uno de los mejores momentos gracias a la inversión que hay en el sector público y privado. Asimismo, el incremento de la población conlleva a la necesidad de ejecutar obras como centros de salud, colegios, pistas, entre otros; y todo ello se convierte en una gran oportunidad para las constructoras y empresas afines.

En la presente investigación, se dará a conocer las herramientas del Sistema Last Planner en la obra Centro de Salud Picota; el citado sistema utiliza la filosofía Lean Construction, que permite optimizar la utilización de recursos, mejorar la productividad y cumplir con el plazo de entrega que requiere el proyecto.

Debido a que los proyectos no cuentan con una planificación de obra para la ejecución o utilizan sistemas de planificación tradicionales donde las programaciones se realizan el mismo día y no hay control de materiales u horas hombres empleadas, es que no cumplen con los plazos, o peor aún, son abandonados a mitad de su ejecución.

El objetivo de esta tesis es implementar el sistema del último planificador y sus herramientas, las cuales son: plan maestro, planeamiento LookAhead y Porcentaje de Plan de Cumplimiento en la construcción del proyecto centro de Salud Picota San Martín.

Se tiene como hipótesis que la implementación del Sistema Last Planner, en este proyecto, logrará cumplir con el cronograma de obra y/o reducir los tiempos programados para el proyecto, lo que beneficiará a la población local sin generar sobrecostos o sobretiempos por mala planificación.

Debido a que todos los proyectos son distintos entre sí, cada uno tendrá diferentes niveles de complejidad, en este caso en particular el Centro de Salud Picota se ubica en la selva del Perú donde las principales limitaciones son la accesibilidad y el clima. Con el Sistema Last Planner se busca reducir el impacto que se tendrá por las limitaciones mencionadas.

Esta investigación está dividida en cinco capítulos. En primer lugar, se tiene el planteamiento del problema donde se evaluará la situación actual del proyecto para plantear los objetivos de esta tesis.

En segundo lugar, se desarrollará el marco teórico donde se tienen los antecedentes, las bases teóricas y las distintas definiciones y términos que serán utilizadas en el desarrollo de esta investigación.

En tercer lugar, se planteará la hipótesis que se quiere demostrar en esta investigación junto con las variables que servirán de indicadores según se vaya desarrollando esta tesis.

En cuarto lugar, se desarrolla la metodología que se empleará en la tesis, se definen el diseño metodológico y las técnicas de recolección de datos por medio de estadísticas.

Por último, se presentarán los resultados, conclusiones y recomendaciones que demostraran si se ha cumplido con la hipótesis planteada en esta investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación problemática

La planificación tradicional de obra se basa en realizar el plan de obra con fechas programadas, visualizando la duración de las partidas, así como el plazo total de ejecución de obra, sin embargo, no se tiene la certeza de cómo se puede cumplir con los plazos de ejecución planificados. Dicha planificación es elaborado por los responsables a cargo en base a experiencia en otras obras, donde se utilizan diversas herramientas como el MS Project, diagrama de Gantt, PERT, CPM, entre otros; y no se planifica de manera adecuada el uso óptimo de los recursos, el plan de ataque de obra, la secuencia de actividades mediante un correcto diseño de lote de producción y dimensionamiento de cuadrillas, cronogramas de adquisiciones de materiales, liberaciones de restricciones, entre otros factores que son determinantes durante la ejecución de la obra.

Los factores mencionados conllevan al atraso, entregas fuera de plazo y grandes pérdidas para la empresa. Es decir, no se busca reducir la variabilidad de la obra y generar flujos continuos.

Cada proyecto es independiente y por ello sus necesidades en la planificación varían, no obstante, todos requieren una adecuada planificación mediante herramientas de gestión como es el caso del

Sistema Last Planner, cuyo objetivo es reducir la variabilidad de los factores externos que se presentan a nivel climatológico y social, así como, los factores internos que están referidos al uso óptimo de los recursos.

Según Ballard, G., 1994, p. 1-1, existen diversos motivos por los cuales esta planificación tradicional no se cumple:

- La planificación tradicional se basa en la destreza del ingeniero a cargo de la programación de la obra.
- Se mide lo realizado contra lo programado en obra, pero no se mide el desempeño de la habilidad y destreza para planificar.
- Este último punto conlleva a que no se analicen los errores de la planificación y sus causas, y por lo tanto a que no se genere un aprendizaje.
- Plazos del proyecto cortos que necesitan un sistema de control para no generar penalidades por sobretiempos.
- Descoordinación con subcontratistas y adquisición de recursos por falta de planificación.

Los puntos mencionados por Ballard refieren que, en la planificación tradicional, la variabilidad en obra es alta y hay factores determinantes que no se previenen correctamente, lo que genera incertidumbre, tiempos improductivos y descoordinaciones entre las áreas involucradas.

La falta de herramientas de gestión para la planificación de la obra es un riesgo potencial, ya que puede verse afectada directamente en el plazo, así como en el costo final de la obra, es por ello que se opta por la implementación de la herramienta del Sistema Last Planner.

1.2 Definición del problema

Debido a la planificación tradicional que se realiza en obras, existe una gran incertidumbre sobre cómo se puede alcanzar la meta de las fechas programadas mediante un plan de obra eficiente. En el caso de las obras de provincia, por la lejanía con la capital y por la falta de

disponibilidad inmediata de recursos idóneos, cualquier error en la planificación será crítico e impactará directamente en el plazo y costo del proyecto. Por lo tanto, se debe realizar una correcta planificación con herramientas de gestión con el fin de minimizar la pérdida de los recursos, tiempos o esfuerzos en orden de generar el máximo valor posible.

Este es el caso de la obra “Mejoramiento de los Servicios de Salud, en el Establecimiento de Salud de Picota, Provincia de Picota – Región de San Martín”, que debido a la mala planificación y la falta de claridad en el flujo de procesos, cayó en atraso en el mes 4 de la obra civil, viendo la necesidad de implementar una herramienta de gestión la cual permita el uso óptimo de los recursos, crear sistemas flexibles que se adapten a los requerimientos del cliente, reducir pérdidas, incrementar la confiabilidad de la planificación de la obra civil (entre lo que se debió ejecutar vs lo que se ejecutó realmente), aplicar la mejora continua en los procesos, dimensionar correctamente las cuadrillas y promover la participación de todos los empleados para generar una mayor satisfacción.

1.3 Formulación del problema

El problema que dio origen a esta investigación fue la mala planificación en los primeros cuatro meses de la ejecución del proyecto Centro de Salud Picota. El problema general y los problemas específicos se formulan a continuación a través de preguntas.

a) Problema general

- ¿Cuál es la influencia del Sistema Last Planner en la planificación de la obra civil del Centro de Salud Picota?

b) Problemas específicos

- ¿Cómo influye la implementación del Master Plan en el Sistema Last Planner para la obra civil del Centro de Salud Picota – San Martín?
- ¿Cómo influye el LookAhead Planning del Sistema Last Planner para la obra civil del Centro de Salud Picota – San Martín?

- ¿Cómo controlar el Porcentaje de Plan de Cumplimiento (PPC) de las actividades del Sistema Last Planner para la obra civil del Centro de Salud Picota - San Martín?

1.4 Objetivos

En base al problema que dio origen a esta investigación, se presenta como solución la implementación de una serie de herramientas de gestión para la ejecución del proyecto Centro de Salud Picota. Así se tienen como objetivo general y específicos, los siguientes.

a) Objetivo general

- Mejorar la planificación utilizando el Sistema Last Planner en la obra civil Centro de Salud Picota-San Martín.

b) Objetivos específicos

- Diseñar el Master Plan para mejorar la planificación de la obra civil del Centro de Salud Picota – San Martín.
- Diseñar una planificación mediante el LookAhead Planning para mejorar la planificación de la obra civil del Centro de Salud Picota – San Martín.
- Controlar el Porcentaje de Plan de Cumplimiento (PPC) de las actividades para mejorar la planificación de la obra civil del Centro de Salud Picota – San Martín.

1.5 Justificación

En el Perú las obras se ven afectadas en el plazo de entrega, la improductividad y sobre costo; todos estos factores se deben a una mala planificación, por ende, se aplica el Sistema Last Planner como una herramienta confiable en la planificación ya que se va a controlar y mejorar el manejo de recursos y productividad en obra.

La necesidad de aplicar el Sistema Last Planner involucra directamente el beneficio de los pobladores de la provincia de

Picota, puesto que, a menor plazo de construcción de la obra, mayores posibilidades de mejorar el servicio de salud de la zona.

1.5.1 Alcances

La investigación tiene como fin mejorar la planificación de la obra civil mediante la implementación del Sistema Last Planner en una obra en provincia como lo es el Centro de Salud Picota, donde existen limitaciones para la adquisición de materiales y hay escasez de mano de obra calificada para los estándares requeridos en este tipo de edificación.

1.5.2 Limitaciones

La ubicación geográfica del proyecto – Centro de Salud Picota, Región de San Martín y la falla constante en las señales de telecomunicaciones.

1.5.3 Viabilidad

La investigación cuenta con datos del expediente técnico del proyecto, considerando el presupuesto y rendimientos actualizados; además de referencias de otros proyectos de similar envergadura donde el Sistema Last Planner se ha aplicado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Liker. J (2010). *Las Claves del Éxito de Toyota*, Los Primeros Estudios del Pensamiento “Lean”, el autor comenta que esta filosofía nace en los inicios del siglo XIX en la industria manufacturera creada por Henry Ford, que consistió en la producción en masa de los autos Ford; sin embargo, el sistema de producción estaba diseñado solo para un modelo de vehículo. Al ver este modelo de producción los ingenieros de Toyota, Taichi Ohno y Shigueo Shigo, crearon el Sistema de Producción de Toyota (TPS) que es la base del movimiento Lean Production en los últimos años, enfocado en la flexibilidad de la producción, reducción de pérdidas en cada proceso y en aplicar la mejora continua.

Porras, H., Sanchez, O., Galvis, A. (2014). *Lean Construction Philosophy for the Management of Construction Projects: a Current Review*. Este artículo es una revisión bibliográfica de la filosofía Lean Construction (LC) o “construcción sin pérdidas”, basándose en el modelo empleado por la industria automovilística en los años 80, la “producción Lean”. El sistema Lean Construction plantea una mejora metodológica para administrar los proyectos, cambiando el paradigma actual de ver la

construcción como un modelo solo de transformación por un modelo TFV (transformación-flujo–valor).

Jones, D y Womack, J, (1996) Lean Thinking. Los autores refieren que el pensamiento Lean es el valor, quiere decir todo aquello que está definido por el cliente, satisface las necesidades del consumidor y ayuda al cliente a alcanzar sus objetivos. A través del concepto definido, Taiichi Ohno en su libro de Toyota explica lo que es “muda” o desperdicio, quiere decir todo aquello que no agrega valor al producto pero que tiene un costo. Entonces para poder atacar los desperdicios que existen en el sistema de producción, el pensamiento Lean proporciona un método para especificar el valor, tener un flujo continuo entre los procesos de tal forma que se pueda reducir el desperdicio y poder convertirlo en valor.

Glenn B. y Howell. (2000). The Last Planer System of Production Control (tesis de grado). The University of Birmingham, Reino Unido. Esta tesis propone implementar el Sistema Last Planner para el control de la producción. Se comprobó que la implementación de este sistema ha sido efectiva en lograr y mantener un plan de mejora sobre el 90%. Además, se comprobó que es necesario implementar un sistema de control, en este caso el Last Planner. Asimismo, se considera necesario cuantificar y entender los beneficios de un plan de mejora por seguridad, calidad, tiempo y costo.

Koskela L. (1992). Application of The New Production Philosophy to Construction. En el presente artículo refiere la nueva filosofía de producción en el sector de la construcción, hoy existen las posibilidades de incrementar la productividad y reducir la variabilidad de las obras, al respecto, el autor señala la influencia de la filosofía Lean Production al sector construcción en los primeros años de cambio, teniendo conceptos de la planificación actual como es la mejora continua y el Just in Time, herramientas importantes para el nuevo sistema de planificación.

También refiere que el sistema de producción está subdividido en sistemas conversiones y flujos, donde el sistema de modelo de flujo de procesos tiene como objetivo reducir o eliminar las actividades que no

agreguen valor al producto terminado, mientras que el modelo de conversiones de procesos tiene como objetivo descomponer las actividades de un proceso de tal forma que puedan ser controladas y optimizadas.

Ghio, V. (2001) Productividad en Obras de Construcción: Diagnóstico, Crítica y Propuesta se infiere la importancia de comprender que los niveles de productividad se deben incrementar, el promedio en porcentaje de los trabajos productivos que se realizó en un muestreo de 50 obras de Lima, es de 28%, siendo un nivel bajo en un país que se encuentra en desarrollo. Por ello, es necesario hacer un cambio para poder superar la crisis productiva que se vive, implementando herramientas de aumento de la productividad y creando un cambio cultural en los profesionales.

Ramirez, C. (2012). Optimización de procesos constructivos en el condominio Bolognesi – Puente Piedra (tesis de grado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. Explica la forma como se implementó el Sistema Last Planner en la construcción de un proyecto inmobiliario ubicado en el distrito de Puente Piedra para optimizar los procesos constructivos, identificando diversos factores que afectan la productividad. Se desarrolló un tren de actividades para la ejecución del proyecto por medio de reuniones con los responsables de cada área para formar equipos de trabajo. Esto logró ordenar el proyecto evitando rotación de personal y horas extras de trabajo.

Toledo, A. (2017). Mejoramiento de la planificación operacional mediante la implementación de la filosofía Lean construction en el proyecto ampliación y mejoramiento del hospital de Moquegua nivel II-2 ubicado en el departamento de Moquegua (tesis de grado). Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua, Perú. Explica como las mejoras en la planificación operacional se reflejaron en la pendiente positiva de los resultados en el PPC de forma general, el cual tuvo una variación desde 27% en la primera semana hasta un 51% en la última semana. Se logró identificar, categorizar y cuantificar los diferentes tipos de trabajo existentes en las partidas ejecutadas durante el periodo de implementación, mejorando la productividad de cada cuadrilla. Por último, se logró un mejor control de las

actividades planificadas dentro del plan maestro por medio del control de los objetivos trazados mensualmente.

Guzmán, A. (2014) Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la Planificación, Programación, Ejecución y Control de Proyectos. De esta tesis se comprende que las herramientas del Sistema Last Planner permiten reducir la variabilidad de obra, haciendo un seguimiento constante de la planificación semanal que deriva del LookAhead Planning, donde se obtiene un nivel de cumplimiento de las actividades programadas en 75%, este porcentaje se obtuvo gracias al análisis de las causas de incumplimiento y las acciones correctivas. A través de la Carta Balance, se detectó el mal dimensionamiento de las cuadrillas de partidas críticas como el vaciado de concreto y encofrado de elementos horizontales (vigas), ya que el porcentaje de los trabajos no contributivos era elevado sin agregar valor al producto final y generando sobre costos.

2.2 Bases teóricas

La filosofía del Lean Construction busca cambiar la forma de construir migrando de un sistema tradicional, donde no hay una planificación, a un proceso constructivo gestionado desde la concepción del proyecto; para entender mejor se explican los siguientes conceptos de la filosofía Lean.

2.2.1 Pensamiento Lean

Lean significa eliminación de desperdicios, quiere decir que es una filosofía que permite que la producción sea de forma eficiente. Sus inicios fueron a inicios del siglo XIX en el sector industrial, específicamente en la fábrica de automóviles de Henry Ford. Quienes tenían el modelo de producción en masa, economías de escala y máquinas industriales en la capacidad de producir piezas con un bajo costo. Todo hacía indicar que era un buen modelo de producción el flujo de pieza por pieza, sin embargo, tenían un único modelo de producción, el cual no cumplía con las necesidades del cliente.

En base al modelo de producción de Ford, los ingenieros Taiichi Ohno y Shiguo Shigo, se percataron que la línea de montaje norteamericana no era 100% eficiente, hallaron en el sistema de producción de Ford el exceso de desperdicio como es el inventario, sobre producción, poca flexibilidad en la línea de producción, entre otros factores que lo vieron como una oportunidad de mejora. En consecuencia, los ingenieros de Toyota implementaron el Sistema de Producción de Toyota en el año 1950, que tenía como enfoque principalmente agregar valor al producto terminado, reducir los desperdicios, crear un sistema flexible entre procesos, crear un sistema de producción el cual pueda producir diversos modelos a un bajo costo y con calidad, aplicando la mejora continua y sobre todo que el cliente pueda estar satisfecho.

Con el transcurso de los años, el modelo de producción de Toyota dio resultados notorios generando grandes expectativas a nivel mundial, incrementando los niveles de venta comparado con otras empresas automotrices, es por ello que en el año 1980 una comitiva de investigadores de Massachusetts Institute of Technology (MIT) fue a Japón a investigar sobre el sistema que se aplicaba en la industria de Toyota, el cual denominaron “Lean Production” o también conocida como “Lean Manufacturing” para luego poder ser propagada acerca de la nueva metodología a nivel mundial.

2.2.2 Lean Production

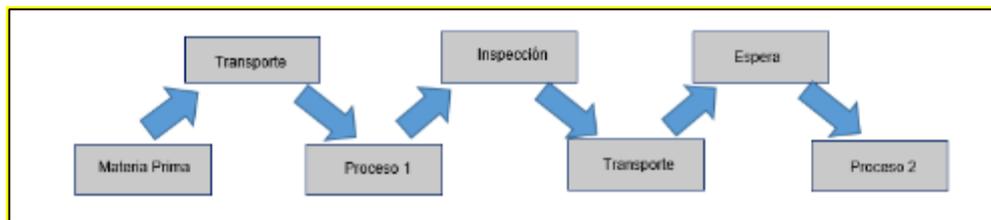
La filosofía de Lean Production plantea que la producción es un flujo de materiales y/o información, desde la materia prima y hasta el producto terminado. En este flujo se considera que, el material es convertido, es inspeccionado, espera o está entrando al siguiente proceso.

Según Koskela, L, 1992, p. 38, el mejoramiento de los flujos debe centrarse en su reducción o eliminación, mientras que los procesos de conversión deben volverse más eficientes. Es decir, que el modo convencional tiene como objetivo incrementar la eficiencia de los procesos, mientras que la filosofía de Lean Production busca reducir

y/o eliminar las actividades que no agregan valor e incrementar la eficiencia de las actividades que si agregan valor; lo que corresponde al modelo de flujo de procesos.

El modelo de flujo de procesos tiene como objetivo eliminar las pérdidas y reducir los tiempos de las actividades, diferenciándose de acuerdo al siguiente gráfico:

Figura 1. Modelo de flujo de producción Lean Production



Fuente: Koskela, 1992, p 38

En la Figura N°01 se muestra que existe la variabilidad entre procesos, es decir hay desperdicios como los transportes, esperas, entre otros; los mismos que el modelo de flujo de procesos buscó minimizar para generar el máximo valor.

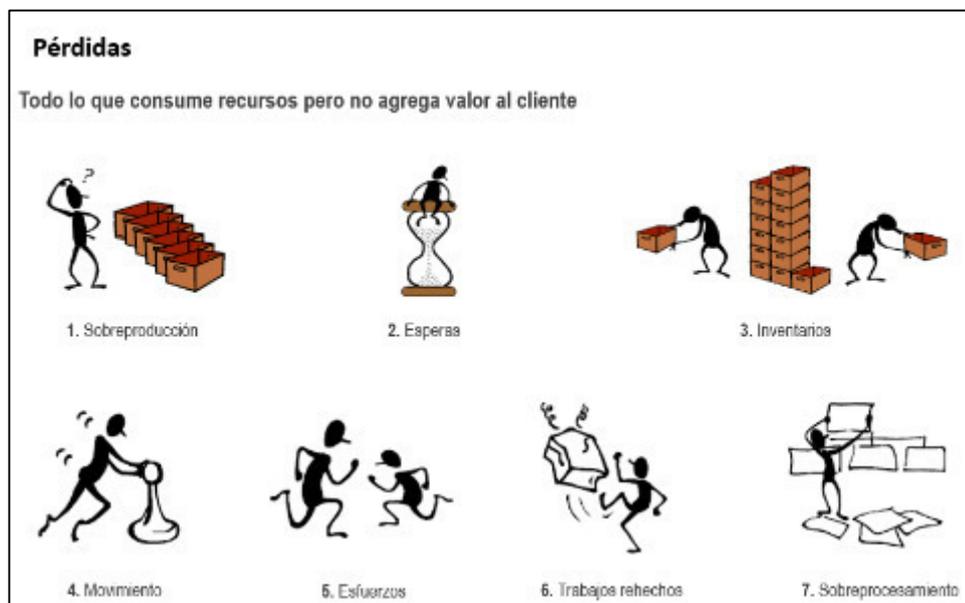
Es por ello que existen algunos principios de Lean Production que se han implementado como concepto para reducir aquello que no genera valor. Estos son:

- Reducir las actividades que no agregan valor
- Aumentar el valor del producto de acuerdo a la necesidad del cliente
- Reducir la variabilidad
- Reducir el tiempo de los ciclos
- Reducir el número de pasos, partes y relaciones del proceso
- Incrementar la flexibilidad del producto terminado
- Aumentar la confiabilidad y transparencia entre procesos
- Mantener el equilibrio entre mejoras en los flujos y las conversiones
- Aplicar la mejora continua
- Benchmarking (banco de referencia).

En el modelo de flujo de procesos, se diferencian los tipos de desperdicios, los cuales son:

- Sobre producción
- Esperas
- Inventario
- Movimiento
- Esfuerzos
- Trabajos rehechos
- Sobre procesamiento

Figura 2. Los 7 principales desperdicios



Fuente: Chung & Tong Ingenieros, 2015, p. 2

2.2.3 Lean Construction

Lean Construction es la filosofía que adapta el modelo de Lean Production, el cual debe considerar variaciones en su proceso de adaptación, puesto que el enfoque de Lean Production está orientado al sector industrial o empresas manufactureras.

El enfoque de Lean Construction está orientado a cualquier tipo de obras (edificaciones, carreteras, saneamiento, entre otras). Tiene como principio diseñar sistemas de producción con la

finalidad de minimizar los tipos de desperdicios, así como la variabilidad, en orden de generar el máximo valor posible.

Al dar referencia por valor, se entiende todo aquello que ayude al cliente a alcanzar sus objetivos, es decir a todos los procesos definidos por el cliente, pero que son generados por el constructor; mientras que la pérdida es toda actividad que tiene un costo, pero no agrega valor al producto. Por lo expuesto, para el modelo de sistema de producción efectivo, se diferencian los siguientes tipos de trabajo:

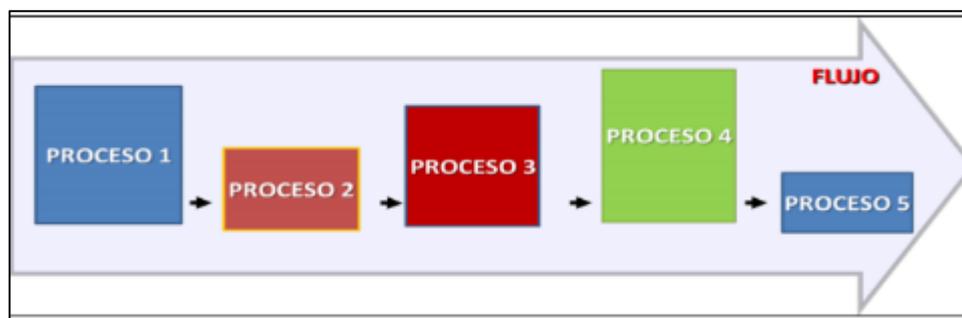
- Trabajo Productivo: son aquellas actividades de valor agregado, que transforman materiales o información según lo requiera el cliente. Ejemplo: asentado de ladrillos, vaciado de concreto en columnas.
- Trabajo Contributorio: Actividades que no agregan valor y que son pérdidas necesarias porque son parte del proceso. Ejemplo: traslado de materiales, charlas de seguridad.
- Trabajo No Contributorio: Actividades que no agregan valor y que es pérdida pura, ya que consumen recursos y tienen un costo sin agregar valor al producto terminado. Ejemplo: tiempos ociosos, trabajos rehechos, esperas.

El objetivo de Lean Construction es diseñar un Sistema de Producción Efectivo, de manera que se cumpla con los plazos, calidad y niveles de productividad altos en obra; por lo cual se mencionan los siguientes puntos a cumplirse:

a) Asegurar que los flujos no paren

Se refiere que los flujos de las actividades sean continuos, el objetivo en este punto es que las actividades no deben de parar y que los desperdicios se pueden reducir o eliminar posteriormente.

Figura 3. Modelo de flujos no paren



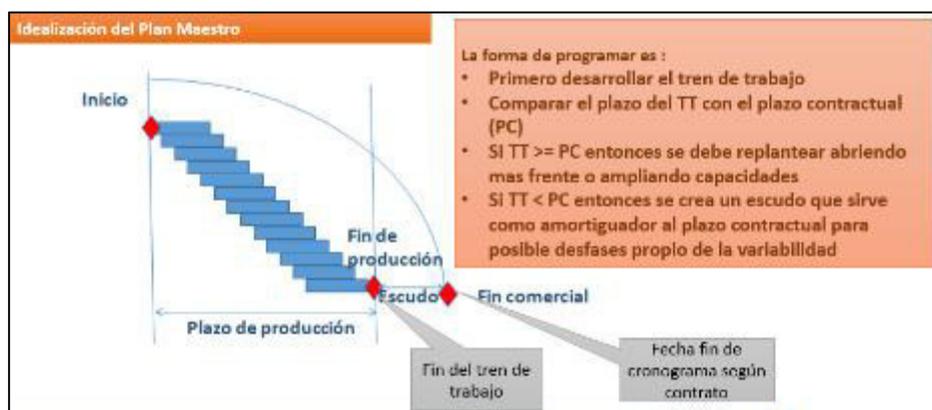
Fuente: Collachagua I., 2017, p. 27

Las herramientas aplicadas en este flujo y que serán utilizadas en la presente investigación, son las siguientes:

a.1) Master Plan - Tren de Trabajo

El Master Plan es una herramienta que se desarrolla a través de los trenes de trabajo. Los trenes de trabajo consisten en una programación a ritmo constante que las cuadrillas ejecutan, similar al metrado de producción diario, esto promueve la mejora de la productividad en la curva de aprendizaje.

Figura 4. Hitos de obra – Master Plan



Fuente: Chung & Tong Ingenieros, 2015, p. 7

a.2) LookAhead Planning

Herramienta del Sistema Last Planner, la cual permite planificar a un nivel intermedio, es decir proyectar en las próximas 6 semanas de la obra. En este nivel de planificación se debe de visualizar las

actividades, recursos necesarios, definición de procesos y detectar las restricciones de cada actividad que aún no se puede ejecutar.

Todos los involucrados de la obra deben de participar en la planificación (maestros de obra, capataces, subcontratistas, ingeniero residente, ingenieros de campo, ingeniero de calidad y SSOMA, entre otros), el objetivo es determinar durante las Reuniones Semanales de producción (1 vez por semana), el plan de las futuras 6 semanas, para de esta forma alertar con la solicitud de recursos.

La primera semana del LookAhead Planning (LAP), no debe tener ningún tipo de restricción, es decir es Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE), razón por la cual se planifica teniendo la certeza que todos los recursos están aptos para poder ejecutar las actividades planificadas.

Esquema donde se visualiza de la siguiente manera el LAP:

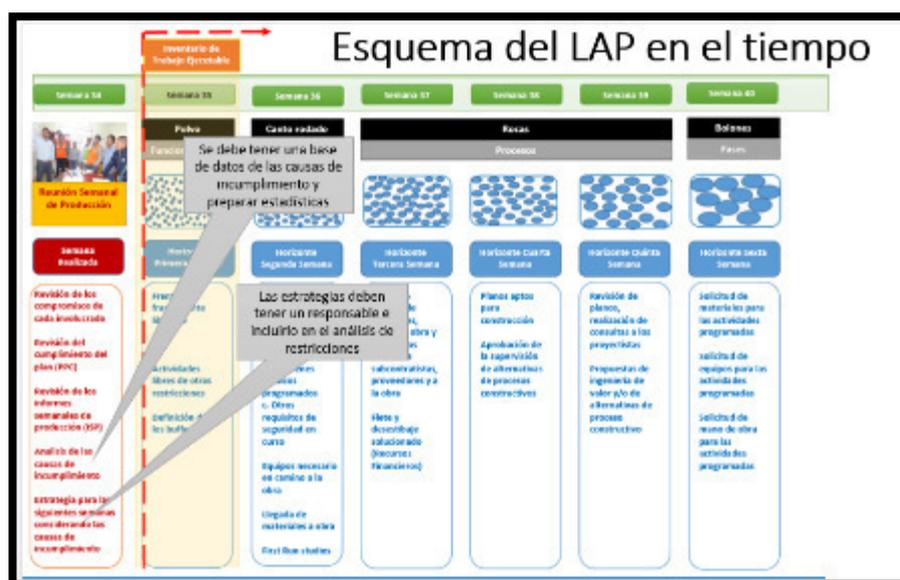
Figura 5. LookAhead – LAP



Fuente: Chung & Tong Ingenieros, 2015, p. 11

Luego de haber pasado la primera semana del LAP, se hace la revisión de los resultados, informes, Porcentajes de Plan de Cumplimiento, análisis de las causas de incumplimiento, plan de acción y se realizan estrategias para no volver a cometer los mismos errores para las próximas semanas.

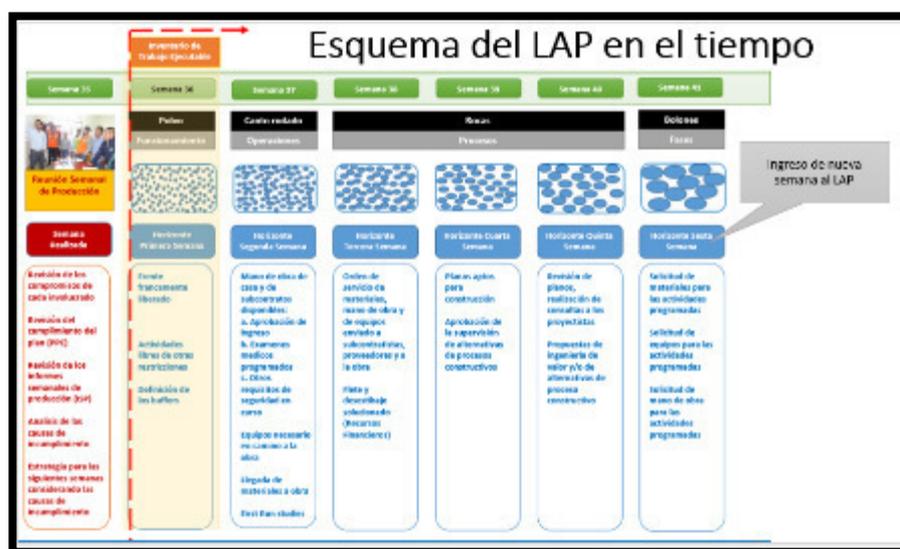
Figura 6. LookAhead Planning – Semana 1



Fuente: Chung & Tong Ingenieros, 2015, p. 12

Al aplicar la mejora continua del proceso, en la Reunión Semanal de Producción se proyecta la nueva semana del LAP que ingresa en el planning, con la finalidad de analizar las restricciones y poder resolverlas en el momento que sea la nueva semana 1.

Figura 7. LookAhead Planning – ingreso nueva semana



Fuente: Chung & Tong Ingenieros, 2015, p. 15

Los niveles de planificación varían en base a las necesidades de cada obra, en base a que la obra está ubicada en provincia, donde la logística, los trámites documentarios, el ingreso del personal, entre

otros, no se resuelven de un día a otro, por ello se implementaron las reglas del LookAhead Planning donde se mapea cada semana que tipo de restricción se puede liberar con el tiempo anticipado, caso contrario la planificación sería en vano.

En base a lo expuesto, se muestra el siguiente formato con las reglas diseñadas para la obra Centro de Salud Picota – San Martín.

Figura 8. Reglas LookAhead Planning

REGLAS DEL SISTEMA LOOKAHEAD PLANNING					
PRIMERA SEMANA	SEGUNDA SEMANA	TERCERA SEMANA	CUARTA SEMANA	QUINTA SEMANA	SEXTA SEMANA
Frente de trabajo y actividades sin restricciones	Recursos: MO Aprobación de ingreso de la mano de obra SCTR	Recursos Orden de servicio de materiales, mano de obra y servicios de cada subcontrata y proveedor.	Información Planos: spms para construcción	Información Revisión de planos y consulta a proyectistas	Logística Solicitud de materiales, equipos y mano de obra programada
Definición de buffers	Exámenes médicos exigidos Charla de inducción Logística Llegada de materiales Equipos en camino	Logística Flete y desembaje solucionado	Supervisión Aprobación de alternativas de procesos en obra.	Proceso Constructivo Propuestas de ingeniería de valor y/o alternativas en el proceso constructivo	

Fuente: Chung & Tong Ingenieros, 2015

a.3) Plan Semanal de Producción

Es la primera semana del LookAhead Planning (LAP) donde se muestra que está la planificación de esa semana sin restricciones, quiere decir que se considera como Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE) donde se puede ejecutar las partidas planificadas sin ningún tipo de restricción.

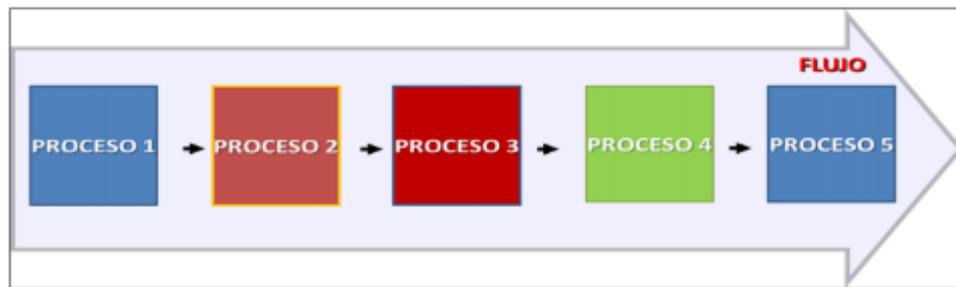
Figura 9. Plan Semanal de Producción

N°	NORMAL TECNOLÓGICA	SEMANA 1				
		DIA	DIA	DIA	DIA	DIA
		1	2	3	4	5
01	TRAZO Y EXCAVACIÓN	BD-S1	BD-S2	BD-S3	BE-S1	BE-S2
02	ENCOFRADO DE FALSA ZAPATA		BD-S1	BD-S2	BD-S3	BE-S1
03	CONCRETO FALSA ZAPATA			BD-S1	BD-S2	BD-S3
04	TRAZO Y ENCOFRADO CIMIENTO CORRIDO				BD-S1	BD-S2
05	COLOCACIÓN DE COLUMNAS					BD-S1

Elaborado por los autores

Se considera la planificación solo para los primeros 05 días de la semana (lunes a viernes), ya que los sábados son colchones de

Figura 11. Modelo de flujos eficientes



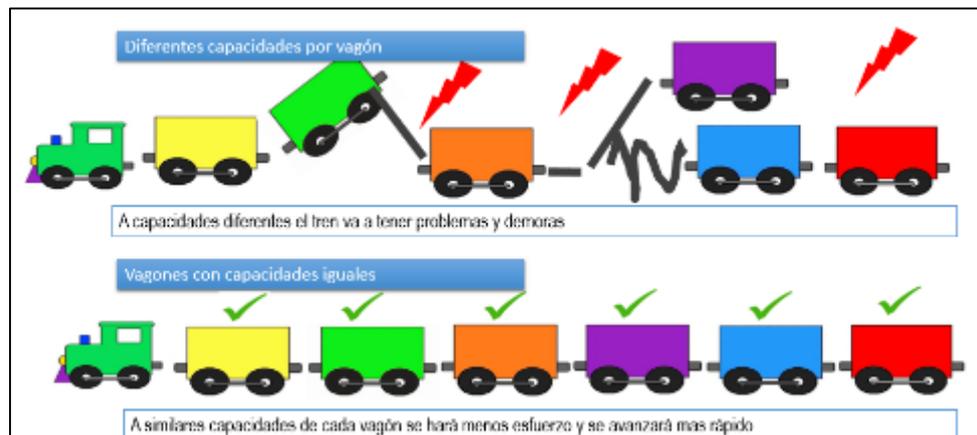
Fuente: Collachagua I., 2017, p. 29

Las herramientas aplicadas para lograr un flujo eficiente de actividades son las siguientes:

b.1 Takt time

Quiere decir programación rítmica, donde las partidas deben tener un ritmo de producción constante, de tal manera que no atrase ni tampoco halla una sobre producción que afecte a las demás partidas.

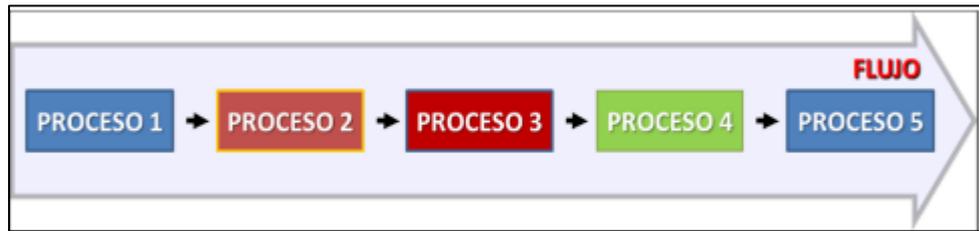
Figura 12. Tren de Avance



Fuente: Chung & Tong Ingenieros, 2015, p. 4

El tercer punto es lograr procesos eficientes, es decir que luego de tener un flujo continuo entre procesos y de igualar la capacidad de producción se puede tener procesos y flujos eficientes, al reducir los desperdicios.

Figura 13. Modelo de procesos eficientes



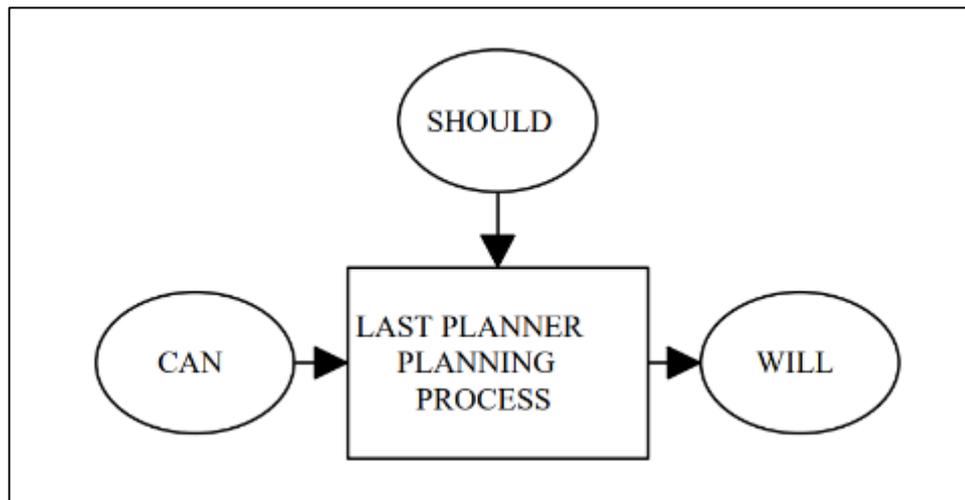
Fuente: Collachagua I., 2017, p. 30

2.2.4 Sistema Last Planner

El Sistema Last Planner es una herramienta de planificación, el cual está diseñado para controlar la productividad de toda obra de construcción en la que se aplique, fue desarrollado por Herman Glenn Ballard y Gregory A. Howell, basándose en la filosofía de Lean Construction. Las herramientas como el Master Plan, LookAhead Planning, Análisis de Restricciones, Porcentaje de Plan de Cumplimiento (PPC), Análisis de Causa - Raíz; se diseñaron con la finalidad de reducir la variabilidad de las obras e incrementar la productividad en las mismas, así como el nivel de confiabilidad en la planificación.

Según Ballard, G., 2000, p. 3-2 refiere que, “en última instancia, alguien (un individuo o un grupo) decide qué trabajo físico, específico será realizado mañana. Este tipo de planes han sido llamados asignaciones”. El autor refiere que las personas encargadas de asignar las tareas del día a día en obra son denominadas “últimos planificadores”, esta herramienta abarca de forma conjunta las áreas involucradas de la parte de producción teniendo como principal responsable al residente de obra. Es por ello que la función principal del último planificador se describe en la figura 14.

Figura 14. Sistema Last Planner



Fuente: Ballard G. 1999, p. 3-2

El Sistema Last Planner, no solo consiste en tener un nivel de planificación a detalle, sino que a diferencia de la planificación tradicional que define un nivel de planificación macro donde hay un alto porcentaje de incertidumbre de cumplir con las fechas programadas, permite diseñar niveles de planificación con la finalidad de crear colchones o buffers de producción, reduciendo la variabilidad de obra logrando cumplir con los hitos planificados.

El diseño de planificación con el uso de buffers, consiste en programar actividades productivas de lunes a viernes, de tal forma que en caso no se cumpla con la actividad programada, se corren los días en la programación teniendo los días sábados como colchón para cumplir con la planificación semanal.

En la figura 15 se describe el esquema del Sistema Last Planner como escudo protector entre lo planificado y lo que se debe de ejecutar.

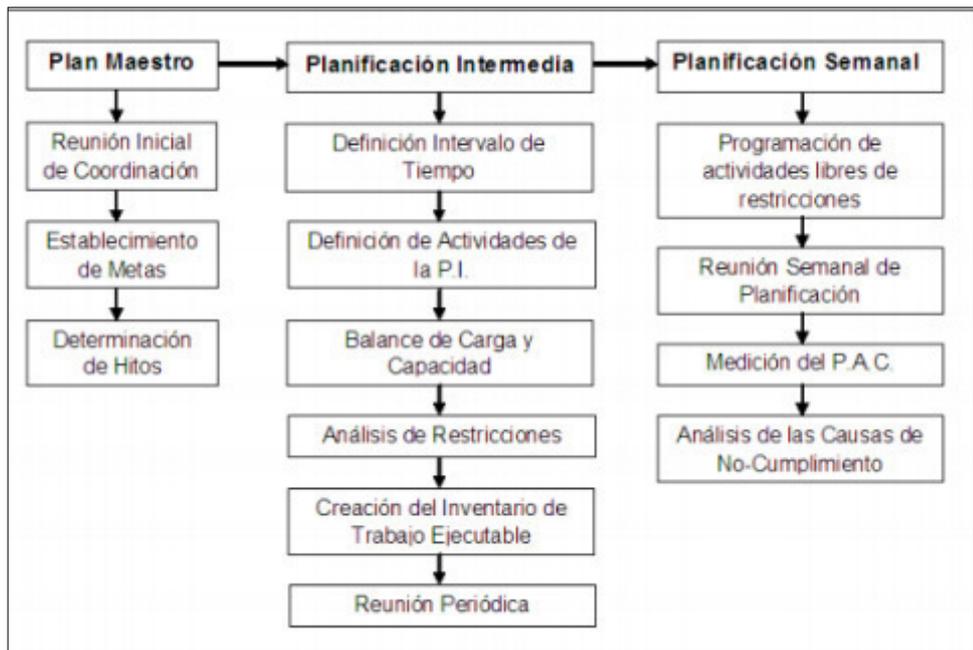
Figura 15. Esquema Last Planner



Fuente: Lean Construction Intitute, 2007, P. 27

El diseño de planificación del Sistema Last Planner comprende varios niveles de planificación, el Plan Maestro es una planificación a largo plazo donde se visualizan los hitos de obra, luego está la planificación intermedia o LookAhead Planning, el cual es una planificación de 4-6 semanas de horizonte que permite analizar las partidas próximas a ejecutar y poder liberar las restricciones, el último nivel es la planificación semanal donde no debe haber ningún tipo de restricciones, los recursos estén aptos y se analice los niveles de productividad aplicando la mejora continua. En la siguiente figura se visualiza la estructura general del Sistema Last Planner.

Figura 16. Estructura fundamental del Sistema Last Planner



Fuente: Adriazola y torres, 2004, P. 62

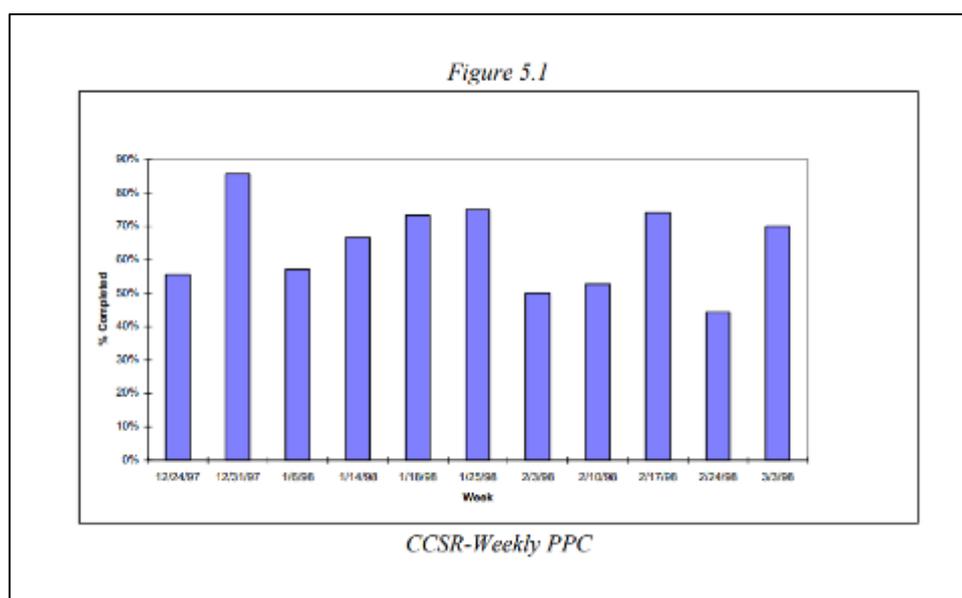
Dentro de las herramientas que ayudan a implementar el Sistema Last Planner en un proyecto de construcción, se encuentran las siguientes:

a) Porcentaje de Plan de Cumplimiento (PPC)

Es una herramienta que consiste en medir la efectividad de la programación usando un indicador como PPC, así también se deben indicar las razones del no cumplimiento de las actividades planificadas. Se detectan la Causa - Raíz del problema y se aplica la medida correctiva para las siguientes semanas (mejora continua). En la Reunión Semanal se analiza el ratio de elementos cumplidos versus elementos planificados.

En la Figura 17 se muestra un ejemplo de PPC durante 4 semanas y sus respectivas razones de no cumplimiento.

Figura 17. Plan de Cumplimiento PPC



Fuente: Ballard, G. 2000, p. 5-5

b) LookAhead Planning

El LookAhead Planning es un sistema de planificación de mediana jerarquía, esto significa que no llega a ser una planificación maestra a nivel de toda la obra, tiene como objetivo identificar las actividades que deben ejecutarse entre las 3 – 6 semanas (dependiendo del proyecto), para poder resolver las restricciones de las partidas próximas a ejecutar, con la finalidad de generar el Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE). Tomando en referencia a los conceptos líneas arriba expuestas por el ingeniero Virgilio Ghio, si bien es cierto que existen factores externos que obligan al paro laboral en obra, los principales factores que afectan a la productividad es la misma desorganización de los profesionales. Quiere decir que el mismo staff de ingenieros no está alerta de liberar las restricciones en el momento indicado (just in time), y que termina perjudicando en la planificación sin generar flujos continuos.

A continuación, se muestra como ejemplo la Figura 18 que es un formato propuesto por los ingenieros Ballard y Howell (1997) que ayuda a cada uno de los profesionales a darle un enfoque de planificación a corto plazo y así eliminar los baches que alteren el flujo.

Figura 18. Planeamiento LookAhead

Figura 23: Planificación LookAhead – Semana 09 a la Semana 12

PLANIFICACION LOOKAHEAD		ALANIA INMOBILIARIA S.A.C																													
OBRA: DEPARTAMENTO MULTIFAMILIAR LA TOSCANA		ELAB. POR:																													
SEMANA: 09 AL 12																															
FECHA:																															
ITEM	ACTIVIDAD	SEMANA 09 (27 de Dic. al 01 de Ene)					SEMANA 10 (03 al 08 de Ene)					SEMANA 11 (10 al 15 de Ene)					SEMANA 12 (17 al 22 de Ene)														
		L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V										
		27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
SUPERESTRUCTURA																															
2.36.1	Habilitación de acero - verticales	SA	SB	SC	SD	SE	SA	SB	SC	SD	SE	SA	SB	SC	SD	SE	SA	SB	SC	SD	SE	SA	SB	SC	SD	SE	SA	SB	SC	SD	SE
2.36.2	Hab. para anclados - verticales	4E	5A	5B	5C	5D	5E	6A	6B	6C	6D	6E	7A	7B	7C	7D	7E	8A	8B	8C	8D	8E	9A	9B	9C	9D	9E	10A	10B	10C	10D
2.36.3	Colocación de acero en verticales	4D	4E	5A	5B	5C	5D	5E	6A	6B	6C	6D	6E	7A	7B	7C	7D	7E	8A	8B	8C	8D	8E	9A	9B	9C	9D	9E	10A	10B	10C
2.36.4	Enchafado de verticales	4E	4D	4E	5A	5B	5C	5D	5E	6A	6B	6C	6D	6E	7A	7B	7C	7D	7E	8A	8B	8C	8D	8E	9A	9B	9C	9D	9E	10A	10B
2.36.5	Concreto en verticales	4E	4D	4E	5A	5B	5C	5D	5E	6A	6B	6C	6D	6E	7A	7B	7C	7D	7E	8A	8B	8C	8D	8E	9A	9B	9C	9D	9E	10A	10B
2.36.6	Habilitación de acero - vigas	4E	4D	4E	5A	5B	5C	5D	5E	6A	6B	6C	6D	6E	7A	7B	7C	7D	7E	8A	8B	8C	8D	8E	9A	9B	9C	9D	9E	10A	10B
2.36.7	Hab. para anclados - vigas	4E	4D	4E	5A	5B	5C	5D	5E	6A	6B	6C	6D	6E	7A	7B	7C	7D	7E	8A	8B	8C	8D	8E	9A	9B	9C	9D	9E	10A	10B
2.36.8	Enchafado de fierro de vigas	4E	4D	4E	5A	5B	5C	5D	5E	6A	6B	6C	6D	6E	7A	7B	7C	7D	7E	8A	8B	8C	8D	8E	9A	9B	9C	9D	9E	10A	10B
2.36.9	Colocación de acero en vigas	4E	4D	4E	5A	5B	5C	5D	5E	6A	6B	6C	6D	6E	7A	7B	7C	7D	7E	8A	8B	8C	8D	8E	9A	9B	9C	9D	9E	10A	10B
2.36.10	Enchafado de vigas de acero	4A	4B	4C	4D	4E	4F	5A	5B	5C	5D	5E	5F	6A	6B	6C	6D	6E	6F	7A	7B	7C	7D	7E	7F	8A	8B	8C	8D		
2.36.11	Habilitación de acero - losa	4A	4B	4C	4D	4E	4F	5A	5B	5C	5D	5E	5F	6A	6B	6C	6D	6E	6F	7A	7B	7C	7D	7E	7F	8A	8B	8C	8D		
2.36.12	Hab. para enchafado - losa	4A	4B	4C	4D	4E	4F	5A	5B	5C	5D	5E	5F	6A	6B	6C	6D	6E	6F	7A	7B	7C	7D	7E	7F	8A	8B	8C	8D		
2.36.13	Enchafado de losa	4A	4B	4C	4D	4E	4F	5A	5B	5C	5D	5E	5F	6A	6B	6C	6D	6E	6F	7A	7B	7C	7D	7E	7F	8A	8B	8C	8D		
2.36.14	Pisa ladrillos	4E	4A	4B	4C	4D	4E	5A	5B	5C	5D	5E	5F	6A	6B	6C	6D	6E	6F	7A	7B	7C	7D	7E	7F	8A	8B	8C	8D		
2.36.15	Colocación de acero en aligerado	4E	4A	4B	4C	4D	4E	5A	5B	5C	5D	5E	5F	6A	6B	6C	6D	6E	6F	7A	7B	7C	7D	7E	7F	8A	8B	8C	8D		
2.36.16	Instalación de ESS V BE	4E	4A	4B	4C	4D	4E	5A	5B	5C	5D	5E	5F	6A	6B	6C	6D	6E	6F	7A	7B	7C	7D	7E	7F	8A	8B	8C	8D		
2.36.17	Concreto en losa y vigas	4E	4A	4B	4C	4D	4E	5A	5B	5C	5D	5E	5F	6A	6B	6C	6D	6E	6F	7A	7B	7C	7D	7E	7F	8A	8B	8C	8D		
MUROS Y TABICADOS																															
3.12.1	Acarreo de ladrillos-muros de cabecera																														
3.12.2	Colocación -muros de cabecera																														
3.12.3	Acarreo de ladrillos-muros de soga																														
3.12.4	Colocación -muros de soga																														
3.12.5	Instalación de cables y conductos BE																														
3.12.6	Instalación de cables BE																														

Fuente: Elaboración propia - Alania Inmobiliaria S.A.C

Fuente: Ghio, V. 2001, p. 77

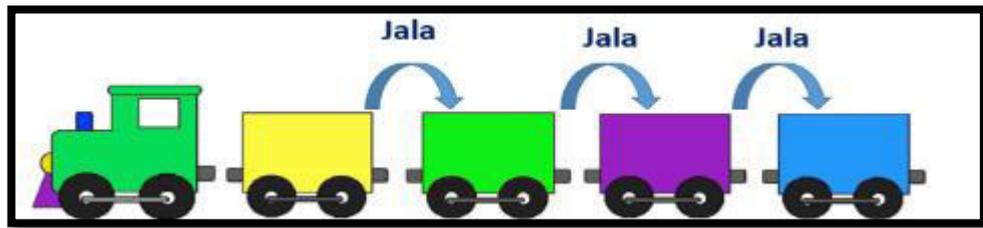
c) Just in Time

El Just in Time es un concepto desde el modelo del Sistema de Producción de Toyota. Tiene como objetivo reducir o eliminar los desperdicios, por lo que se creó el concepto Pull o jalar, que tiene como finalidad producir solo la cantidad necesaria en el momento indicado, y realizando la actividad correctamente al primer intento.

En términos de la construcción, una cuadrilla debe terminar su actividad en un sector en un solo día, para que se pueda liberar el frente, y al día siguiente pueda ingresar otra actividad con su cuadrilla, generando un tren de trabajo que jala a las siguientes partidas sucesivamente.

En síntesis, el concepto abarca tres otros conceptos fundamentales: unidades necesarias, cantidades necesarias y en el momento necesario. De esta forma, liberarse de pérdidas innecesarias haciendo una sincronización exacta mediante la planificación en los trabajos por ejecutar de cada partida.

Figura 19. Sistema Pull



Fuente: Chung & Tong Ingenieros, 2015, p. 2

2.3 Definiciones y términos básicos

Dentro de los términos básicos que se utilizan en la investigación para explicar el proceso de implementación del Sistema Last Planner en la Obra Civil Centro de Salud Picota.

5s

Es la herramienta de calidad compuesta por 5 conceptos: Seiri, clasificación y descarte; Seiton, organización; Seiso, limpieza; Seiketsu, higiene y visualización; y Shitsuke, disciplina y compromiso.

Cronograma

Es un calendario de trabajo compuesto por distintas actividades.

Just in Time (justo a tiempo)

Denominado también “justo en el tiempo”, herramienta del Sistema Last Planner donde se busca la llegada de los materiales y transición de actividades en el tiempo exacto de acuerdo a la planificación.

Lean Construction

Denominado también como “construcción sin pérdidas” donde se busca la optimización de los recursos en la ejecución de una obra.

LookAhead Planning

Es la herramienta del Sistema Last Planner donde se planifica a 4-6 semanas la construcción de un proyecto. Se actualiza en las Reuniones Semanales de Producción.

Nivel General de actividad

Es un indicador aplicado al personal de obra en general para medir su nivel de productividad.

Porcentaje del Plan de Cumplimiento (PPC)

Es una herramienta del sistema Last Planner donde se mide el cumplimiento de las actividades que se han planificado para una semana de producción.

Sistema Last Planner

Es denominado “Sistema del Último Planificador”, consiste en la planificación maestra, la cual se encarga del control de la productividad en una obra de construcción.

Valor

Es todo lo que ayude al cliente a obtener una mejora en el producto que este adquiriendo.

Pérdidas

Es toda aquella actividad que tiene un costo, pero que no le agrega valor al producto terminado.

Actividades de Valor Agregado - Trabajo Productivo

Se refiere a aquella actividad que contribuye en la elaboración de un producto.

Actividades que no agregan valor – Trabajo Contributorio

Es toda aquella actividad que no generan valor al producto pero que son necesarias en la elaboración de este.

Actividades que no agregan valor– Trabajo No Contributorio

Es aquella actividad que no genera valor ni es necesaria en la elaboración de un producto.

Esperas

Se refiere a cada parada en donde el producto o personas esperan.

Inventarios

Son los materiales o parte de ellos retenidos en el sistema y que no los están utilizando para elaborar un producto.

Movimientos

Es el movimiento de material o de información que son necesarios para llevar a cabo la operación.

Esfuerzos

Son los movimientos de personas, incluyen viajes que no están directamente relacionadas a trabajos productivos.

Trabajos rehechos

Son los errores en el proceso, producto o servicio que llevan a defectos y que se debe producir nuevamente.

Sobreprocesamiento

Producir por encima del estándar requerido. Realizar pasos innecesarios de producción.

El Lote de Producción (LP)

Es la cantidad total de productos terminados por una actividad en un sector y que serán pasados en total a una siguiente actividad.

El Lote de Transferencia (LT)

Será la cantidad de productos que se va pasando de una actividad a la siguiente en una etapa.

Pull

Es producir solo la cantidad necesaria en el momento preciso y por primera vez (sin retrabajos).

Diseño de operaciones

Plan explícito y detallado para cómo debe realizarse una labor específica, desarrollado en colaboración con aquellos que la realizarán. Generalmente involucran un diagrama de proceso, una tabla de balance de personal y un diagrama dimensionado del área de trabajo mostrando el movimiento de trabajadores, materiales y equipo. Criterios de diseño para operaciones son seguridad, calidad, tiempo y costo (SQTC). Planear-Hacer-Revisar-Actuar (PDCA) es usado para probar y mejorar la capacidad.

Indicador de confiabilidad del ITE – PPC

Es la relación del porcentaje de trabajos realizados / trabajos programados del Plan Semanal de Producción. Permite realizar una comparación de estos porcentajes en las semanas trabajadas. El objetivo es conocer el nivel del cumplimiento del plan con el fin de encontrar las causas raíces de algún incumplimiento para realizar acciones correctivas en la siguiente semana.

Reunión Semanal de Producción

Es la actividad donde se desarrolla el LookAhead Planning y se construye con el Análisis de Restricciones y otros compromisos que adquiere cada persona involucrada en la reunión. Para el éxito en el cumplimiento del plan es muy importante que cada involucrado cumpla su compromiso. El sistema tiene un control por persona de compromisos adquiridos.

Control del tiempo del ciclo

Cada proceso contiene actividades secuenciales y paralelas que conforman un grupo de trabajo. Este flujo de trabajo contiene actividades que agregan valor y no agregan valor. Se plantea controlar el tiempo total del ciclo y si este aumenta se debe revisar los tiempos de las actividades que no agregan valor para disminuir y mantener el tiempo del ciclo igual al Lead Time.

Panel de control

Sirve para agrupar los indicadores semanales relacionados al mejoramiento y control del periodo anterior. No contiene programaciones ni temas asociados a los siguientes periodos, ya que esto se puede ver en la digitalización de documentos. Principalmente, el panel de control se prepara para el control del ingeniero residente de cada obra. Sin embargo, también va a ser enviado semanalmente a la gerencia y a la jefatura de planeamiento y control.

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS, VARIABLES Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN

3.1 Hipótesis y variables

En esta investigación se plantearon hipótesis en función a los objetivos de esta investigación y variables para evaluar las hipótesis.

3.1.1 Hipótesis

En base a los objetivos que se buscan cumplir en la investigación es que se han planteado las siguientes hipótesis las cuales fueron divididas en una general y tres específicas.

a) Hipótesis general

- El Sistema Last Planner mejora la planificación en la obra civil del Centro de Salud Picota – San Martín.

b) Hipótesis específicas

- El Master Plan mejora la planificación en la obra civil del Centro de Salud Picota – San Martín.
- El Sistema Last Planner mejora la planificación de recursos a 6 semanas mediante el LookAhead Planning en la obra civil del Centro de Salud Picota – San Martín.

- El Sistema Last Planner mejora el Porcentaje de Plan de Cumplimiento (PPC) de las actividades en la obra civil Centro de Salud Picota – San Martín.

3.1.2 Variables

Se plantearon las siguientes variables para evaluar las hipótesis que se han planteado para esta investigación.

a) Variable dependiente

La variable dependiente será la Planificación en la Obra Centro Salud Picota, debido a que en ella se evaluarán los efectos y los resultados de esta investigación mediante la corroboración de las hipótesis planteadas.

Tabla 1. Operacionalización - variable dependiente

VARIABLE	INDICADORES	ÍNDICES	INSTRUMENTOS	ÍTEMS
Planificación en la Obra Centro Salud Picota	Mano de obra	- Trabajos preliminares y generales.	Formato	10 - 15
		- Movimiento de tierra y demolición.		
		- Estructuras de concreto armado.		
		- Contra pisos, pavimentos, pisos.		
		- Cubierta de techo.		
	Materiales	- Pinturas y carpintería.	Formato	16 - 18
		- Maquinaria pesada.		
		- Cemento, ladrillo, acero, hormigón.		
	Ratios de productividad	- Equipos de protección personal (PPC)	Formato	19 - 23
		- Nivel general de las actividades.		
- Indicación de factores previos a la implementación.				
- Implementación del plan de mejora de la productividad.				
		- Medición de ratios durante el plan de ejecución.		
		- Medición de ratios después de implementar el plan.		

Elaborado por los autores

b) Variable independiente

La variable independiente será el Sistema Last Planner, ya que es una guía metodológica y no podrá ser modificada, solo se seguirán sus lineamientos a lo largo de la investigación.

Tabla 2. Operacionalización - variable independiente

VARIABLE	INDICADORES	ÍNDICES	INSTRUMENTOS	ÍTEMS
Sistema Last Planner	LookAhead Planning	– Planificación maestra de obra y planificación semanales.	Formato	1 - 4
		– Actividades por sectores con sus respectivas cuadrillas.		
	Just in Time	– Procesos mediante cuadros y gráficos.	Formato	5 - 6
– Análisis de todas las actividades.				
Porcentaje de Plan de Cumplimiento (PPC)	Porcentaje de Plan de Cumplimiento (PPC)	– Tiempo de llegada de material.	Formato	7 - 9
		– Transición de actividades en el tiempo exacto de acuerdo a la planificación.		
		– Cantidad de actividades procesadas semanales.		
		– Análisis mediante ratios y rendimientos.		
		– Mediante sectorizaciones y trenes de trabajo.		

Elaborado por los autores

3.1.3 Matriz de consistencia

Tabla 3. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			MÉTODO
			VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES	
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE			TIPO DE INVESTIGACIÓN Descriptiva, porque se investiga para mejora la planificación de las obras proponiendo el Sistema Last Planner en la ejecución de la obra del Centro de Salud de Picota, mejorando la productividad y optimización recursos. Aplicada porque busca dar solución a un problema y cuantitativa porque los datos son medibles NIVEL DE INVESTIGACIÓN Descriptivo, porque describe los resultados de la planificación del proyecto para luego ser representados estadísticamente con el uso de tablas y gráficos comparativos. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN Longitudinal por que se toman muestras, prospectiva porque los datos tomados son evaluados con gráficos y tablas; retrospectiva, porque se buscan las razones por la que no se ejecutaron actividades y Transversal porque se recolectan datos en un instante de tiempo. Población La población de estudio es el Centro de Salud Picota ubicado en la región San Martín.
¿Cuál es la influencia del Sistema Last Planner en la planificación de la obra civil del Centro de Salud Picota?	Mejorar la planificación utilizando el Sistema Last Planner en la obra civil del Centro de Salud Picota-San Martín.	El Sistema "Last Planner" mejora la planificación en la obra civil del Centro de Salud Picota – San Martín.	Planificación en la Obra Centro Salud Picota	Mano de obra	– Trabajos preliminares y generales. – Movimiento de tierra y demolición. – Estructuras de concreto armado.	
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICO	HIPÓTESIS ESPECIFICO		Materiales	– Maquinaria pesada. – Cemento, ladrillo, acero, hormigón. Equipos de protección personal (PPC)	
¿Cómo influye la implementación del Master Plan en el Sistema "Last Planner" para la obra civil del Centro de Salud Picota – San Martín?	Diseñar el Master Plan para mejorar la planificación de la obra civil del centro de Salud Picota – San Martín.	El Master Plan mejora la planificación en la obra civil del Centro de Salud Picota – San Martín.		Ratios de productividad	– Nivel general de las actividades. – Indicación de factores previos a la implementación. – Implementación del plan de mejora de la productividad.	
¿Cómo influye el LookAhead Planning del Sistema "Last Planner" para la obra civil del Centro de Salud Picota – San Martín?	Elaborar LookAhead Planning para mejorar la planificación de la obra civil en el Centro de Salud Picota – San Martín.	El LookAhead Planning mejora la planificación de recursos a 6 semanas mediante el LookAhead Planning en la obra civil Centro de Salud Picota – San Martín.	VARIABLE INDEPENDIENTE	LookAhead Planning	– Planificación a semanas. – Actividades por sectores con sus respectivas cuadrillas. – Procesos mediante cuadros y gráficos. -Análisis de todas las actividades.	
¿Cómo controlar el Porcentaje de Plan de Cumplimiento (PPC) de las actividades del Sistema "Last Planner" para la obra civil del Centro de Salud Picota - San Martín?	Controlar el Porcentaje de Plan de Cumplimiento (PPC) de las actividades para mejorar la planificación de la obra civil del Centro de Salud Picota – San Martín.	El Sistema Last Planner mejora el Porcentaje de Plan de Cumplimiento (PPC) de las actividades en la obra civil del Centro de Salud Picota – San Martín.	Sistema Last Planner	Master Plan	– Planificación maestra de la obra – Transición de actividades en el tiempo exacto de acuerdo a la planificación.	
				Porcentaje de Plan de Cumplimiento (PPC)	– Cantidad de actividades procesadas semanales. – Análisis mediante ratios y rendimientos. – Mediante sectorizaciones y trenes de trabajo.	

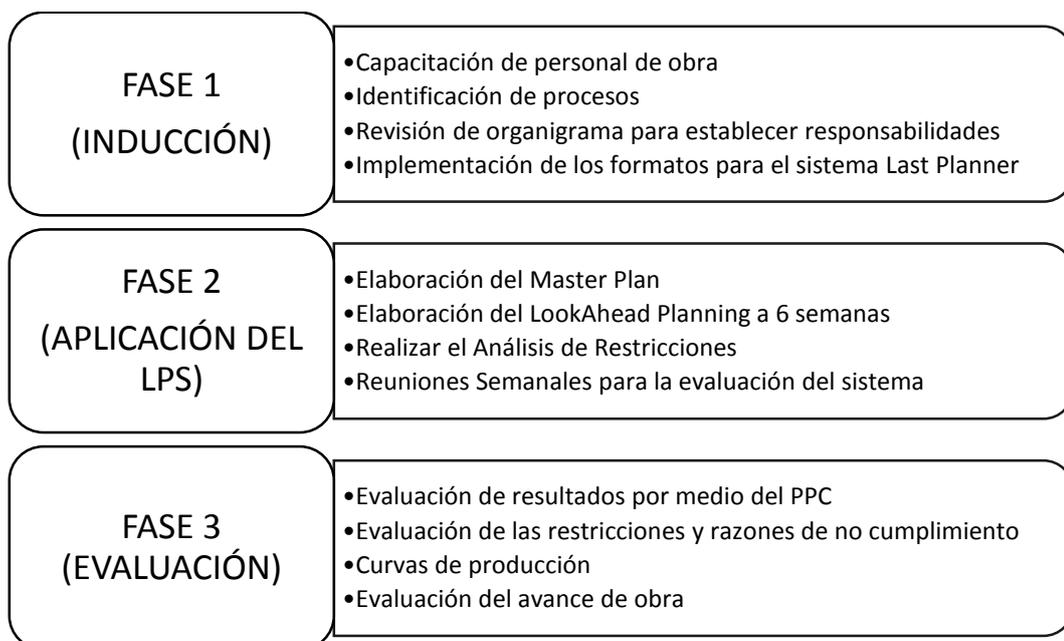
3.2 Implementación del Sistema Last Planner

La implementación del sistema Last Planner en el proyecto “Mejoramiento de los Servicios de Salud, en el Establecimiento de Salud de Picota, Provincia de Picota – Región de San Martín” fue por fases, donde se realizó una evaluación actual de la obra, capacitaciones al personal de obra sobre el uso de las herramientas del Last Planner System y un control de cumplimiento.

Se buscó implementar el Sistema Last Planner, ya que la obra tenía retrasos en su ejecución debido a problemas que no estaban definidos y por este motivo no podían ser resueltos. El proyecto tenía un cronograma de ejecución por hitos que no se estaba cumpliendo por la falta de planificación; por ello es que se plantea capacitar al personal de obra e implementar el Sistema Last Planner para completar el proyecto en los tiempos establecidos en la firma del contrato.

Las fases por las que pasó la implementación están descritas en la siguiente Figura 21.

Figura 20: Fases de implementación del Sistema Last Planner



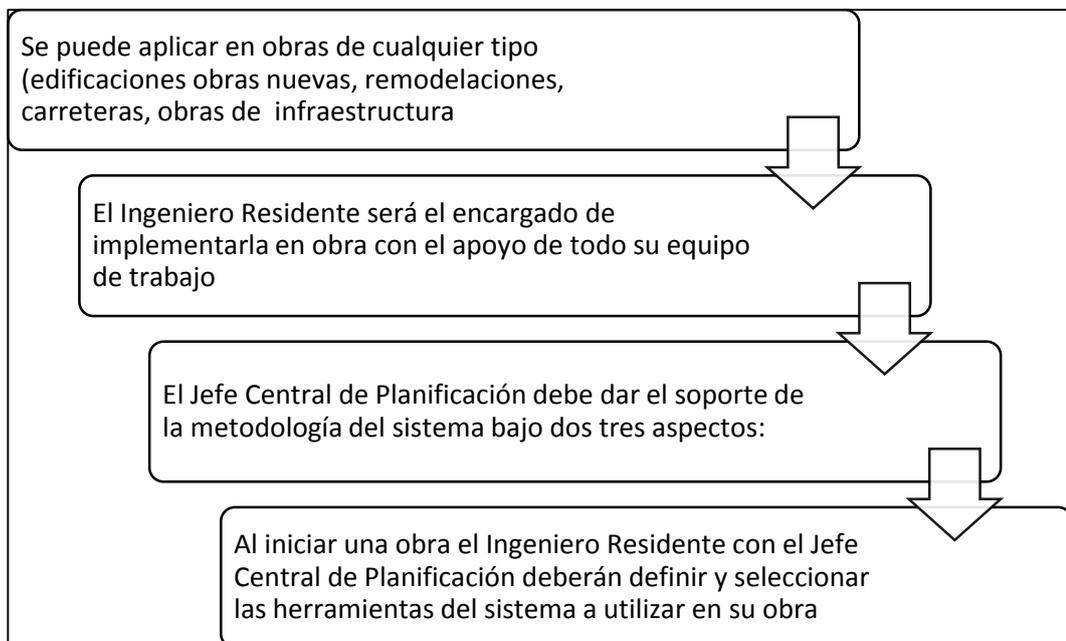
Elaborado por los autores

3.2.1 Fase 1 inducción

Durante la implementación del Sistema Last Planner en el proyecto “Mejoramiento de los Servicios de Salud, en el Establecimiento de Salud de Picota, Provincia de Picota – Región de San Martín”, es necesario dar una inducción al personal de obra sobre esta nueva filosofía de construcción.

Se prepararon presentaciones sencillas para que el staff de obra pueda comprender y aplicar este sistema de planificación. El sistema de producción preparado por la empresa, basado en el Sistema Last Planner, considera lo que se indica en la siguiente Figura 22.

Figura 21. Enfoque del Sistema Last Planner



Fuente: Chung & Tong Ingenieros

Para implementar el LPS se debe tener en claro que es necesario conocer todos los procesos necesarios para ejecutar el proyecto y las responsabilidades que el staff de obra debe asumir en la realización de sus funciones.

Debido a que el LPS fue implementado, porque la obra cayó en retraso en la semana 15, es que se consideró necesario estandarizar los procesos mediante la implementación de formatos

de control de obra, y designar responsabilidades entre los involucrados en la ejecución del proyecto.

Una vez que se hayan definido las responsabilidades y los procesos, se elabora el organigrama final y el tren de avance a seguir junto con los formatos finales que servirán para controlar la producción en obra.

a) Situación actual del proyecto

Se debe conocer la situación actual del proyecto, la cual presentaba un retraso que a la larga generaría un desfase en el tiempo de entrega del proyecto. Este se generó debido a una mala planificación del proyecto, las principales observaciones fueron:

- Retraso en entrega de materiales
- Descoordinación entre subcontratistas
- Retraso en el cronograma de avance
- Restricciones no evaluadas con anticipación
- Errores repetitivos en actividades similares
- Falta de comunicación entre subcontratistas
- Falta de gestión en el control de cambios

b) Objetivos en la etapa de inducción

Los objetivos que se deben explicar durante la etapa de inducción son los siguientes:

- Generar una organización del personal de obra donde se definan responsabilidades para cumplir el plan de implementación del Sistema Last Planner en la obra.
- Mejorar la planificación de la obra cambiando el pensamiento “Push” a uno “Pull” en donde las actividades sean jaladas para ser ejecutadas

- Generar un flujo de avance que se deberá seguir en la ejecución del proyecto.

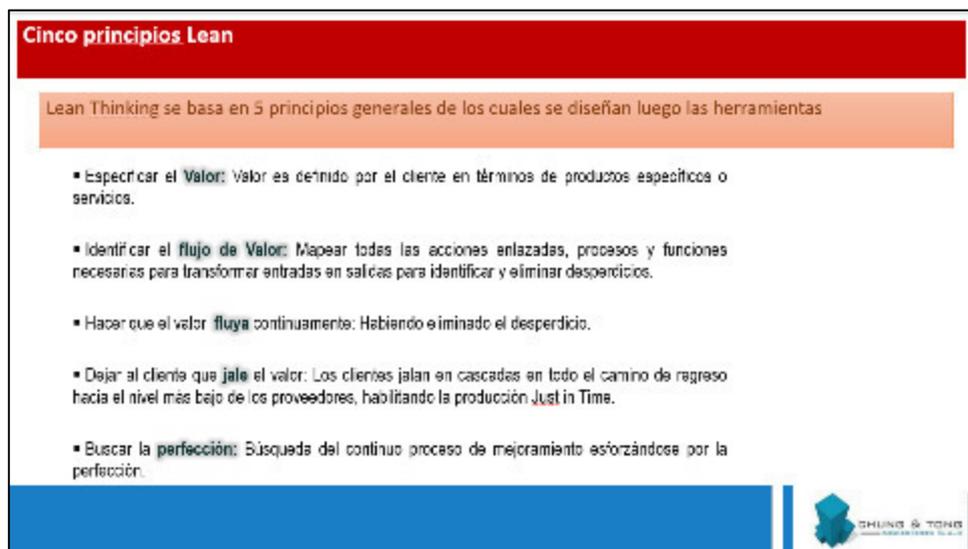
c) Charla de inducción

Las charlas de inducción fueron divididas en los siguientes 8 capítulos.

c.1) Capítulo 1: Inducción

Explicación breve del Lean Thinking donde se mencionan los 5 principios generales para reducir las actividades que no generan valor, incrementar el valor del producto a través de la consideración de las necesidades de los clientes, reducir la variabilidad, reducir el tiempo de los ciclos y simplificar mediante la reducción del número de pasos.

Figura 22. Diapositiva para la inducción a la filosofía Lean

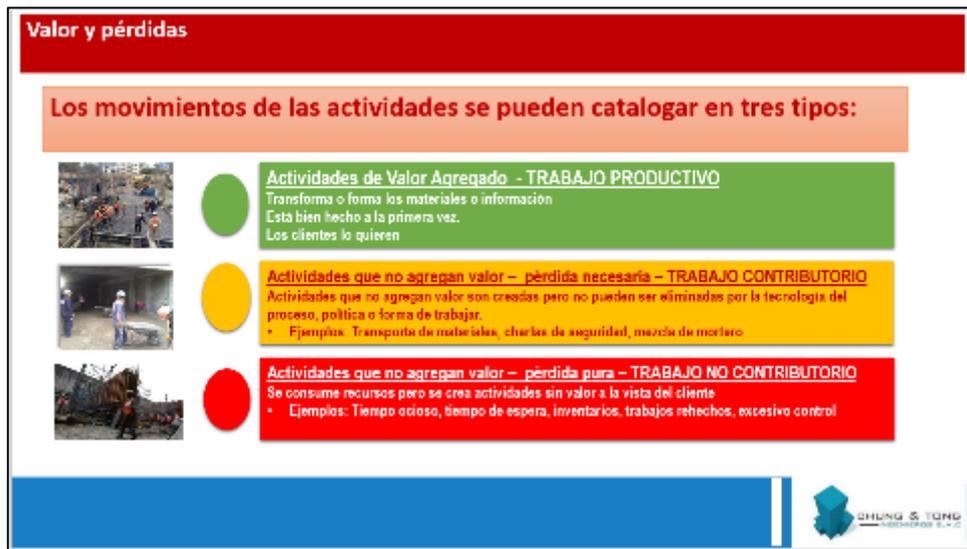


Fuente: Chung & Tong Ingenieros

c.2) Capítulo 2: Teoría Lean, valor y pérdida

Se dio una explicación sobre las actividades que generan valor y las que generan pérdidas, así como los 7 tipos de pérdidas.

Figura 23. Diapositiva valor perdida



Fuente: Chung & Tong Ingenieros

c.3) Capítulo 3: Teoría Lean, lotes de producción

Donde se explicó la sectorización de la obra y su importancia para generar un tren de avance de características similares entre sí, ya que al ser de igual proporción y alcance las cuadrillas podrán estandarizarse, así como los materiales a utilizar generando volúmenes similares de producción.

Figura 24. Diapositiva lotes de producción



Fuente: Chung & Tong Ingenieros

c.4) Capítulo 4: Teoría Lean, Pull System

Se explicó cómo debería ser la producción para las cuadrillas; el lugar donde se debería realizar una cantidad de trabajo similar al realizado el día anterior para liberar áreas de trabajo a la siguiente cuadrilla de producción.

Figura 25. Diapositiva aplicación del Sistema Pull

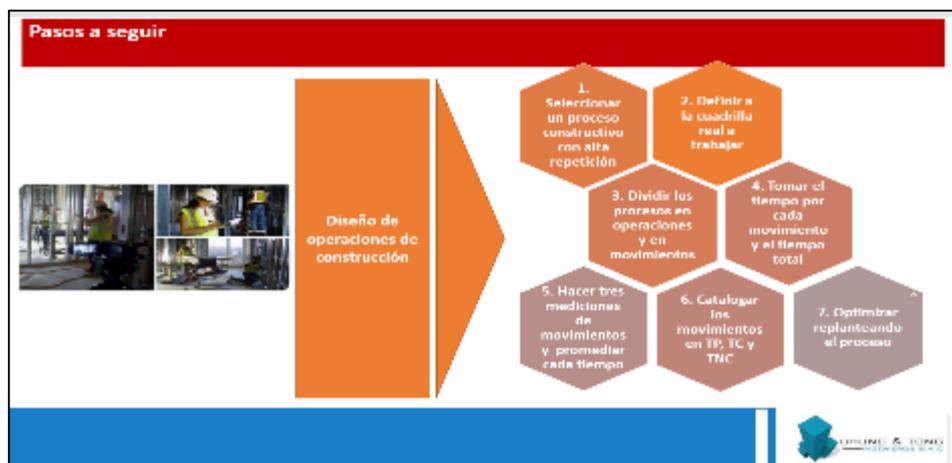


Fuente: Chung & Tong Ingenieros

c.5) Capítulo 5: Diseño de operaciones

Se explicó el diseño de las operaciones para la construcción del proyecto por medio de una descomposición de procesos, edición de tiempos, catalogación del trabajo, replanteo de procesos y metas de productividad.

Figura 26. Diapositiva diseño de operaciones

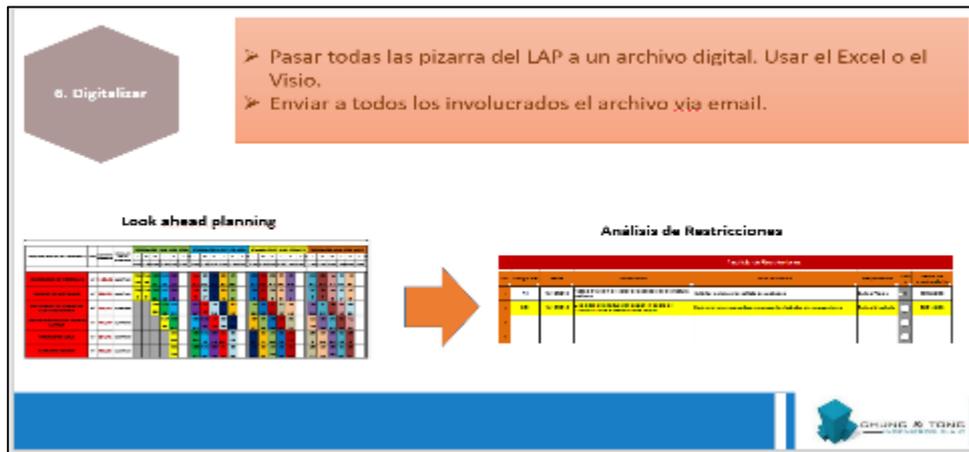


Fuente: Chung & Tong Ingenieros

c.4) Capítulo 6: LookAhead Planning

Se explicó la herramienta del LookAhead Planning (LAP) como herramienta visual para ver el horizonte del proyecto a 6 semanas donde se debe estar libre de restricciones o ir liberándolas según el avance de la obra.

Figura 27. Diapositiva LAP y Análisis de Restricciones



Fuente: Chung & Tong Ingenieros

Figura 28. LookAhead Planing Centro de Salud Picota



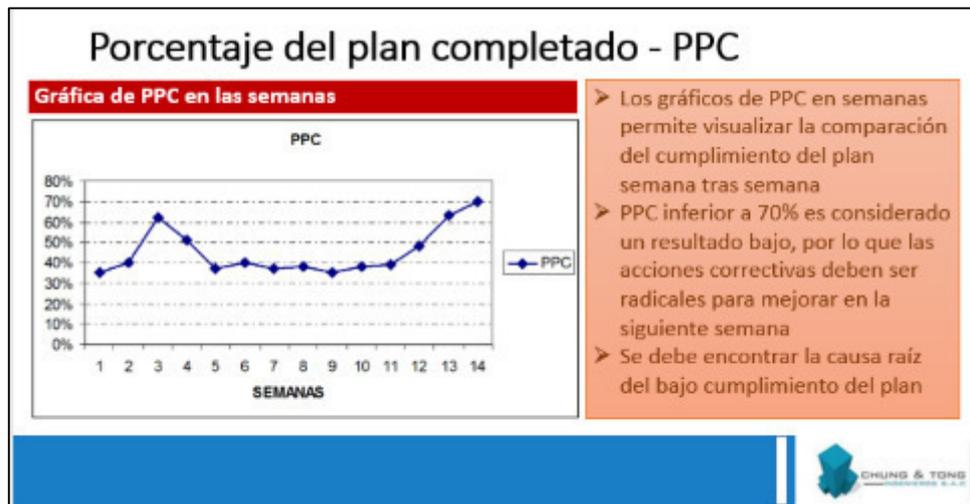
Elaborado por los autores

c.7) Capítulo 7: Control de obra

Se explicó que la forma de controlar el avance se haría por medio de un índice de confiabilidad PPC. Donde se buscó conocer el nivel de

cumplimiento de las actividades desarrolladas durante la ejecución de la obra. En el caso de que las actividades no hayan sido desarrolladas se buscará la raíz del problema para evitar que esto vuelva a ocurrir.

Figura 29. Diapositiva Porcentaje Plan de Cumplimiento (PPC)



Fuente: Chung & Tong Ingenieros

c.8) Capítulo 8: Reuniones Semanales de producción

Se indicó que deberían realizarse Reuniones Semanales para revisar el avance de la obra y verificar que se estuvieran cumpliendo con las metas propuestas inicialmente.

Figura 30. Diapositiva Reunión Semanal de Producción



Fuente: Chung & Tong Ingenieros

Con la implementación del Sistema Last Planner por medio de diapositivas se buscó concientizar al staff de obra, ya que ellos seguían una planificación tradicional en base al cronograma de entrega del proyecto donde las responsabilidades no estaban definidas ni se tenían identificadas las restricciones y su causa.

3.2.2 Fase 2 Aplicación del Sistema Last Planner

Luego de las charlas de inducción realizadas al personal de obra y luego de identificar el estado actual de la obra, se procedió a implementar el Sistema Last Planner en la obra.

a) Ubicación y distribución del proyecto

El proyecto está ubicado en Jirón Aeropuerto S/N en el distrito de Picota, Provincia de Picota, Región de San Martín. Como se ve en la siguiente Figura 32.

Figura 31: Ubicación del proyecto



Fuente: Consorcio Centro de Salud Picota

El proyecto comprende la ejecución de 4,749.06 m² sobre un terreno de 10,767.54 m². Las edificaciones son de un máximo de 2 pisos, la infraestructura del hospital es de I-4, con una zonificación tipo H.

La arquitectura del proyecto se divide en 3 sectores. El primer sector contiene el hall de acceso principal para uso peatonal como vehicular; el segundo sector, está comprendido por los laboratorios y las unidades de urgencias; mientras que el tercer sector comprende la unidad de servicios complementarios y de servicios generales. La división del Centro de Salud Picota por sectores se puede apreciar en la Figura 33.

Figura 32. Sectorización Centro de Salud Picota



Fuente: Consorcio Centro de Salud Picota

La distribución de áreas del hospital se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 4. Cuadro de áreas de funcionamiento del proyecto

UNIDADES PRODUCTORAS DE SERVICIOS	Área
UPSS administración	395.99
UPSS consulta externa	466.07
Unidad de apoyo al diagnóstico	247.14
Unidad de internamiento (hospitalización)	315.04
Centro obstétrico	310.22
Urgencia	547.66
Unidad de servicios generales	476.17
Servicios complementarios	502.45

Programa de control de ITS/ VIH/ SIDA	45.56
Programa de tratamiento y control de TBC	60.61
SUB TOTAL DE ÁREAS	3,366.91
CIRCULACION Y MUROS (40%)	1,382.54
TOTAL DE ÁREAS	4,749.45

Elaborado por los autores

b) Sectorización del proyecto

La ejecución del proyecto estuvo a cargo de la supervisión Consorcio Hospitalario San Martín y la Empresa Chung & Tong Ingenieros como contratista.

El proyecto estuvo dividido en 2 fases, la primera comprendió el desarrollo del expediente técnico con un plazo de 150 días calendario. La segunda comprendió la ejecución del proyecto con un plazo de 390 días calendario.

Para la ejecución del proyecto se propuso una sectorización por bloques que tenían áreas aproximadas de 100m², esto permite tener un tren de avance continuo. En la Figura 34 se puede observar la sectorización del proyecto.

Figura 33. Sectorización del proyecto



Elaborado por los autores

El proyecto se encuentra conformado por 11 bloques y estos fueron subdividido en sectores de 100 m2 como se puede observar en el siguiente cuadro.

Tabla 5. Sectorización del proyecto Centro de Salud Picota - San Martín

SECTORIZACIÓN	Nº BLOQUES
Bloque A: Programa Control TBC, VIH – ITS	2
Bloque B: Consulta Externa y Cafetería	5
Bloque C:: Admisión, farmacia , gestión de la Información y Administración	4
Bloque D: Centro Quirúrgico	3
Bloque E: Centro Obstétrico	4
Bloque F: Apoyo al Diagnóstico	3
Bloque G: Emergencia	4
Bloque H: Hospitalización	4
Bloque I: Servicios Generales	5
Bloque J: Casa Materna	3
Bloque K: Cisterna	1
TOTAL DE BLOQUES	

Elaborado por los autores

c) LookAhead Planning

Se elaboró un cronograma maestro de obra teniendo como base el cronograma inicial del proyecto. Este cronograma fue realizado en el Programa de Windows Microsoft Project. De forma adicional se estableció que se generaría un LookAhead Planning a 6 semanas, el cual está diseñado según la sectorización planteada para el tren de avance del proyecto.

Figura 34. LookAhead Planning Obra Centro de Salud Picota

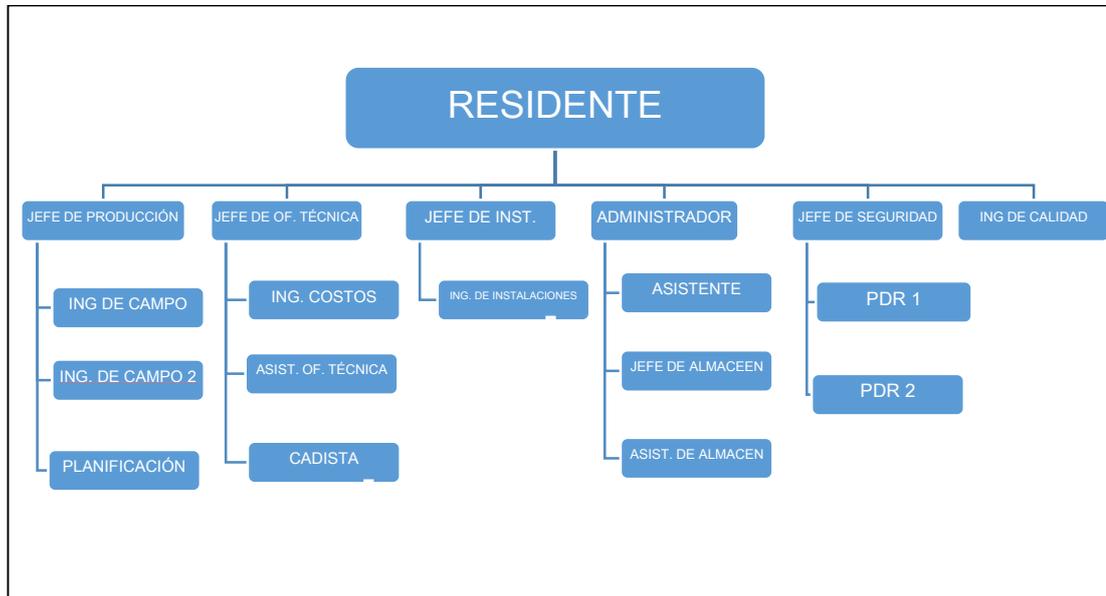
FORMATO N° 1 LOOK AHEAD PLANNING																									
OBRA: MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE HOSPITAL DE PICOTA, PROVINCIA DE PICOTA, REGIÓN SAN MARTÍN																									
N°	NORMAL TECNOLÓGICA	TREN DE ACTIVIDADES																							
		SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3				SEMANA 4				SEMANA 5				SEMANA 6			
		DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA
01	TRAZO Y FUNDACIÓN	BD-01	BD-02	BD-03	BE-01	BE-02	BE-03	BE-04	BE-05	BE-06	BE-07	BE-08	BE-09	BE-10											
02	BANCO DE ALBAÑILERÍA CAPAN																								
03	CONCRETO FALSA CAPAN																								
04	TRAZO Y FUNDACIÓN CEMENTO CORRIDO																								
05	COLOCACIÓN DE COLUMNAS																								
06	CONCRETO CEMENTO CORRIDO																								
07	TRAZO Y FUNDACIÓN DE ACCESORIO DE REF.																								
08	BANCO DE SOBRECIMENTOS REFORZADO																								
09	BANCO DE CONCRETO EN SOBRECIMIENTO REFORZADO																								
10	BANCO DE CONCRETO S/C REF. + TRAZO S/C SIMPLE																								
11	BANCO DE SOBRECIMENTOS SIMPLE																								
12	INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y SANITARIAS																								
13	BANCO DE CONCRETO EN SOBRECIMIENTO SIMPLE																								
14	BANCO DE CONCRETO S/C SIMPLE																								
15	RELLENO Y COMPACTACIÓN																								
16	INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y SANITARIAS (DESAGÜE)																								
17	INSTALACIONES SANITARIAS - AGUA FRÍA																								
18	BANCO DE CONCRETO EN FALSA PISO																								
19	BANCO DE ALBAÑILERÍA (PRIMERA ETAPA)																								
20	BANCO DE ALBAÑILERÍA (SEGUNDA ETAPA)																								
21	BANCO DE FALSIFICADOS DE COLUMNAS																								
22	BANCO DE CONCRETO EN COLUMNAS																								
23	COLOCACIÓN DE ACERO EN VIGAS SINTEL																								
24	BANCO DE SOBRECIMENTOS VIGAS SINTEL																								
25	BANCO DE CONCRETO EN VIGAS SINTEL																								
26	BANCO DE FALSIFICADOS DE COLUMNAS																								
27	BANCO DE CONCRETO PISO																								

Elaborado por los autores

d) Reuniones Semanales de Producción

Para la correcta implementación se realizó la primera reunión semanal donde se iban a designar responsabilidades por medio de un organigrama

Figura 35. Organigrama de obra



Elaborado por los autores

Una vez que se identificó a los responsables de obra y se generó el cronograma maestro del proyecto, se llevó a cabo la primera reunión semanal y se convocó a todos los miembros involucrados, como son: staff

de obra, subcontratistas, maestros y capataces. Los puntos a tratar fueron los siguientes:

- Asignación de partidas que se ejecutarán al personal de producción, por lo que se deberán realizar metrados, cuadrillas de trabajo, secuencia de trabajos o actividades y requerimientos.
- Evaluación de las restricciones que se identificaron en el LookAhead Planning a 6 semanas
- Planificación de la primera semana de trabajo donde se debe tener claro el alcance del proyecto y las metas a cumplir. Al ser la primera semana de implementación no deberían existir restricciones que puedan generar incumplimiento de actividades.

En las próximas semanas se deberán realizar Reuniones Semanales para ver los resultados de la semana evaluada y generar una nueva planificación para la siguiente semana del horizonte del LookAhead Planning. Además, de generar el PPC y evaluar las causas de no cumplimiento.

Algunos criterios a tener en cuenta en cada Reunión Semanal deben ser los siguientes:

- Revisar el plan de cumplimiento de las actividades programadas en la semana por medio del formato PPC
- Analizar las causas de no cumplimiento de las actividades que no fueron realizadas.
- Realizar un Análisis de Causa - Raíz para evitar que las razones de incumplimiento vuelvan a repetirse
- Aumentar una semana en la programación del LookAhead Planning verificando el Master Plan del proyecto
- Identificar las restricciones de la nueva semana implementada y las acciones a tomar para levantarlas
- Realizar un análisis sobre los objetivos alcanzados y los que se plantearon inicialmente
- Levantar las restricciones para ejecutar las actividades de la siguiente semana

- Desarrollar un plan de trabajo semanal para la semana siguiente

Se adjuntan los formatos a considerar en esta etapa en los anexos al final de la tesis.

3.2.3 Fase 3 Evaluación

El análisis de resultados se realizó semana a semana por medio de la herramienta PPC para ver el porcentaje de cumplimiento de las actividades. Con los resultados se pudo revisar las razones de no cumplimiento de las actividades programadas.

Como primera meta del informe, se hizo una evaluación del PPC a 6 semanas para verificar como fue el avance de la obra durante la primera proyección del LookAhead, esto con la finalidad de verificar que el sistema de planificación funciona y mejora la producción.

Sobre la base de los resultados es que se obtiene una retroalimentación para ejecutar obras similares en condiciones similares. Algunos puntos a identificar dentro de la evaluación son los siguientes:

- Verificar que el equipo de obra esté familiarizado con este sistema y comprenda los principios básicos de la filosofía Lean Construction
- Verificar que cada miembro del equipo cumpla con las funciones que se les han designado.
- Generar un tren de avance de la obra que sea continuo y sin restricciones.
- Llevar un control y un orden por medio de los formatos establecidos en la etapa de implementación.
- Verificar que los puntos acordados en las Reuniones Semanales sean realizados.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Diseño metodológico

Los métodos utilizados en la presente investigación están divididos por tipo, nivel y diseño.

4.1.1 Tipo de investigación

Esta investigación se caracteriza por ser utilizar los siguientes tipos de investigación aplicada, cuantitativa y descriptiva que serán descritos a continuación.

a) Aplicada

Ya que esta tesis busca dar solución a un problema generado por el retraso en la ejecución de las obras civiles del proyecto Centro de Salud Picota.

b) Cuantitativa

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, porque los resultados pueden medirse en base a datos estadísticos, los resultados obtenidos servirán para optimizar el nivel de planificación del proyecto.

c) Descriptiva

Es del tipo descriptivo, porque el propósito es describir cómo se desarrolla la planificación en el Centro de Salud, describiendo los resultados de

acuerdo a las herramientas del Sistema Last Planner para la mejora de la planificación.

4.1.2 Nivel de investigación

La investigación es del tipo descriptivo, porque describe los resultados de la planificación del proyecto para luego ser representados estadísticamente por medio del uso de tablas y gráficos comparativos.

4.1.3 Diseño de investigación

La investigación tiene un diseño longitudinal, prospectivo, retrospectivo y transversal que serán descritos a continuación.

a) Longitudinal

Debido a que se tomaron muestras de información en cada etapa del proyecto de forma semanal, para luego ser analizadas de modo que se puedan verificar las metas planteadas en las hipótesis.

b) Prospectiva

Los resultados serán evaluados durante toda la ejecución del proyecto por medio de gráficos y tablas que serán generadas con los datos obtenidos en campo.

c) Retrospectiva

Por medio de la herramienta Causa - Raíz se buscará identificar las razones por las que no se están realizando las actividades del proyecto.

d) Transversal

Es transversal porque se recolectan datos en un instante y en un tiempo único y su propósito es analizar el Sistema Last Planner y la mejora de la planificación.

4.2 Técnicas de recolección de datos

Para el desarrollo de esta tesis se ha requerido recolectar datos del personal involucrado en la ejecución del proyecto. También, se implementaron instrumentos de recolección de datos, lo cuales se describe a continuación.

4.2.1 Población y muestra

a) Población

La población de esta investigación está compuesta por todos los implicados en la construcción del proyecto “Mejoramiento de los Servicios de Salud, en el Establecimiento de Salud de Picota, Provincia de Picota – Región de San Martín”.

b) Muestra

La muestra en este trabajo de investigación estaría compuesta por todo el personal operativo; ayudantes, oficiales, operarios, jefes de cuadrilla, capataces, maestros de obra, staff de obra y personal logístico quienes están involucrados en la ejecución de las obras civiles durante el periodo correspondiente.

4.2.2 Instrumentos de recolección de datos

Para que esta planificación sea confiable está basada en la teoría Lean Construction, en la cual se determinarán los resultados múltiples de la planificación. Adicionalmente, se contará con los planos del proyecto, presupuestos, metrados, planes de trabajo, ficha técnica de los materiales, documentos técnicos y económicos.

Durante la implementación del Sistema Last Planner se utilizaron las siguientes herramientas, cada una de estas cuentan con un formato que fue completado para la medición de datos:

- Master plan o cronograma maestro de obra
- LookAhead para generar el tren de avance de cada sector

- (PPC) Porcentaje de Plan de Cumplimiento para un control semanal de las actividades.
- Plan Diario
- Plan Semanal
- Análisis de Restricciones
- Análisis de Causa - Raíz
- Carta Balance
- Curva “S” de avance físico versus avance programado

4.3 Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

Se utilizarán los formatos mencionados anteriormente para recolectar datos de campo, los cuales son cuantitativos y cualitativos. Estos datos serán procesados para luego ser presentados en tablas y figuras estadísticas que ayudarán a demostrar las hipótesis planteadas en la presente tesis.

La información obtenida se presentará en cuadros y gráficos, a partir de la distribución de frecuencias encontradas, utilizando el método de LookAhead Planning, Just in Time y el Porcentaje de Plan de Cumplimiento (PPC).

Para procesar los datos obtenidos se utilizaron software y materiales de escritorio; los cuales fueron:

- Una PC Core i5 con el software de Microsoft Office Excel para introducir la información, procesarla y generar los cuadros y gráficos.
- El recurso para el análisis de la planificación será Microsoft Project (MS Project).

4.4 Diseño muestral

En este proyecto se utilizará muestras representativas para recolectar datos de productividad de las personas que

ejecutan una partida; así como también cada actividad involucrada en la ejecución de la partida.

4.4.1 Marco muestral

En esta investigación, la población utilizada para el muestreo fue todo el personal involucrado en la ejecución de la obra “Mejoramiento de los Servicios de Salud en el Establecimiento de Salud Picota, Provincia de Picota - Región San Martín”.

4.4.2 Método de muestreo

El muestreo para determinar los rendimientos de cada partida fue al total de los colaboradores involucrados en realizar la actividad, ya que previamente se realizó un dimensionamiento de cuadrillas.

4.5 Aspectos éticos

La presente tesis fue elaborada con los datos obtenidos de la ejecución de la obra “Mejoramiento de los Servicios de Salud, en el Establecimiento de Salud de Picota, Provincia de Picota – Región de San Martín”, cuyo expediente técnico y ejecución fueron supervisados por el Consorcio Hospitalario San Martín, el mismo que ganó el concurso público pertinente. La ejecución la realizó la Empresa Chung & Tong Ingenieros S.A.C luego de ganar una licitación pública.

El proyecto inicial está registrado en el Ministerio de Economía y Finanzas con Código SNIP 227148 y fue aprobado por medio de la ley Ley N° 30191: Proyectos de Inversión Pública de Prevención Preparación ante Situaciones de Desastre, con un monto de inversión de 52'323,102.98 millones de soles.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Análisis e interpretación de los resultados

En el presente capítulo se muestran los resultados de la implementación del Sistema Last Planner en las obras civiles del Centro de Salud Picota – San Martín. El análisis de resultados se hará principalmente por medio del PPC y la Curva S de avance del proyecto.

5.1.1 Diseño de cuadrillas y productividad

Luego de realizar la sectorización del proyecto se procede a realizar el metrado de cada sector para generar las cuadrillas y el dimensionamiento de las mismas. Esta etapa es importante, ya que se conocerá la cantidad a ejecutar por cada partida de las obras civiles del proyecto.

Las actividades a considerar en la construcción del proyecto, se encuentran en la NTP- Metrados para obras de edificaciones y habilitaciones urbanas. Todas las actividades que deben de ejecutarse para la fase del casco de cada bloque del proyecto son solo para obras civiles estas. Estas actividades comprenden un total de 27, las cuales son:

- Trazo y excavación
- Encofrado de falsa zapata

- Concreto de falsa zapata
- Trazo y encofrado de cimientto corrido
- Colocación acero en columna
- Concreto en cimientto corrido
- Trazo y colocación de acero en sobre cimientto reforzado
- Encofrado de sobre cimientto reforzado
- Vaciado de concreto en sobre cimientto reforzado
- Desencofrado sobre cimientto reforzado
- Encofrado de sobre cimientto simple
- Instalaciones eléctricas y sanitarias
- Vaciado de concreto en sobre cimientto simple
- Desencofrado sobre cimientto simple
- Relleno y compactación
- Instalaciones sanitarias
- Vaciado de concreto en falso piso
- Muros de albañilería (1era etapa)
- Muros de albañilería (2da etapa)
- Encofrado y desencofrado de columnas
- Vaciado de concreto en columnas
- Colocación de acero en vigas dintel
- Encofrado y desencofrado en vigas dintel
- Vaciado de concreto en vigas dintel
- Encofrado y desencofrado de losa
- Vaciado de concreto en losa

Con el metrado de los sectores se procedió a generar el dimensionamiento de las cuadrillas, con el cual se podrá hacer la comparación entre los rendimientos presupuestados y los rendimientos reales de obra, esto será analizado más adelante en el desarrollo de esta tesis. En la Figura 37 se observa el metrado realizado para cada sector del proyecto.

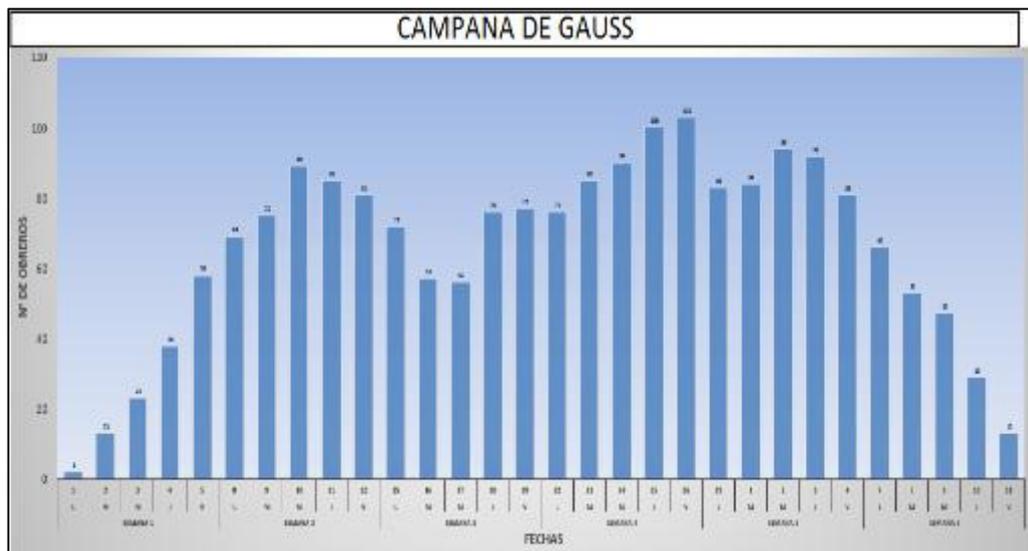
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO VIGAS	m2	1,644.12	0.1	1	1	0	10	23.49	1 DIA	49.32	50	7	234.87
CONCRETO EN VIGAS	m3	135.57	0.2	2	2	10	12	1.61	1 DIA	22.92	23	7	19.37
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA	m2	1,514.77	0.1	1	1	0	12	18.03	1 DIA	37.87	38	7	216.40
CONCRETO EN LOSA	m3	324.61	0.3	3	2	11	25	1.85	1 DIA	30.24	31	7	46.37

Elaborado por los autores

Para un mejor control de las horas hombre empleadas en la ejecución del proyecto, se generó un histograma por medio de una Campana de Gauss. A continuación, se muestra el control del histograma de las Horas Hombres que se van a ejecutar en base a la planificación diseñada para los sectores E y D.

Figura 37. Histograma y campana de Gauss

SEMANA	SEMANA 1					SEMANA 2					SEMANA 3					SEMANA 4					SEMANA 5					SEMANA 6									
DÍA	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V					
FECHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
TOTAL HORAS DE OBRA	2	12	22	32	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340
TOTAL HHS	17	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510



Elaborado por los autores

Para evaluar los rendimientos de obra y verificar que se estén cumpliendo según lo programado se evaluarán los rendimientos de vaciado de concreto en el sector F. La evaluación será entre las semanas 14 y 15 durante la implementación del Sistema Last Planner.

La productividad se mide entre la división de lo ejecutado sobre lo programado según el presupuesto de obra. En el siguiente cuadro se observa la productividad de esta actividad.

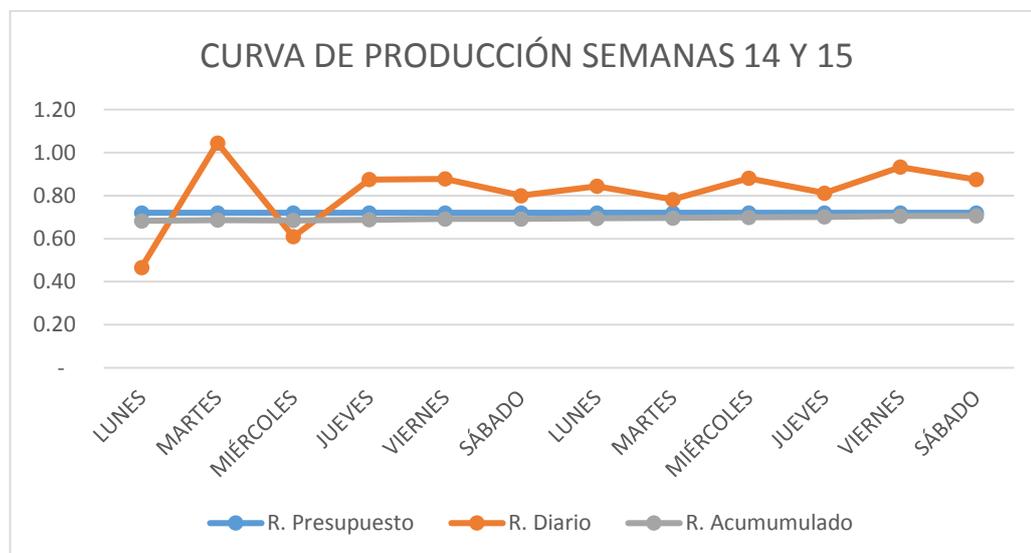
Tabla 7. Rendimiento Acumulado para concreto

CONCRETO													
ITEM	UND	SEMANA 14						SEMANA 15					
		LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
MET. REAL	m3	21	23	25	35	36	12	38	36	37	39	42	14
MET. REAL ACU	m3	1613	1636	1661	1696	1732	1744	1782	1818	1855	1894	1936	1950
MET. PROG.	m3	45	22	41	40	41	15	45	46	42	48	45	16
MET. PROG. ACU.	m3	2360.2	2382.2	2423.2	2463.2	2504.2	2519.2	2564.2	2610.2	2652.2	2700.2	2745.2	2761.2
R. Presupuesto		0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
R. Diario		0.47	1.05	0.61	0.88	0.88	0.80	0.84	0.78	0.88	0.81	0.93	0.88
R. Acumu.		0.68	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.70	0.70	0.70	0.71	0.71

Elaborado por los autores

En el cuadro se puede observar que el rendimiento según el presupuesto de obra era de 0.72 y el rendimiento diario inicialmente es variable para luego de la implementación del Sistema Last Planner ir uniformizándose. Esto se puede apreciar en la Figura 39.

Figura 38. Curva de Producción de concreto



Elaborado por los autores

La curva de productividad es una gráfica que permitió observar de forma más sencilla los avances semanales de obra. La curva de productividad se realiza para cada partida que se ejecuta en el proyecto. Debido a la complejidad y la magnitud de este proyecto se buscó generar una curva de producción asociada a la partida más crítica, vaciado de concreto.

En la curva de producción de la Figura 39 se observa que el rendimiento diario se va normalizando, ya que al inicio tenía picos muy separados lo que podría indicar que algunas actividades no se están cumpliendo, esto se comprobará en el Porcentaje de Plan de Cumplimiento PPC.

5.1.2 Porcentaje de Plan de Cumplimiento

El porcentaje de Plan de Cumplimiento está directamente relacionado con el avance físico de la obra y este se obtiene por medio de la división de las actividades completadas entre las actividades programadas. Las actividades no completadas no son tomadas en cuenta para este análisis.

Para el análisis de cumplimiento se consideró como inicio a la semana 14, donde aún no se había implementado el Sistema Last Planner en la obra, y concluyó en la semana 35, cuando las obras civiles terminaron y solo quedaron por ejecutar los acabados y la implementación del centro de salud.

$$PPC (\%) = \frac{\text{Cantidad de actividades culminadas}}{\text{Cantidad de actividades programadas}} \times 100\%$$

a) Porcentaje de plan completado – Sector E

Debido a la magnitud del proyecto se mostrarán los resultados correspondientes al sector E en las semanas 15, semana 22 y semana 32 respectivamente. Los resultados finales para este sector serán mostrados en un cuadro resumen.

- Semana 15: Bloque E

Tabla 8. PPC semana 15 - Bloque E

PPC Semana 15 – Bloque E	
Actividades al 100%	7
Actividades no completadas	5
Actividades programadas	12
% de cumplimiento	58%

Elaborado por los autores

- Semana 22: Bloque E

Tabla 9: PPC semana 22 - Bloque E

PPC Semana 22 – Bloque E	
Actividades al 100%	9
Actividades no completadas	4
Actividades programadas	12
% de cumplimiento	75%

Elaborado por los autores

- Semana 32: Bloque E

Tabla 10. PPC semana 32 - Bloque E

PPC Semana 32 – Bloque E	
Actividades al 100%	10
Actividades no completadas	2
Actividades programadas	12
% de cumplimiento	83%

Elaborado por los autores

- Resumen Bloque E

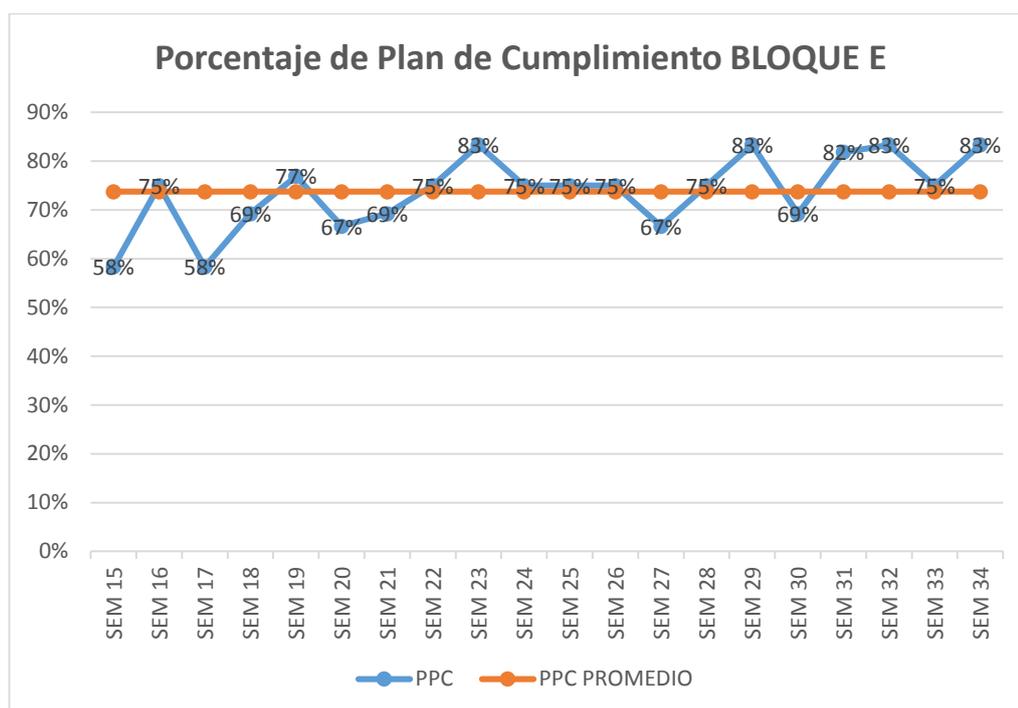
Tabla 11. Resumen PPC Bloque E

ITEM	Actividad Programada	Actividad no completada	Actividades programadas	PPC
SEMANA 15	7	5	12	58%
SEMANA 16	9	3	12	75%
SEMANA 17	7	5	12	58%
SEMANA 18	9	4	13	69%
SEMANA 19	10	3	13	77%
SEMANA 20	8	4	12	67%
SEMANA 21	9	4	13	69%
SEMANA 22	9	3	12	75%
SEMANA 23	10	2	12	83%
SEMANA 24	9	3	12	75%
SEMANA 25	9	3	12	75%
SEMANA 26	9	3	12	75%
SEMANA 27	8	4	12	67%
SEMANA 28	9	3	12	75%
SEMANA 29	10	2	12	83%
SEMANA 30	9	4	13	69%
SEMANA 31	9	2	11	82%
SEMANA 32	10	2	12	83%
SEMANA 33	9	3	12	75%
SEMANA 34	10	2	12	83%
PROMEDIO	179	64	243	74%

Elaborado por los autores

El promedio de actividades cumplidas da un total de 74% para las actividades del Bloque E durante la ejecución de toda la obra civil del proyecto. En el gráfico se puede ver la evolución de la curva versus la media de avance.

Figura 39. PPC Bloque E



Elaborado por los autores

De los gráficos se puede concluir lo siguiente:

- El Porcentaje de Plan de Cumplimiento durante las primeras semanas está por debajo de lo esperado debido a que son las primeras semanas luego de la implementación del Sistema Last Planner, esto se puede apreciar mejor en la Figura 41.
- El plan de cumplimiento no era constante durante toda la ejecución del proyecto, pero aumentó de manera considerable, ya que se tenía un mayor control de las actividades a realizar.

Tabla 12. Resumen PPC Acumulado Bloque E

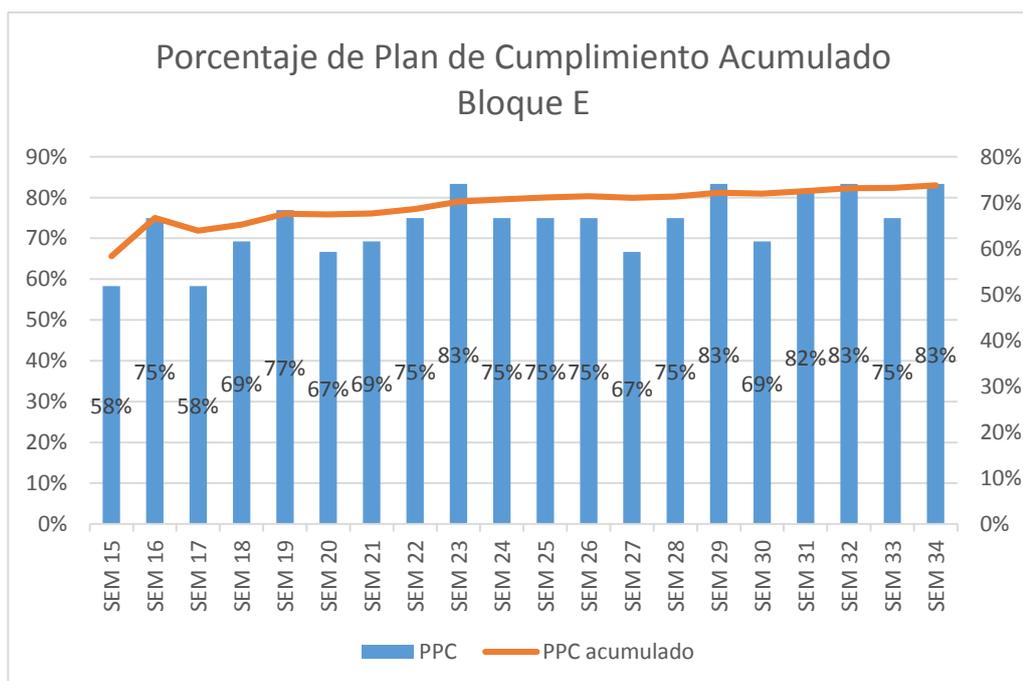
ITEM	Actividad Programada	Actividad no completada	Actividades programadas	PPC	PPC ACUMULADO
SEMANA 15	7	5	12	58%	58%
SEMANA 16	9	3	12	75%	67%
SEMANA 17	7	5	12	58%	64%
SEMANA 18	9	4	13	69%	65%
SEMANA 19	10	3	13	77%	68%
SEMANA 20	8	4	12	67%	67%

SEMANA 21	9	4	13	69%	68%
SEMANA 22	9	3	12	75%	69%
SEMANA 23	10	2	12	83%	70%
SEMANA 24	9	3	12	75%	71%
SEMANA 25	9	3	12	75%	71%
SEMANA 26	9	3	12	75%	71%
SEMANA 27	8	4	12	67%	71%
SEMANA 28	9	3	12	75%	71%
SEMANA 29	10	2	12	83%	72%
SEMANA 30	9	4	13	69%	72%
SEMANA 31	9	2	11	82%	73%
SEMANA 32	10	2	12	83%	73%
SEMANA 33	9	3	12	75%	73%
SEMANA 34	10	2	12	83%	74%

Elaborado por los autores

Como se observa, el acumulado muestra que el control de actividades fue creciente, lo que a su vez demuestra que la implementación del Sistema Last Planner mejoró la planificación en las actividades, esto se puede observar en la Figura 41.

Figura 40. PPC Acumulado Bloque E



Elaborado por los autores

Desde la semana 15, se tuvo un mayor control de avance para las actividades completadas al 100%.

b) Porcentaje de Plan de Cumplimiento Sector F

En este sector se dio un tratamiento distinto, ya que para poder ver el impacto que generaría la implementación del Sistema Last Planner en el proyecto es que se tomaron datos aproximados de las actividades cumplidas en semanas anteriores a la implementación.

Del mismo modo que el Bloque F se presentarán las tablas significativas de las semanas 12, 13, 15, 22 y 32 para ver como fue el impacto durante la implementación del Sistema Last Planner.

- Semana 13: Bloque F

Tabla 13. PPC semana 13 Bloque F

PPC Semana 13 – Bloque F	
Actividades al 100%	5
Actividades no completadas	10
Actividades programadas	15
% de cumplimiento	33%

Elaborado por los autores

- Semana 14: Bloque F

Tabla 14. PPC semana 14 Bloque F

PPC Semana 14 – Bloque F	
Actividades al 100%	9
Actividades no completadas	4
Actividades programadas	12
% de cumplimiento	75%

Elaborado por los autores

- Semana 15: Bloque F

Tabla 15. PPC semana 15 Bloque F

PPC Semana 15 – Bloque F	
Actividades al 100%	6
Actividades no completadas	8
Actividades programadas	14
% de cumplimiento	43%

Elaborado por los autores

- Semana 22: Bloque F

Tabla 16. PPC semana 22 Bloque F

PPC Semana 15 – Bloque F	
Actividades al 100%	11
Actividades no completadas	3
Actividades programadas	14
% de cumplimiento	64%

Elaborado por los autores

- Semana 22: Bloque F

Tabla 17. PPC semana 32 Bloque F

PPC Semana 15 – Bloque F	
Actividades al 100%	9
Actividades no completadas	3
Actividades programadas	12
% de cumplimiento	72%

Elaborado por los autores

- Resumen Bloque F

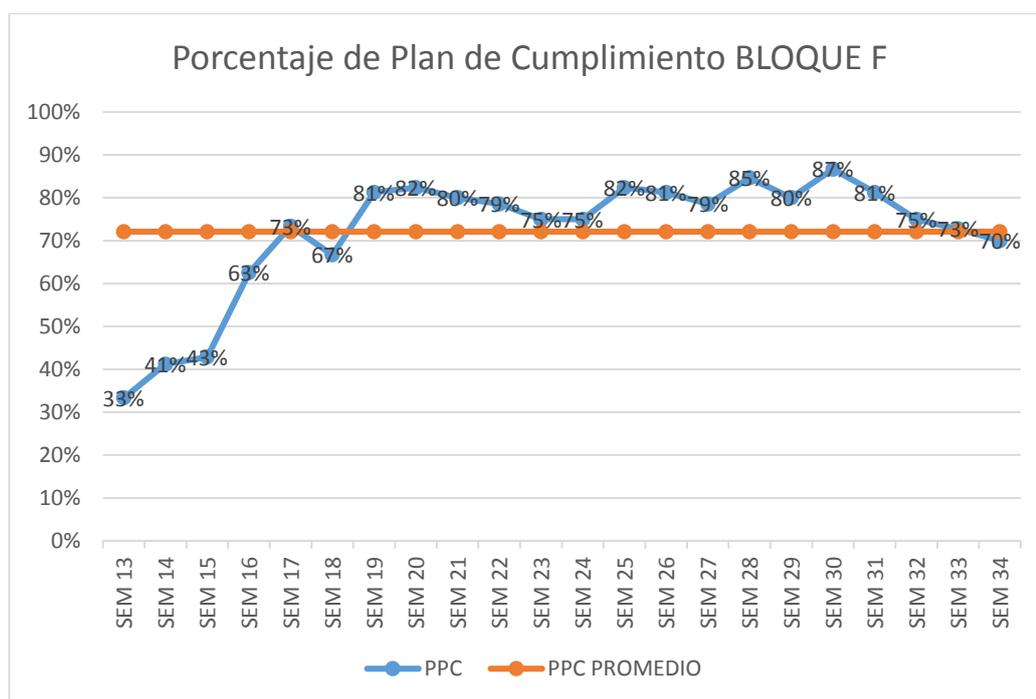
Tabla 18. Resumen Bloque F

ITEM	Actividad Programada	Actividad no completada	Actividades programadas	PPC
SEMANA 13	5	10	15	33%
SEMANA 14	7	10	17	41%
SEMANA 15	6	8	14	43%
SEMANA 16	10	6	16	63%
SEMANA 17	11	4	15	73%
SEMANA 18	10	5	15	67%
SEMANA 19	13	3	16	81%
SEMANA 20	14	3	17	82%
SEMANA 21	12	3	15	80%
SEMANA 22	11	3	14	79%
SEMANA 23	12	4	16	75%
SEMANA 24	12	4	16	75%
SEMANA 25	14	3	17	82%
SEMANA 26	13	3	16	81%
SEMANA 27	11	3	14	79%
SEMANA 28	11	2	13	85%
SEMANA 29	8	2	10	80%
SEMANA 30	13	2	15	87%
SEMANA 31	13	3	16	81%
SEMANA 32	9	3	12	75%
SEMANA 33	8	3	11	73%
SEMANA 34	7	3	10	70%
PROMEDIO	230	90	320	72%

Elaborado por los autores

El promedio de actividades cumplidas fue un total de 72% para el Bloque F, ya que también se estimaron datos de las actividades cumplidas al 100%, 2 semanas antes de implementar el Sistema Last Planner. Se puede observar en el siguiente gráfico la evolución de la curva versus la media de avance.

Figura 41. PPC Bloque F



Elaborado por los autores

Del mismo modo también se elaborará una curva de avance acumulado para observar como fue el comportamiento de cumplimiento de las actividades programadas a lo largo de la ejecución de la obra.

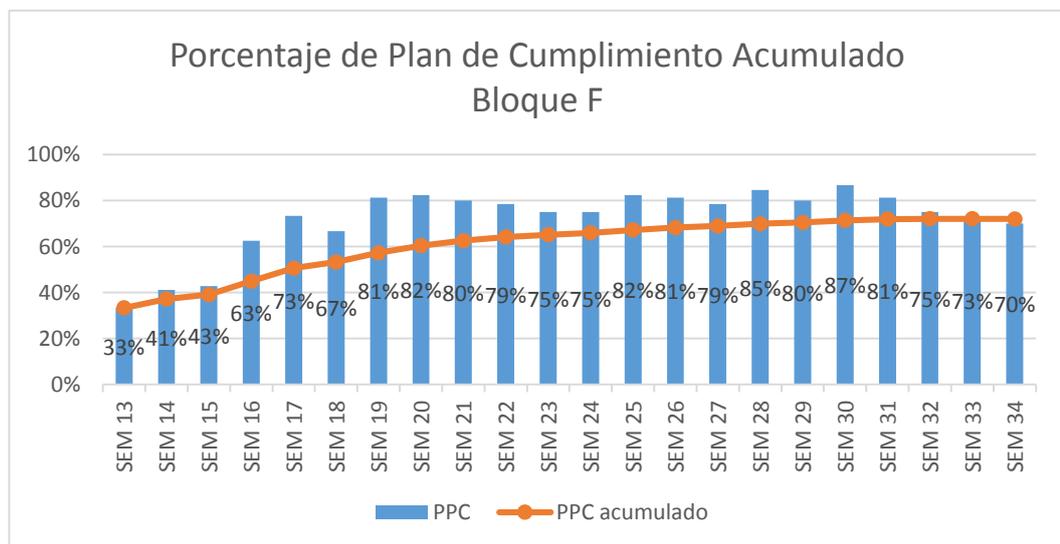
Tabla 19. Resumen Acumulado Bloque F

ITEM	Actividad Programada	Actividad no completada	Actividades programadas	PPC	PPC ACUMULADO
SEMANA 15	7	5	12	58%	58%
SEMANA 16	9	3	12	75%	67%
SEMANA 17	7	5	12	58%	64%
SEMANA 18	9	4	13	69%	65%
SEMANA 19	10	3	13	77%	68%
SEMANA 20	8	4	12	67%	67%
SEMANA 21	9	4	13	69%	68%
SEMANA 22	9	3	12	75%	69%
SEMANA 23	10	2	12	83%	70%
SEMANA 24	9	3	12	75%	71%
SEMANA 25	9	3	12	75%	71%

SEMANA 26	9	3	12	75%	71%
SEMANA 27	8	4	12	67%	71%
SEMANA 28	9	3	12	75%	71%
SEMANA 29	10	2	12	83%	72%
SEMANA 30	9	4	13	69%	72%
SEMANA 31	9	2	11	82%	73%
SEMANA 32	10	2	12	83%	73%
SEMANA 33	9	3	12	75%	73%
SEMANA 34	10	2	12	83%	74%

Elaborado por los autores

Figura 42. PPC Acumulado Bloque F



Elaborado por los autores

Como se observa en la curva durante las semanas 13 y 14 donde no se había implementado el Sistema Last Planner, el cumplimiento de las actividades estaba por debajo del 50%. Esto se debía a la mala planificación de la obra y falta de control de avance.

Entre los Bloques E y F se observa que en la semana 15 hay un incremento en el porcentaje de cumplimiento de las actividades debido a que ya se tenía un mayor control y un plan de avance para la semana; además, no había restricciones que pudieran detener el avance programado.

5.1.3 Carta Balance

Para un mejor análisis de las actividades ejecutadas es que se realiza un balance de los trabajos, productivos, contributorios y no contributorios asociados a la ejecución de una partida en específico. En este caso se evaluará una partida crítica, la cual es el vaciado de elementos verticales.

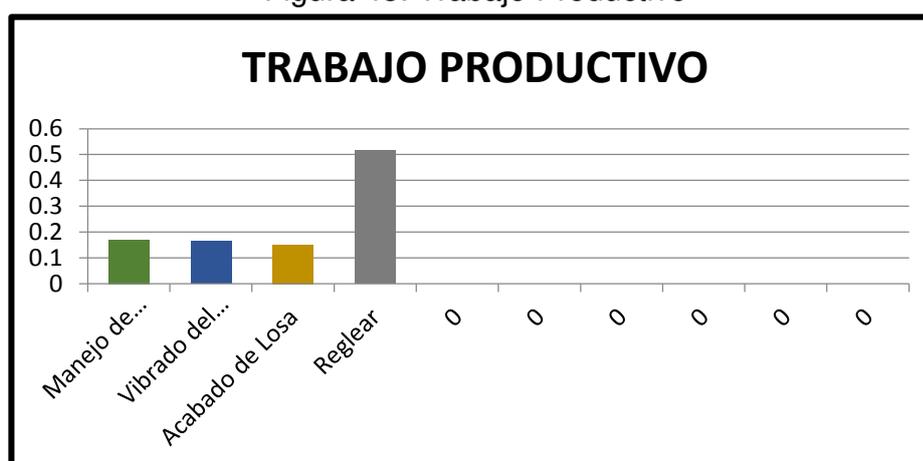
En el vaciado de elementos verticales primero se identificarán las actividades según su característica productivo, contributorio y no contributorio. Luego de identificar estas características, se empleará la herramienta Carta Balance para evaluar la actividad.

Tabla 20. Trabajo Productivo

Actividad (TP)	36%
Manejo de Manguera	17%
Vibrado del Concreto	16%
Acabado de Losa	15%
Reglear	52%

Elaborado por los autores

Figura 43. Trabajo Productivo



Elaborado por los autores

En los trabajos productivos se observa que la actividad con mayor incidencia es la del manejo de la manguera. Las

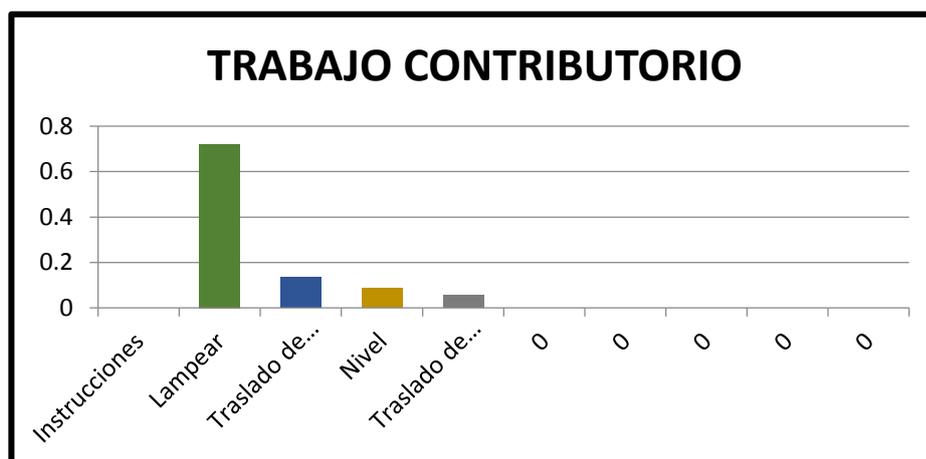
actividades productivas representan el 36% del total de actividades ejecutadas en una partida.

Tabla 21. Trabajos Contributorios

Actividad (TC)	21%
Traslado de Manguera	13%
Lampear	72%
Nivel	9%
Traslado de materiales	6%

Elaborado por los autores

Figura 44. Trabajo Contributorio



Elaborado por los autores

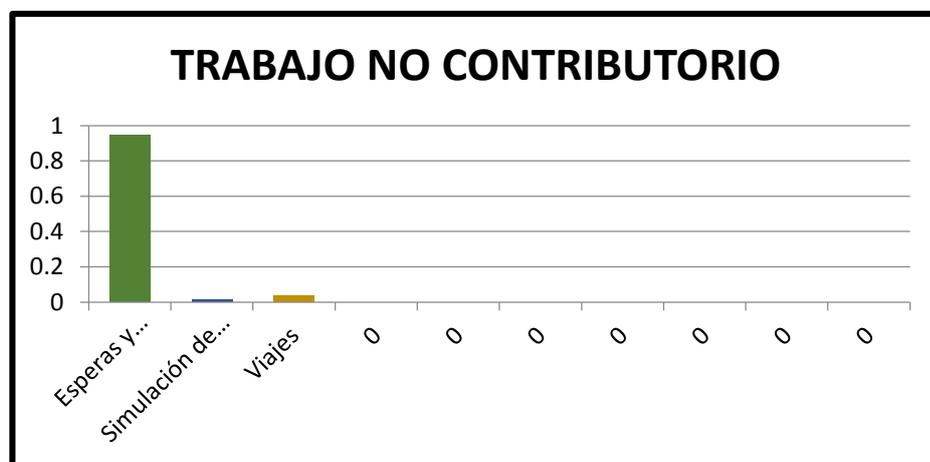
Sobre los trabajos contributorios, el que tiene mayor incidencia es el de lampear el concreto, esta actividad representa el 72% del total, lo cual indica que el concreto no siempre es colocado en su posición final desde el inicio, sino se mueve de posición para completar lo faltante dentro de los encofrados. Por otro lado, las actividades contributorias representan el 21% del total de trabajos realizados en esta partida.

Tabla 22. Trabajos no Contributorios

Actividad (TC)	43%
Esperas y descanso	95%
Simulaciones de Trabajo	2%
Viajes	4%

Elaborado por los autores

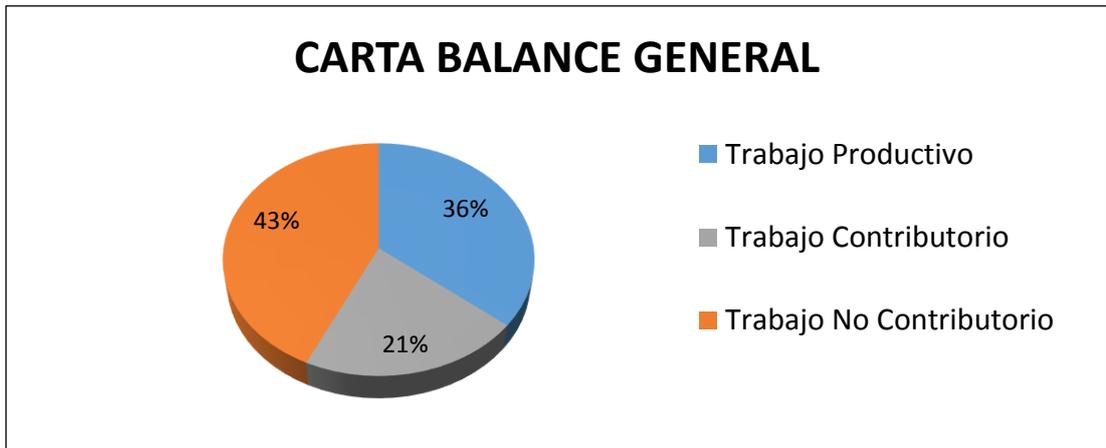
Figura 45. Trabajo No Contributorio



Elaborado por los autores

Los trabajos no contributorios representan el 43% del total de trabajos realizados, esto se debe a que hay mucho tiempo muerto entre cada entrega de mezcla de concreto. Este trabajo es muy incidente y es algo en lo que se debe trabajar.

Figura 46. Carta Balance



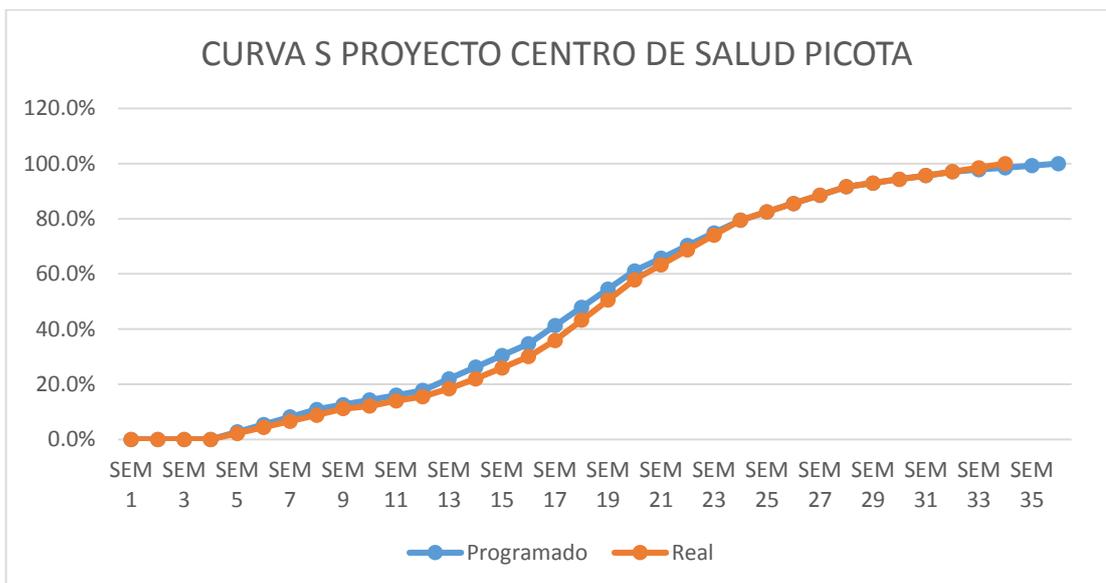
Elaborado por los autores

La Carta Balance indica que el porcentaje de trabajos que no contribuyen a la producción representan un mayor porcentaje del total. Esto se debe a que no se ha establecido un procedimiento correcto durante la ejecución de esta partida.

5.1.4 Curva S y avance de obra

El avance de la obra civil en su totalidad se ve representado en la siguiente curva S.

Figura 47. Curva S Centro de Salud Picota



Elaborado por los autores

Como se observa en la curva se ve que hay un retraso de 3.6% en la semana 13 y de seguir así no se llegaría al plazo contractual establecido lo que daría pie a no concluir la obra y una posible terminación del contrato.

Luego de implementar el Sistema Last Planner se buscó eliminar este retraso y concluir la obra en el tiempo esperado, como se puede observar la obra civil terminó un par de semanas antes debido a la implementación del Sistema Last Planner.

CONCLUSIONES

1. La aplicación continua del Sistema Last Planner en una obra de construcción incrementa significativamente la confiabilidad de su planificación, puesto que se corroboró un incremento de la productividad para los rendimientos, a pesar que inicialmente estaba por debajo de lo previsto en el expediente técnico. Hubo mejora en la planificación, porque mediante el Sistema Last Planner se pudo revertir el atraso de 3.6% en la semana 13.
2. El Master Plan da un panorama más confiable de las actividades a realizar en la obra civil del proyecto, porque se plantean hitos y trenes de trabajo con fechas planificadas por el equipo de obra liderado por el residente.
3. El LookAhead Planning es una herramienta fundamental para la planificación a nivel intermedio, puesto que se planteó un tren de avance por sectores, con el dimensionamiento adecuado de recursos, cronograma de adquisición de materiales, levantamiento de restricciones y la retroalimentación para la mejora continua, evitando así retrasos en el cronograma. Además, por medio de la sectorización se logró tener un mayor control de avance, porque permitió medir el metrado ejecutado con respecto al metrado planificado.
4. El Porcentaje de Plan de Cumplimiento (PPC) es una herramienta de control que permitió medir la confiabilidad del sistema. En este caso se observó que en el sector F, en las semanas donde no hubo planificación,

no se llegaron a cumplir todas las actividades programadas. Al implementar el Sistema Last Planner en los sectores de evaluación E y F se llegó a un porcentaje de actividades ejecutadas de 74% y 72% respectivamente. Con la herramienta Carta Balance se permitió realizar mediciones reales en campos de trabajo productivos, contributorios y no contributorios. En este caso se evaluó la partida de vaciado de concreto donde se encontró que los descansos y esperas eran los que presentaban mayor incidencia, y se concluyó que esto se debió a un mal dimensionamiento de cuadrillas y falta de planificación.

RECOMENDACIONES

1. La planificación tradicional no analiza todas las variables en obra, generando incertidumbre durante la ejecución del proyecto. El Sistema Last Planner ayuda a mejorar la planificación, sin embargo, debe ser liderada por el residente de obra y el staff, todos ellos deben estar comprometidos en la aplicación del sistema, sus herramientas de gestión, seguimiento del sistema y la retroalimentación para la mejora continua.
2. Realizar un buen diseño del Master Plan implica sincerar metrados, trenes de trabajo y dimensionamiento de cuadrillas; lo cual permite tener fechas reales de entrega para los hitos de obra.
3. El LookAhead Planning (LAP) debe ser generado en las Reuniones Semanales de producción donde se reúnen todos los involucrados. El LAP varía de acuerdo a las necesidades de cada obra y se genera en función a un sectorizado de áreas construidas, estas deben ser de características similares, de tal forma que haya un flujo continuo de las actividades.
4. El Porcentaje de Plan de Cumplimiento debe ser realizado todas las semanas y en todos los frentes de trabajo para alimentar el sistema y hacer una retroalimentación. La herramienta Carta Balance y el análisis Causa - Raíz ayudan a analizar las actividades ejecutadas y deben ser aplicadas por lo menos una vez por semana en aquellas actividades que no se hayan ejecutado según lo planificado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, L. y Gonzales, V. (2003)** Buffers de programación: una estrategia complementaria para reducir la variabilidad en los procesos de construcción. Revista ingeniería de construcción, Vol 18, N° 2. Pontificia universidad católica de Chile, Santiago de Chile.
- Ballard, G. (2000)** The Last Planner System of Production Control, (Tesis para doctorado). Faculty of engineering, The University of Birmingham.
- Castillo, V. (2001)** “Productividad en obras de construcción: diagnóstico, crítica y propuesta” PUCP, Lima.
- Collachagua I. (2017)** “Aplicación de la filosofía Lean Construction en la construcción de departamentos multifamiliares “La Toscana”; como herramienta de mejora de la productividad, Huancayo: Universidad Continental
- Díaz, A. (2007)** “Aplicación del sistema de planificación Last Planner a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura” (Tesis de título de Ingeniería Civil). Chile: Universidad de Chile.
- Garcia, O. (2012)** “Aplicación de la metodología Lean construction en la vivienda de interés social”. COLOMBIA, Bogotá: Universidad EAN.
- Ghio, V. (2001)** Productividad en obras de construcción: diagnóstico, crítica y propuesta Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

- Glenn, H. (2000).** The Last Planner system of production control (tesis de grado). The University of Birmingham, Birmingham, Reino Unido.
- Howell, G. (1999)** “What is Lean Construction. 7th Annual Conf., International Group”. Recuperado de: <http://www.leanconstruction.org/media/docs/Howell.pdf>
- Lean Construction Institute (2007)** “The Last Planner Production System Workbook” Recuperado de: <https://www.leanconstruction.org/wp-content/uploads/2016/06/Last-Planner-Workbook-rev5.pdf>
- Koskela, L. (1992)** “Application of the new production philosophy to construction”. VTT Building Technology. Technical Report #72, Center for Integrated Facilities Engineering, Stanford University
- Orihuela, P. (2013)** “Gestión de la producción aplicando la filosofía Lean”
- Porras, H., Sánchez, O., Galvis, A. (2014).** Lean Construction philosophy for the management of construction projects: a current review. Recuperado de <http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/avances-11/art4.pdf>
- Ramirez, C. (2012).** Optimización de procesos constructivos en el condominio Bolognesi – puente piedra (tesis de grado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- Samohod, A. (2018)** “Separatas y apuntes del curso”
- Sanchis, I. (2013)** “Last Planner System un caso de estudio”. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Serpell, A. (2002)** “Administración de Operaciones de construcción. México, México”
- Toledo, A. (2017).** Mejoramiento de la planificación operacional mediante la implementación de la filosofía Lean Construction en el proyecto ampliación y mejoramiento del hospital de Moquegua nivel II-2 ubicado en el departamento de Moquegua (tesis de grado). Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua, Perú.

Womack, J., Jones, D., y Ross D. (1990). “The Machine that Changed the World”. Recuperado de:
<http://web.mit.edu/esd.83/www/notebook/machine.pdf>

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Contrato de obra	81
Anexo 2. Plano de Ubicación	82
Anexo 3. Formato 1 LookAhead Planning	83
Anexo 4. Sectorización del proyecto Centro de Salud Picota - San Martín	84
Anexo 5. Metrados por sector Centro de Salud Picota – San Martín	85
Anexo 6. Formato para programación diaria de avance de obra	86
Anexo 7. Formato de Carta Balance	87
Anexo 8. Formato de Análisis de Restricciones	88
Anexo 9. Análisis de Causa - Raíz	88
Anexo 10. Panel fotográfico	90

Anexo 1. Contrato de obra

CONTRATO. PARA ELABORACIÓN DE EXPEDIENTE TÉCNICO Y EJECUCIÓN DE LA OBRA: "MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE SALUD EN EL ESTABLECIMIENTO DE SALUD PICOTA, PROVINCIA DE PICOTA-REGIÓN SAN MARTÍN" – ÍTEM N° 01

N° 084 - 2013-GRSM-PEHCBM/PS

CONCURSO PÚBLICO N° 4-2013-GRSM-PEHCBM/CE - I CONVOCATORIA



Conste en el presente documento, el contrato para elaboración de expediente técnico y ejecución de obra, que celebran de una parte el **Proyecto Especial Hualлага Central y Bajo Mayo**, con R.U.C. N° 20148168955 y domicilio en Av. Circunvalación s/n. ex Campamento Cooperholta, del Distrito de Tarapoto, Provincia y Departamento de San Martín; debidamente representado por su Gerente General **Ing. Wiler Javier Hidalgo Lecca**, identificado con DNI. N° 00905448, designado mediante Resolución Ejecutiva Regional N° 926-2011-GRSM/PGR, ratificado con Resolución Ejecutiva Regional N° 043-2013-GRSM/PGR; en adelante denominado **EL PROYECTO**, y, de otra parte el **CONSORCIO SALUD PICOTA**, con domicilio legal en Av. Del Pinar N° 180, Oficina 803-Urb. Chacarilla de Estanquesurco, Provincia y Departamento de Lima, conformado por la Empresa **Construcción y Administración S.A.**, con RUC N° 20109565017, con domicilio legal en Av. Javier Prado Este N° 4109-Santiago de Surco-Lima, representada por su Apoderado Sr. **Jaime Eduardo Sánchez Bernal**, identificado con C.E. N° 000549307, según poder inscrito en la partida electrónica N° 02003740, del Registro de Personas Jurídicas de Lima; la Empresa **Chung & Tong Ingenieros SAC.**, con RUC N° 20503563704, con domicilio legal en Av. Del Pinar N° 180, Oficina 803-Urb. Chacarilla de Estanquesurco, Provincia y Departamento de Lima, representada por sus Gerentes Sr. **Marco Alexander Tong Pizango**, identificado con DNI. N° 10006270 y Sr. **Julio William Chung Ríos**, identificado con DNI. N° 09641510, según poder inscrito en la partida electrónica N° 11337835, del Registro de Personas Jurídicas de Lima, asiento A0001 y la Empresa **SAINC Ingenieros Constructores S.A. Sucursal del Perú**, con RUC N° 20523534590, con domicilio legal en Av. 28 de Julio N° 757, Oficina 401 distrito de Miraflores-Lima, representada por su Apoderado Sr. **Juan Carlos Velásquez Urrego**, identificado con C.E. N° 000620478, según poder inscrito en la partida electrónica N° 12365035, del Registro de Personas Jurídicas de Lima, asiento A0001, rectificado por el Asiento A0003 designando como **Representante Legal Titular al Sr. Julio William Chung Ríos**, identificado con DNI. N° 09641510, a quien en lo sucesivo se le denominará **EL CONTRATISTA**; en los términos y condiciones siguientes:

CLÁUSULA PRIMERA : ANTECEDENTES

Con Resolución Gerencial N° 496-2013-GRSM-PEHCBM/GG, de fecha 12.07.2013, se ha designado miembros del Comité Especial para llevar a cabo el proceso de Licitación Pública N° 4-2013-GRSM-PEHCBM/CE-I Convocatoria (Ítem 1), para la elaboración del expediente técnico y Ejecución de la Obra: "Mejoramiento de los

CONSORCIO SALUD PICOTA

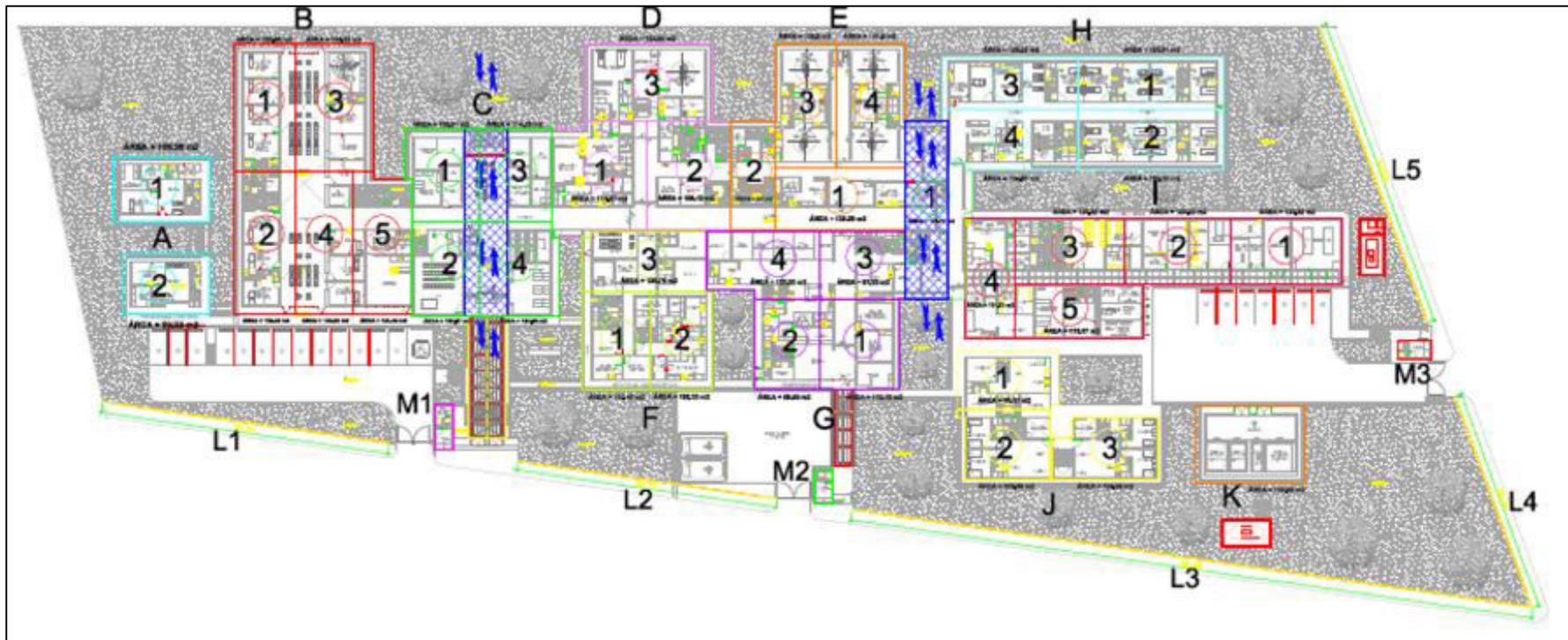
Ing. Julio W. Chung Ríos
Representante Legal

1

Anexo 2. Plano de Ubicación



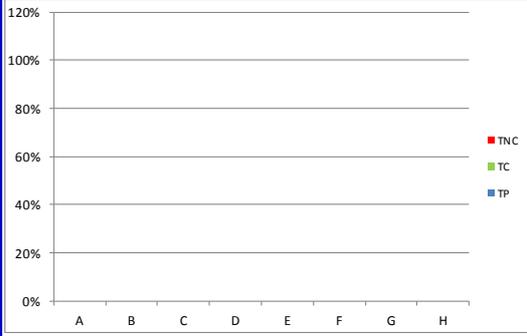
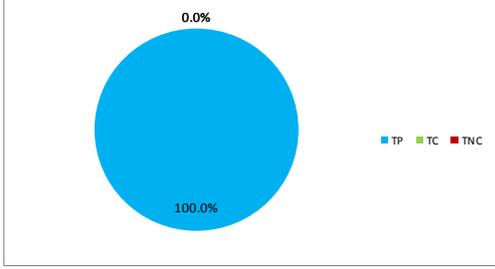
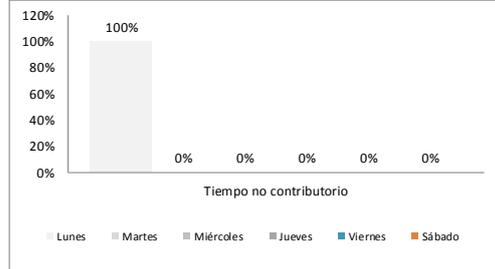
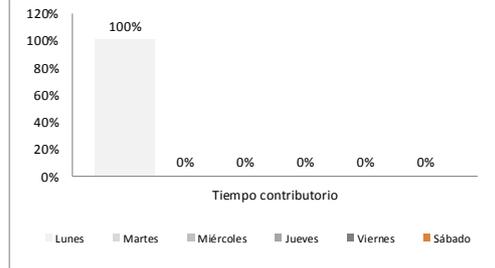
Anexo 4. Sectorización del proyecto Centro de Salud Picota - San Martín



Anexo 5. Metrados por sector Centro de Salud Picota – San Martín

NORMAL TECNOLÓGICA - CASCO																																									
OBRA: MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE HOSPITAL DE PICOTA, PROVINCIA DE PICOTA, REGIÓN SAN MARTÍN																																									
CONSORCIO SALUD PICOTA																																									
N°	ACTIVIDADES	METRADOS																										TOTAL	PROMEDIO												
		A		B				C				D			E		E-G	F			G				H					I					J						
		S1BA ÁREA	S2BA ÁREA	S1BB ÁREA	S2BB ÁREA	S3BB ÁREA	S4BB ÁREA	S5BB ÁREA	S1BC ÁREA	S2BC ÁREA	S3BC ÁREA	S4BC ÁREA	S1BD ÁREA	S2BD ÁREA	S3BD ÁREA	S1BE ÁREA	S2BE ÁREA	S3BE ÁREA	S4BE ÁREA	S1BG ÁREA	S2BG ÁREA	S3BG ÁREA	S4BG ÁREA	S1BH ÁREA	S2BH ÁREA	S3BH ÁREA	S4BH ÁREA			S1BI ÁREA	S2BI ÁREA	S3BI ÁREA	S4BI ÁREA	S5BI ÁREA	S1BJ ÁREA	S2BJ ÁREA	S3BJ ÁREA				
01	TRAZO Y EXCAVACIÓN	79.11	65.60	118.78	134.68	147.34	121.70	126.57	104.38	98.70	118.81	108.73	164.18	148.11	157.32	65.15	93.21	86.63	95.24	110.66	106.81	98.86	122.56	98.76	79.07	70.06	57.36	90.67	106.76	85.42	95.58	93.42	90.87	91.66	76.59	18.52	83.18	86.39	87.22	3,728.18	98.11
02	ENCOFRADO DE FALSA ZAPATA	88.98	73.77	82.55	93.6	102.4	84.58	87.96	56.75	53.66	64.59	59.11	152.06	137.17	145.67	60.00	101.39	94.24	103.60	80.56	104.56	96.78	119.98	86.23	81.91	78.99	64.54	109.85	129.34	103.49	115.79	111.80	108.74	109.69	91.66	104.34	98.85	102.66	103.66	3,625.51	95.41
03	CONCRETO FALSA ZAPATA	26.98	22.37	25.16	28.52	31.2	25.77	26.8	17.33	16.39	19.73	18.05	46.42	41.88	44.48	18.47	31.21	29.01	31.89	49.35	32.24	29.84	36.99	20.74	25.05	24.73	20.21	32.95	38.80	31.05	34.74	34.63	33.68	33.97	28.39	32.32	30.18	31.34	31.65	1,135.09	29.87
04	TRAZO Y ENCOFRADO CIMENTO CORRIDO	67.29	55.79	61.45	69.68	76.23	62.96	65.48	42.56	40.24	48.44	44.33	111.98	101.02	107.43	22.07	37.30	34.67	38.11	64.59	73.69	68.21	84.56	42.96	53.12	51.23	41.86	82.39	97.00	77.62	86.84	83.85	81.56	82.27	68.75	78.25	74.14	77.00	77.74	2,534.66	66.70
05	TRAZO Y BALIZAJE PARA COLUMNAS	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	38.00	1.00
06	COLOCACIÓN DE COLUMNAS	2324.31	1927.22	1355.29	1536.74	1681.16	1388.62	1444.17	1363.14	1287.02	1549.25	1417.85	2219.71	2002.56	2127.01	880.42	1487.90	1382.90	1520.33	651.09	1286.08	1190.44	1475.79	897.76	1110.29	1070.70	874.84	1321.18	1793.06	1433.08	1603.43	996.11	969.03	977.48	816.82	929.77	1105.60	1148.27	1159.41	51,902.01	1,365.84
07	CONCRETO CIMENTO CORRIDO	20.23	16.78	18.59	21.08	23.06	19.05	19.81	13	12.29	14.79	13.54	34.21	30.86	32.78	11.66	2.80	12.60	2.86	44.52	22.69	21	26.04	13.70	16.95	16.34	13.36	24.72	29.10	23.28	26.05	25.97	25.26	25.48	21.29	24.24	22.63	23.51	23.73	789.84	20.79
08	TRAZO Y COLOCACIÓN DE ACERO EN S/C REF. + LIMPIEZA DE ACERO	308.77	256.01	300.59	340.83	372.86	307.98	320.30	229.55	217.05	261.27	239.11	477.48	430.77	457.54	241.39	407.95	379.16	416.84	178.54	385.63	356.95	442.51	208.03	298.51	249.30	203.70	374.40	440.83	352.72	394.65	401.90	390.90	394.31	329.50	375.07	356.98	370.76	374.35	12,806.00	337.00
09	INSTALACIONES SANITARIAS - PASES DE DESAGÜE	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	38.00	1.00
10	ENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO REFORZADO	62.86	52.12	68.06	77.18	84.43	69.74	72.53	52.38	49.53	59.62	54.56	109.32	98.62	104.75	65.18	93.25	86.67	95.29	69.53	90.91	84.15	104.32	50.15	62.02	69.81	48.67	102.98	121.26	97.02	108.55	104.82	101.95	102.84	85.93	97.82	79.42	82.49	83.29	3,084.23	81.16
11	VACIADO DE CONCRETO EN SOBRECIMIENTO REFORZADO	4.71	3.91	6.82	6.21	7.04	6.36	6.62	5.49	5.19	6.25	5.72	8.20	7.40	7.86	4.14	6.99	6.50	7.15	37.70	6.82	6.32	7.82	3.76	4.65	4.49	3.67	7.72	9.09	7.28	8.14	8.36	8.13	8.20	6.85	7.80	5.96	6.19	6.25	277.76	7.31
12	DESENCOFRADO S/C REF. + TRAZO S/C SIMPLE	62.86	52.12	68.06	77.18	84.43	69.74	72.53	52.38	49.53	59.62	54.56	109.32	98.62	104.75	65.18	93.25	86.67	95.29	69.53	90.91	84.15	104.32	50.15	62.02	69.81	48.67	102.98	121.26	97.02	108.55	104.82	101.95	102.84	85.93	97.82	79.42	82.49	83.29	3,084.23	81.16
13	ENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO SIMPLE	24.75	20.52	27.22	30.87	33.77	27.89	29.05	20.95	19.81	23.85	21.82	109.32	98.62	104.75	22.07	37.30	34.67	38.11	48.88	90.91	84.15	104.32	20.06	24.81	23.93	19.56	40.69	47.91	38.34	42.89	44.24	43.03	43.40	36.27	41.29	30.09	31.25	31.55	1,612.86	42.44
14	INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y SANITARIAS	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	38.00	1.00
15	VACIADO DE CONCRETO EN SOBRECIMIENTO SIMPLE	1.86	1.54	2.49	2.82	3.08	2.55	2.65	2.20	2.08	2.50	2.29	8.20	7.40	7.86	1.66	2.80	2.60	2.86	36.15	6.82	6.32	7.82	1.80	1.86	1.79	1.47	3.05	3.59	2.88	3.22	3.51	3.41	3.44	2.87	3.27	2.26	2.34	2.37	159.38	4.19
16	BELENADO Y COMPACTACIÓN	24.75	20.52	27.22	30.87	33.77	27.89	29.05	20.95	19.81	23.85	21.82	109.32	98.62	104.75	22.07	37.30	34.67	38.11	48.88	90.91	84.15	104.32	20.06	24.81	23.93	19.56	40.69	47.91	38.34	42.89	44.24	43.03	43.40	36.27	41.29	30.09	31.25	31.55	1,612.86	42.44
17	RELLENO Y COMPACTACIÓN	18.42	15.27	15.75	17.86	19.54	16.14	16.79	11.17	10.56	12.71	11.64	27.78	25.06	26.62	1.66	2.80	2.60	2.86	36.15	20.91	19.35	23.99	1.80	1.86	1.79	1.47	23.92	28.16	22.53	25.21	24.23	23.57	23.78	19.87	22.62	21.44	22.27	22.49	642.33	16.90
18	INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y SANITARIAS (DESAGÜE)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	38.00	1.00
19	INSTALACIONES SANITARIAS - AGUA FRIA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	38.00	1.00
20	VACIADO DE CONCRETO EN FALSO PISO	60.69	50.33	106.43	120.68	132.03	109.05	113.41	87.92	83.13	100.07	91.58	143.62	129.57	137.62	96.80	95.99	89.22	98.08	98.54	100.15	92.7	114.93	95.44	114.32	110.24	90.08	102.06	120.17	96.15	107.58	96.01	93.39	94.20	78.72	89.60	82.37	85.55	86.38	3,751.80	98.73
21	MUROS DE ALBAÑILERÍA - 1RA ETAPA	34.9	31.76	43.23	49.49	53.43	44.52	46.21	51.45	48.56	56.78	52.75	70.45	63.75	67.89	23.61	39.90	37.08	40.77	49.28	46.32	42.86	51.25	27.95	34.36	33.33	27.23	37.70	44.39	35.52	39.74	45.87	44.61	45.00	37.61	42.81	36.57	37.98	38.35	1,655.47	43.57
22	MUROS DE ALBAÑILERÍA - 2DA ETAPA	19.05	17.6	18.45	19.97	23.26	18.74	19.36	20.28	19.39	26.62	22.79	36.68	32.71	34.38	18.53	27.95	25.96	28.54	34.50	18.95	17.57	25.15	19.56	24.19	23.33	19.66	37.70	44.39	35.52	39.74	45.87	44.61	45.00	37.61	42.81	36.57	37.98	38.35	1,096.71	28.86
23	ENCOFRADO DE COLUMNAS	265.38	220.04	150.16	170.26	186.26	153.85	160.00	130.34	123.24	148.35	135.77	253.05	228.30	242.48	88.52	149.61	139.05	152.87	98.05	150.79	139.28	172.66	91.72	110.42	109.38	89.38	94.97	111.82	89.47	100.10	68.43	66.56	67.14	56.10	63.86	115.70	120.17	121.34	5,137.85	135.21
24	VACIADO DE CONCRETO EN COLUMNAS	15.68	13.00	8.99	10.20	11.15	9.21	9.58	8.78	8.30	9.99	9.15	14.18	12.73	13.59	5.57	9.42	8.75	9.62	38.91	7.38	6.83	8.46	5.63	6.84	6.59	5.39	7.34	8.64	6.91	7.73	4.56	4.43	4.47	3.74	4.25	5.65	5.87	5.92	343.31	9.03
25	DESENCOFRADO DE COLUMNAS + FONDO DE VIGAS DINTEL	265.38	265.38	150.16	170.26	186.26	153.85	160.00	130.34	123.24	148.35	135.77	253.05	228.30	242.48	88.52	149.61	139.05	152.87	98.05	150.79	139.28	172.66	91.72	110.42	109.38	89.38	94.97	111.82	89.47	100.10	68.43	66.56	67.14	56.10	63.86	115.70	120.17	121.34	5,183.19	136.40
26	COLOCACIÓN DE ACERO EN VIGAS DINTEL + LIMPIEZA DE ACERO	495.71	411.02	543.82	616.63	674.58	557.19	579.48	721.22	681.94	820.89	751.27	832.83	751.84	798.05	418.47	707.21	657.30	722.62	487.46	570.79	527.71	654.2	615.50	701.24	794.12	699.63	528.97	622.82	498.34	557.57	751.75	733.12	739.51	617.96	703.42	551.75	573.04	578.60	24,12	

Anexo 7. Formato de Carta Balance

CARTA BALANCE		Obra: Fecha: Hora Inicio: Hora Final:																																			
<p><u>Actividad Muestreada:</u></p> <p><u>Descripción de la Muestra:</u></p> <p>Por trabajador</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #FFD700;"> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #FFD700;"> <th>TP</th> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <th>TC</th> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <th>TNC</th> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table> <div style="margin-top: 10px;">  </div>		A	B	C	D	E	F	G	H	TP									TC									TNC									<p style="text-align: center;"><u>Resultados Generales</u></p> <div style="text-align: center; margin-bottom: 10px;">  </div> <p>Tiempo no contributorio</p> <div style="text-align: center; margin-bottom: 10px;">  </div> <p>Tiempo contributorio</p> <div style="text-align: center;">  </div>
	A	B	C	D	E	F	G	H																													
TP																																					
TC																																					
TNC																																					
<p><u>OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES</u></p>																																					

Anexo 8. Formato de Análisis de Restricciones

<i>ANALISIS DE RESTRICCIONES</i>

No.	Codigo Ref	fecha	Problema	Plan de acción	Responsable	Status	Fecha de levantamiento	Nueva fecha meta	fecha de finalización real
1						0			
2						0			
3						0			
4						0			
5						0			
6						0			
7						0			
8						0			
9						0			
10						0			
11						0			
12						0			
13						0			
14						0			
15						0			
16						0			
17						0			
18						0			
19						0			
20						0			
21						0			
22						0			
23						0			
24						0			
25						0			
26						0			
27						0			
28						0			
29						0			
30						0			
31						0			

Anexo 9. Análisis de Causa - Raíz

Análisis de Causa Raíz		Fecha:
		Semana:
		Obra:
1 ¿Por qué está pasando este problema?		
2. ¿Por qué?		
3. ¿Por qué?		
4. ¿Por qué?		
5. ¿Por qué?		
Conclusión		
Plan de acción		

Anexo 10. Panel fotográfico

