



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER PARA MEJORAR LA
PRODUCTIVIDAD Y LA CONFIABILIDAD EN LA CONTRUCCIÓN DE
EDIFICACIONES HOSPITALARIAS, APLICADO EN EL CENTRO DE SALUD
“BOCANEGRA” – CALLAO

Línea de Investigación:

Construcción Sostenible y Sostenibilidad Ambiental del Territorio

Tesis Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Cucho Huamán, Edison

Asesor:

Dr. Ramos Flores, Miguel Angel

ORCID: 0000-0001-7063-6352

Jurado:

Dr. Bedia Guillen, Ciro Sergio

Ms. Jaramillo Tarazona, Francisco

Ms. Tabory Malpartida, Gustavo Augusto

Lima – Perú

2023

Dedicatoria

A mi querida madre Mariela, por ser la persona que siempre me brindó su cariño y me enseñó que con esfuerzo y dedicación se puede conseguir todo en la vida.

A toda mi familia, por su apoyo constante y porque todos siempre creyeron en mis capacidades, me impulsaron para lograr esta meta que ha sido, es y será parte de los momentos más felices de mi vida.

Índice

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 9 |
| ABSTRACT | 10 |
| I INTRODUCCIÓN | 10 |
| 1.1 Descripción y formulación del problema..... | 10 |
| 1.1.1 Problema General | 12 |
| 1.1.2 Problemas Específicos | 12 |
| 1.2 Antecedentes | 13 |
| 1.2.1 Antecedentes nacionales..... | 13 |
| 1.2.2 Antecedentes Internacionales | 17 |
| 1.3 Objetivos | 21 |
| 1.3.1 Objetivo general | 21 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 21 |
| 1.4 Justificación | 21 |
| 1.5 Hipótesis | 22 |
| 1.5.1 Hipótesis general | 22 |
| 1.5.2 Hipótesis específicas..... | 22 |
| II MARCO TEÓRICO | 23 |
| 2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación | 23 |
| III MÉTODO..... | 52 |
| 3.1 Tipo de Investigación..... | 52 |
| 3.2 Ámbito temporal y espacial | 53 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.3 | VARIABLES | 55 |
| 3.4 | Población y muestra..... | 55 |
| 3.5 | Instrumentos..... | 56 |
| 3.6 | Procedimientos..... | 58 |
| 3.7 | Análisis de datos | 60 |
| 3.8 | Consideraciones éticas | 61 |
| IV | RESULTADOS | 62 |
| 4.1 | Descripción del proyecto | 62 |
| 4.1.1 | Antecedentes..... | 62 |
| 4.1.2 | Ubicación, localización y entorno urbano | 62 |
| 4.1.3 | Temperatura..... | 63 |
| 4.1.4 | Categorización | 63 |
| 4.1.5 | Terreno..... | 63 |
| 4.1.6 | Descripción de la obra | 64 |
| 4.2 | Procedimiento de la investigación realizada..... | 65 |
| 4.2.1 | Periodo de la investigación..... | 65 |
| 4.2.2 | proceso de desarrollo de la investigación | 66 |
| 4.2.3 | métodos de recolección de Información para la investigación..... | 67 |
| 4.3 | Procesamiento de datos y análisis de resultados..... | 69 |
| 4.3.1 | Evaluación inicial del proyecto y su ejecución | 69 |
| 4.3.2 | Resultados de productividad según procesos convencionales..... | 79 |
| 4.3.3 | Resultados de productividad con la implementación de LPS..... | 99 |

| | | |
|------|-------------------------------|-----|
| V | DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 106 |
| VI | CONCLUSIONES | 109 |
| VII | RECOMENDACIONES | 111 |
| VIII | REFERENCIAS | 112 |
| IX | ANEXOS..... | 117 |

Índice de figuras

| | | |
|------------|--|----|
| Figura 1. | La formación de las tareas en el proceso de Last Planner System | 24 |
| Figura 2. | Modelo general de Planificación del Proyecto usando LPS. | 25 |
| Figura 3. | Reglas para permitir que las actividades programadas permanezcan o entren en cada uno de los tres niveles de jerárquica primaria del sistema de programación ... | 28 |
| Figura 4. | Cuadro resumen de Last Planner System..... | 29 |
| Figura 5. | Plan de hitos principales a partir del cual se hará el plan de fases..... | 31 |
| Figura 6. | Ejemplo de planificación pull de una fase | 32 |
| Figura 7. | Ejemplo de una planificación pull..... | 34 |
| Figura 8. | Ejemplo de planificación semanal..... | 38 |
| Figura 9. | Ejemplo de sectorización, piso 1 CS Bocanegra..... ¡Error! Marcador no definido. | |
| Figura 10. | Ejemplo de indicador del PPC..... | 44 |
| Figura 11. | Costo acumulado y tiempo (valor ganado)..... | 47 |
| Figura 12. | Localización de la obra centro de salud Bocanegra | 54 |
| Figura 13. | Ubicación de la obra centro de salud Bocanegra..... | 55 |

| | | |
|------------|--|-----|
| Figura 14. | Ubicación de la obra centro de salud Bocanegra..... | 63 |
| Figura 15. | Ruta crítica del cronograma contractual..... | 72 |
| Figura 16. | ruta crítica del cronograma actualizado en cumplimiento del artículo 202 de la RLCE. | 73 |
| Figura 17. | Comparativo de rendimientos del APU CS Bocanegra y revistas especializadas | 75 |
| Figura 18. | Productividad de la mano de obra de la obra en general | 79 |
| Figura 19. | Tiempos productivos (TP), Tiempos Contributorios (TC) y Tiempos no contributorios (TNC), según los procesos convencionales de la obra..... | 80 |
| Figura 20. | Factores que generan pérdidas de productividad en la ejecución de la | 84 |
| Figura 21. | Análisis de restricciones de la obra en general..... | 85 |
| Figura 22. | restricciones más incidentes de la obra en general | 85 |
| Figura 23. | CNC en Porcentaje y cantidad..... | 88 |
| Figura 24. | Curva de Porcentaje de actividades completadas (PAC) | 88 |
| Figura 25. | Curva “S” EVM del proyecto en general | 92 |
| Figura 26. | Dispersión PAC-CPI | 98 |
| Figura 27. | Dispersión PAC-SPI..... | 98 |
| Figura 28. | Tiempos productivos (TP), Tiempos Contributorios (TC) y Tiempos no contributorios (TNC), con implementación de LPS..... | 101 |
| Figura 29. | Factores que generan pérdidas de productividad en la ejecución de la obra – con sistema Last Planner | 106 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Ejemplo de una planificación a medio plazo | 35 |
| Tabla 2. Ejemplo de análisis de restricciones..... | 37 |
| Tabla 3. Relación entre la eficacia, efectividad y productividad | 41 |
| Tabla 4. Tabla de valores para determinar el nivel de seguridad | 51 |
| Tabla 5. tabla para determinar el poder estadístico | 52 |
| Tabla 6. Registro de porcentaje de plan cumplido (PPC) | 57 |
| Tabla 7. Formato de toma de datos CARTAS BALANCE..... | 61 |
| Tabla 8. Línea de tiempo de la investigación | 65 |
| Tabla 9. Tabla de valores para determinar el nivel de seguridad | 68 |
| Tabla 10. tabla para determinar el poder estadístico | 68 |
| Tabla 11. Resultado para el caso de estudio N° de muestra..... | 69 |
| Tabla 12. Tabla de análisis comparativo del APU del CS Bocanegra y Revistas especializadas. | 74 |
| Tabla 13. Productividad de la mano de obra en general | 79 |
| Tabla 14. Índices de productividad de HH, según los trabajos por métodos tradicionales..... | 81 |
| Tabla 15. Índices de productividad de COSTOS SEMANAL, según los trabajos por métodos tradicionales | 82 |
| Tabla 16. Índices de productividad de COSTOS SEMANAL, según los trabajos por métodos tradicionales | 82 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 17. Sectorización, trenes de trabajo..... | 86 |
| Tabla 18. Lookahead de 4 semanas..... | 86 |
| Tabla 19. causas de no cumplimiento | 87 |
| Tabla 20. Indicadores acumulados de EVM del proyecto..... | 94 |
| Tabla 21. Coeficiente de correlación de Pearson PAC-CPI..... | 97 |
| Tabla 22. Coeficiente de correlación de Pearson PAC-SPI | 97 |
| Tabla 23. Variación semanal del PAC-CPI-SPI..... | 97 |
| Tabla 24. Productividad de la mano de obra en general | 100 |
| Tabla 25. Productividad de la mano de obra de la obra en general..... | 100 |
| Tabla 26. Índices de productividad de HH, después de la implementación del Sistema last planner..... | 102 |
| Tabla 27. Índices de productividad de COSTOS SEMANAL, con la implementación del Sistema Last Planner | 103 |
| Tabla 28. Curva de productividad, con la implementación del Sistema Last Planner | 104 |

RESUMEN

Este proyecto de Investigación tiene como **objetivo**: Analizar si la implementación del Sistema Last Planner mejorará la productividad y la confiabilidad en la construcción de edificaciones hospitalarias.

Método: es una investigación no experimental, Aplicada, Básica- cualitativa, explicativo y Longitudinal, ya que se caracteriza por realizar un seguimiento a los mismos procesos a lo largo de un período concreto. Para el desarrollo de esta investigación se utilizará como instrumentos de investigación las fichas de recolección de información en campo, mediante formatos de (TP, TC Y TNC), CPI, SPI, %PPC, %CNC, PAC-CPI, PAC-SPI, Análisis de restricciones, ITE, Programaciones Look ahead.

Resultados: se ha mejorado los niveles de productividad de mano de obra de la siguiente manera (TP) de 32.4% a 35.8% aumentando en un 3.4%, Las mejoras en los tiempos contributorios (TC) son de 38.1% a 43.5% aumentando en un 5.4% y lo más importante es la disminución de los tiempos no contributorios (TNC) de 29.4% a 20.8%, disminuyendo un 8.6%. Además, se han logrado obtener mejoras en el PAC obteniéndose resultados de 86% semana 9, 83% semana 10, 87% semana 11, 88% semana 12, 96% semana 13, 85% semana 14 y 15 y 89% la semana 16, por tanto, se puede concluir y demostrar que la implementación del sistema ha logrado aumentar la confiabilidad de la programación. **Conclusiones**: Según la metodología del valor ganado (EVM) se puede concluir que se ha logrado que el CPI muestre valores mayores a 1 después de la semana 11, teniendo un acumulado de $CPI = 0.92$.

Palabras clave: Sistema Last Planner, confiabilidad, productividad

ABSTRACT

This research project has as **Objective:** Analyze whether the implementation of the Last Planner System will improve productivity and reliability in the construction of hospital buildings.

Method: it is a non-experimental, Applied, Basic-qualitative, explanatory and Longitudinal research, since it is characterized by monitoring the same processes throughout a specific period. For the development of this research, the field information collection sheets will be used as research instruments, through formats (TP, TC and TNC), CPI, SPI, %PPC, %CNC, PAC-CPI, PAC-SPI, Analysis of restrictions, ITE, Programming

Results: labor productivity levels have been improved as follows (TP) from 32.4% to 35.8%, increasing by 3.4%. Improvements in contributing times (TC) are 38.1% to 43.5%, increasing by 5.4% and the most important thing is the decrease in non-contributing times (TNC) from 29.4% to 20.8%, decreasing by 8.6%. In addition, improvements in the PAC have been achieved, obtaining results of 86% week 9, 83% week 10, 87% week 11, 88% week 12, 96% week 13, 85% week 14 and 15 and 89% week 16 Therefore, it can be concluded and demonstrated that the implementation of the system has managed to increase the reliability of the programming. **Conclusions:** According to the earned value methodology (EVM), it can be concluded that the CPI has been achieved to show values greater than 1 after week 11, having an accumulated CPI = 0.92.

Keywords: Last Planner System, reliability, productivity

I. INTRODUCCIÓN

Según Buleje (2012, p. 2), “cuando crece el sector construcción de manera rápida, pasa lo mismo con el sector comercio y el PBI. Por otro lado, cuando el sector construcción disminuye, disminuye el comercio y el PBI”.

Por esta razón, las empresas buscan optimizar sus recursos logrando una mayor productividad generando así, ganancias a corto plazo, con fines de mejorar el nivel de estándar de los procesos constructivos y brindando trabajos de calidad.

La planificación y ejecución de los proyectos de construcción en el Perú está aún en proceso de cambio. Su implementación está acompañada de un avance tecnológico que no está a la medida de la industrialización, pero que poco a poco va haciendo más competitivo y productivo nuestro rubro. Estos cambios que vienen dándose en el Perú, incluyen nuevas metodologías de construcción, entre las cuales está el sistema Last Planner de la filosofía Lean Construction. Esta filosofía tiene la intención de mejorar a gran nivel la producción de nuestra industria con su metodología de trabajo enfocada en la reducción de los desperdicios a través de las herramientas que propone, propias de su sistema o de otras corrientes, siendo las más importantes de ellas el Last Planner System, Sectorización, tren de actividades, buffers, nivel general de actividad y las cartas de balance. (Guzmán, 2014, p. 1).

1.1 Descripción y formulación del problema

Esta investigación se realiza en la construcción del Centro de Salud Bocanegra - Callao, donde se tiene una gran deficiencia en la productividad debido a la falta de un flujo de trabajo constante que originan tiempos muertos en la ejecución de los trabajos de construcción, puesto que no existe un tren de actividades definidos, una falta del control

de las actividades, una ineficaz gestión de los materiales, todo esto afecta directamente en la ejecución de la obra, más aún en los plazos de termino de las partidas en ruta crítica según cronograma contractual de obra, el uso de recursos y la productividad de la mano de obra.

Estos problemas en las obras publicas también tienen un origen parcial desde la etapa de elaboración del expediente técnico, donde existe deficiencias en la elaboración de los cronogramas de obra, compatibilización de planos de todas las especialidades, incongruencia de rendimientos en el análisis de costos unitarios. Se puede indicar que estos documentos como, el cronograma Gantt, cronogramas y adquisición de materiales y otros, no reflejan los tiempos y cantidades reales que requerirá la ejecución del proyecto. Por lo tanto, estas deficiencias en los documentos técnico-legales mencionados que forman parte del expediente técnico repercuten negativamente en la ejecución de obra.

Estas deficiencias en el cálculo de los recursos a utilizar y plazos para la ejecución de las partidas deberán sincerarse en la etapa de ejecución, siendo necesario la reformulación de los cronogramas, tiempos que tomaran la ejecución de cada partida, gestión de uso de recursos que formaran parte de una planificación para lograr ejecutar la obra dentro de los plazos establecidos en el expediente técnico.

El nivel de confiabilidad de la planificación tradicional en las obras de construcción es muy bajo. Durante mucho tiempo, se han aplicado métodos de planificación tradicionales, que indudablemente han sido útiles durante muchas décadas. Sin embargo, los principales cambios que han experimentado los proyectos de construcción han provocado cambios en los métodos de construcción, lo cual es totalmente de esperar ya que con el desarrollo de nuevos avances tecnológicos el sector se ha modernizado crecientemente. Estos cambios han llevado a nacimientos de nuevas

herramientas de planificación, que intentan adaptarse en lo mejor posible a los cambios en el sector de la construcción” (Abner 2014, p. 10).

Last Planner System (LPS) tiene como objetivo mejorar el control de la planificación del proyecto, así como las actividades programadas, sin embargo, una de las dificultades de implementar este sistema es generar un cambio en la forma de enfrentar el trabajo de personas acostumbradas a trabajar de cierta manera. Por esta razón, es necesario tener en cuenta las ventajas y desventajas del sistema y verificar si es o no beneficioso evaluando los resultados netos de la implementación.

Esta investigación propone implementar algunas herramientas de planificación, de acuerdo con nuestra realidad nacional, basadas en el Sistema Last Planner de la filosofía Lean Construction, con la finalidad de analizar el impacto de la implementación respecto a los plazos de entrega, costos de las partidas y productividad de la mano de obra en el centro de salud Bocanegra.

1.1.1 Problema General

¿De qué manera la implementación del sistema Last Planner mejorará la productividad y la confiabilidad en la construcción de edificaciones hospitalarias: aplicado en el centro de salud “Bocanegra” - Callao?

1.1.2 Problemas Específicos

¿Cuáles son las causas que generan pérdidas en la productividad de la mano de obra y como mejorarán con la implementación del sistema Last Planner en la construcción de edificaciones hospitalarias: aplicado en el centro de salud “Bocanegra” - Callao?

¿En qué medida la implementación del sistema Last Planner mejorará la productividad en la construcción de edificaciones hospitalarias: aplicado en el centro de salud “Bocanegra” - Callao?

¿Cuánto aumentará la confiabilidad con la implementación del sistema Last Planner en la construcción de edificaciones hospitalarias: aplicado en el centro de salud “Bocanegra” - Callao?

1.2 Antecedentes

1.2.1 Antecedentes nacionales

Para Ghio (2016) la Productividad en Obras de Construcción toca en gran medida las filosofías y las herramientas para mejorar la productividad manual, en nuestro caso el obrero de construcción. Sin embargo, el enfoque empleado impacta directamente también en la productividad de nuestros profesionales e incluso de nuestros técnicos, maestros de obras y capataces. Este nuevo enfoque argumenta que es muy importante entender que los niveles de producción promedio que actualmente administramos en el Perú son del 28% en el área de la construcción (y posiblemente en otras áreas del sector productivo), esto no nos permitirá despegar para un crecimiento sostenido. Si no mejoramos los niveles de ocupación de tiempo y nos mantenemos en niveles de producción tan bajos, nuestro país no podrá dejar de ser un país pobre y subdesarrollado. Concluye que la aplicación de una serie de herramientas para aumentar la productividad será fundamental para enfrentar el problema de la competitividad del sector de la construcción en el país con enfoques para aumentar la productividad.

(Peres, 2019) en su tesis “Evaluación de la productividad usando last planner system en la construcción de una institución educativa” que responde al siguiente problema de investigación: ¿Cómo influye el uso del Last Planner System en la Productividad de la construcción de la Institución Educativa I.E N°1110?, el Objetivo General fue: Determinar el efecto que causa el uso del Last Planner System en la Productividad de la construcción de la Institución Educativa I.E N°1110, la Hipótesis General que se verificó fue: El Last Planner System mejora significativamente la

Productividad en la construcción de la Institución Educativa I.E N°1110. El método de la investigación fue el Científico, el tipo de investigación es aplicada, el nivel es el descriptivo-explicativo y de diseño experimental. La población para esta investigación fue las partidas del proyecto: construcción de la I.E N°1110, el tipo de muestreo es el no aleatorio o dirigido, las muestras son las partidas de estructuras (acero, encofrado y concreto), las cuales son de mayor incidencia y costo del módulo 1 y que estén dentro de la fase de ejecución del proyecto. La conclusión principal de la investigación fue que el uso del Last Planner System mejoró significativamente la Productividad en la construcción de la institución educativa N°1110, llegando así a ejecutar el 100% de las partidas planteadas y cumpliendo con las metas programadas en obra.

(Gastelo Orlandini, 2022) en su tesis “Implementación del sistema Last Planner en el proyecto edificio multifamiliar Kenko” describe la implementación del Last Planner System en el proyecto edificio multifamiliar Kenko en la ciudad de Lima, haciendo énfasis en aumentar la productividad de la mano de obra y evitar posibles contagios de COVID-19. Se describe el diagnóstico de la situación inicial del proyecto, la planificación mediante la filosofía Lean con el fin de proporcionar herramientas que busquen optimizar la productividad. Se toma medidas para la ejecución de las partidas desarrolladas cumpliendo así con la programación planteada. Finalmente se evalúa los resultados proponiendo medidas preventivas y correctivas. La implementación de herramientas de productividad permite maximizar el valor del producto para el cliente mediante la minimización de desperdicios. Como medida de asegurar que los flujos de trabajo no se detengan, debemos hacer que dicho flujo sea eficiente y a su vez hacer que el proceso lo sea, para ello debemos ser lo más precisos con el análisis de restricciones. En el caso que este primer filtro falle se debe realizar una descripción detallada de las causas de incumplimiento para poder tener un historial y así si ocurriera una situación similar actuar

de la manera más eficiente posible. Estas causas se pueden resumir en Seguridad, Información, Espacio, Materiales, Personas, Requisito y Equipos.

(Chávez & García, 2021) en su tesis “Análisis de la implementación de la metodología Last Planner System para optimizar la planificación de la fase de superestructura del edificio principal del Hospital Regional de Huancavelica” tuvo como objetivo analizar la implementación de la metodología Last Planner System para mejorar la confiabilidad de la planificación del proyecto, en la etapa de ejecución, de la fase de superestructura del edificio principal en el Hospital Regional de Huancavelica. Se tomó como muestra el edificio principal del proyecto; y mediante la observación directa y el registro de los avances, se recolectaron los datos para el análisis respectivo. Para la recolección de datos se utilizaron como instrumentos los formatos del Porcentaje de Plan Cumplido y Causas de No Cumplimiento. Como primer paso, se realizó un diagnóstico de los procesos de planificación y ejecución que fueron realizados durante las primeras 4 semanas desde el inicio de la fase de la superestructura; periodo en el cual, ya se usaban herramientas de la metodología LPS, aunque no de manera eficiente. Por ello, se procedió a identificar los problemas de ambos procesos, siendo la más trascendental, la baja confiabilidad de la programación realizada. Ante la problemática, se desarrolló la propuesta de una mejora en la planificación que consistió en un proceso de capacitación y la posterior aplicación eficiente de la metodología. Los resultados, luego de la implementación, fueron contrastados con los resultados iniciales. La obtención de los resultados se realizó mediante el uso de las mismas métricas del Porcentaje de Plan Cumplido y Causas de No Cumplimiento. Finalmente, al término de la ejecución de la fase en estudio, se realizó un análisis de los niveles de confiabilidad de la planificación, costo y tiempo; concluyéndose que, con la eficiente implementación del Last Planner

System se genera una planificación confiable lo que a su vez permitió el cumplimiento de los hitos del proyecto dentro del plazo y costo previamente establecidos.

Miranda (2016) en su tesis “Implementación del sistema Last Planner en una habilitación urbana” explica los conceptos del Lean Construction y las herramientas que utiliza para modificar la gestión tradicional e implementar el uso del sistema Last Planner y obtener resultados positivos donde Concluye que es necesario el compromiso del equipo de trabajo, organización y disciplina, disposición de la empresa a cambios, participación activa de los contratistas (se lograría ampliando alcances en sus contratos), estandarización de procesos, con una inducción completa y la realización de encuestas para conocer el sentir del personal respecto al uso del LPS. Todo esto con la finalidad de lograr una buena implementación.

DÍAZ (2017) en su tesis “Aplicación del sistema de planificación Last Planner a la construcción de un edificio habitacional a mediana altura” Afirma que la implementación del sistema Last Planner ayuda a cumplir los plazos de entrega del proyecto, a su vez detecta las falencias que se presentan en el tiempo de ejecución del proyecto y propone que acciones tomar para mejorar el sistema y volverlo más eficiente, finalmente, Díaz señala al sistema Last Planner como una herramienta diseñada para la estabilización del flujo de trabajo, de esta forma se puede mejorar el tiempo productivo de las actividades laborales y minimizar las actividades que no agregan valor.

(Quispe, 2021) en su tesis “Servicio del mantenimiento básico del pabellón del Hospital PNP Luis N. Saenz, implementando el last planner (último planificador) para reducir pérdida de mano de obra” tiene como objetivo implementar las herramientas de Last Planner (Ultimo Planificador) para minimizar la perdida de mano de obra en el Servicio del Mantenimiento Básico del Pabellón del Hospital PNP Luis N. Sáenz. Esto se realizó a través del control de la mano de obra y del análisis de restricciones que lograron

que el flujo de trabajos fuera constante e impidieron el atraso de actividades programadas que pudieran encarecer la mano de obra. Esta herramienta hizo uso de la metodología de recolección de datos a través de la observación estructurada día a día y de acuerdo a lo aplicado en la investigación que se ha realizado con los datos de campo, se observa una mejora en cuanto a tiempos de ejecución, ahorro económico y en mano de obra. La aplicación continua del System Last Planner (Sistema de Ultimo Planificador): en una obra de construcción incrementa significativamente la confiabilidad de su planificación, implementándose en el “Servicio de Mantenimiento del Hospital de la Policía Luis N. Sáenz” se corrobora un incremento de la productividad para los rendimientos, a pesar que inicialmente estaba por debajo de lo previsto en el expediente técnico. De acuerdo a lo aplicado en la investigación que se ha realizado con los datos de campo, se observa una mejora en cuanto a la optimización de lamano de obra, como se observa en el Cronograma Last Planner, Lookahed – 6 Semanas, trabajando con el cronograma Project 140 días inicial, donde se indica la mano de obra prevista ganada de HH y el % de avance programado por semana, del Servicio de mantenimiento del Hospital de la Policía desde la primera semana a la sexta se obtiene como resultado en la 1era semana el, 3.04 (0.03%), 2da semana 2.28 (0.02%), 3era semana 0.56 (0.02%, 4ta semana 0.65 (0.01%), 5ta semana 2.41 (0.02%) y 6ta semana 0.81 (0.01%), correspondientemente.

1.2.2 Antecedentes Internacionales

altura en una empresa constructora: Estudio de casos de dos edificios en las comunas de Las Condes y San Miguel” donde afirma Para lograr una buena implementación del Last Planner es fundamental tener un profesional que se haga cargo de forma exclusiva y que tenga la facultad de liberar las restricciones, lo que es difícil teniendo en cuenta que siempre se dispone de un presupuesto limitado y no todos los administradores creen necesario que esto lo realice alguien más que no sea el profesional

de terreno, oficina técnica o un encargado de calidad. La carga de trabajo es alta para los profesionales y por más que tengan la disposición, no tienen el tiempo suficiente para poder realizar el trabajo de oficina que requiere este sistema. Last Planner demanda mucho tiempo entre medir el avance, hacer la planificación y ver los resultados de la semana anterior, que no es posible compatibilizarlo con otro cargo. No tiene sentido y es contradictorio si para disminuir la pérdida de tiempo en la obra, se debe sobrecargar de trabajo a un profesional.

(Hoyos & Botero, 2021) en su investigación “Implementación del sistema del último planificador en el sector constructor colombiano: Caso de estudio” donde ha sido acogida por numerosas compañías en Colombia desde hace poco más de una década. Entre las herramientas aplicadas se encuentra el Sistema del Último Planificador (SUP) o Last Planner System (LPS. Este artículo pretende ilustrar el grado de implementación y funcionamiento del SUP desde la perspectiva de dieciséis empresas constructoras colombianas. La recolección de la información se llevó a cabo mediante tres técnicas empleadas en la investigación social cualitativa: La observación no participante, la encuesta y la entrevista semiestructurada. La observación no participante se llevó a cabo en el marco de la reunión de planificación semanal de los proyectos de las empresas constructoras participantes, la encuesta se aplicó a tres grupos: Profesionales de obra, maestros y subcontratistas, y personal operativo; finalmente la entrevista se llevó a cabo con los encargados del área Lean en las compañías. La compilación, triangulación y análisis de la información muestra como resultado múltiples formas de aplicar la herramienta, algunas fallas conceptuales y prácticas, así como falta de entrenamiento y retroalimentación permanente que limita la apropiación del SUP como parte de la cultura empresarial. Se concluye y pone de manifiesto la falta de interiorización del sistema, desde los encargados del área Lean o productividad, hasta los subcontratistas y personal

operativo, último eslabón de la cadena de planificación. Los principios del SUP deben permear la cultura de la empresa, desde la cabeza de la organización hasta el nivel de la unidad de producción, pues de otra forma el éxito de la herramienta no será el esperado. Asimismo, debe haber articulación entre los tres niveles de planificación, el plan semanal debe enmarcarse en el plan intermedio, y este a su vez dentro del plan general, para garantizar un flujo de trabajo continuo.

(Ibañez, 2018) en su tesis “Análisis y definición de estrategias para la implementación de las herramientas del lean construction en Chile” donde indica que la construcción en Chile representa del orden de un 8,5 % de la fuerza laboral, sin embargo, representa solo del orden de un 7 % del valor del PIB, lo que permite asumir que es posible aumentar la productividad en el sector. En el contexto descrito, el presente trabajo de titulación tiene como objetivo analizar el grado de conocimiento que tienen los directivos y trabajadores del sector de la construcción sobre los sistemas de gestión para el mejoramiento de la productividad, lo mismo que en su capacidad y recursos para su implementación, en particular, respecto del Lean Construction. Para cumplir con el objetivo de este trabajo de titulación se analizan cuatro casos en que la herramienta Lean de uso más extendido en Chile, cual es el Last Planner System. Se realiza una recolección de antecedentes disponibles sobre la implementación de herramientas de Lean Construction en proyectos de construcción en el mundo, con resultados tanto satisfactorios como fracasados. De las entrevistas se constata que no existe conocimiento sobre otras herramientas del Lean Construction, siendo esta una razón principal por la cual no son utilizadas. Instancias donde se promuevan las prácticas Lean de parte tanto de privados como del Estado son una forma de expandir el uso de las herramientas del Lean Construction.

(Lyon Vial, 2018) En sus tesis “Aplicación del enfoque lean a la dirección de proyectos en la industria de la construcción “En este trabajo, se realizó una revisión bibliográfica para definir, analizar y estudiar los conceptos fundamentales de la filosofía Lean. Luego, a partir de la información recopilada, se analizó un caso específico para identificar los procesos del proyecto que no le agregaban valor. Uno de los objetivos de la memoria fue conocer el estado actual de la aplicación de Lean en Chile evaluando experiencias y conocimientos de los profesionales en la industria de la construcción. Para esto, se realizó una encuesta para medir el nivel de conocimiento de la filosofía Lean, de las herramientas y metodologías Lean, de Last Planner System y sus elementos principales y las situaciones, que no agregan valor, más frecuentes en la construcción. Respecto de la aplicación de Lean en Chile y, específicamente en la industria de la construcción, se concluyó que esta es baja y que las empresas no tienen el conocimiento suficiente para su correcta implementación en los proyectos. Los profesionales no incorporan elementos de la filosofía o la cultura, sino solo utilizan algunas tecnologías, siendo la más frecuente, Last Planner System. En los proyectos de construcción, las actividades que no agregan valores más comunes son la falta de comunicación y los tiempos de espera en los distintos procesos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar si la implementación del sistema Last Planner mejorará la productividad y la confiabilidad en la construcción de edificaciones hospitalarias: aplicado en el Centro de Salud “Bocanegra” - Callao”

1.3.2 Objetivos específicos

Identificar las causas que generan pérdidas en la productividad de la mano de obra y su mejora con la implementación del sistema Last Planner en la construcción de edificaciones hospitalarias: aplicado en el centro de salud “Bocanegra” – Callao.

Determinar si la implementación del sistema Last Planner mejorará la productividad en la construcción de edificaciones hospitalarias: aplicado en el centro de salud “Bocanegra” – Callao.

Analizar si la implementación del sistema Last Planner aumentará la confiabilidad en la construcción de edificaciones hospitalarias: aplicado en el centro de salud “Bocanegra” – Callao.

1.4 Justificación

La mejora de la productividad en la ejecución de una obra es un objetivo sustancial para una empresa las empresas constructoras, las entidades públicas y todos los interesados, debido a que de esto dependerá el cumplimiento de las metas, con calidad, los costos establecidos y dentro de los plazos previstos. Por lo que esta investigación propone la implementación del Sistema Last Planner en la ejecución del Centro de Salud Bocanegra.

El Sistema Last Planner aumentará la confiabilidad de la programación, mejorará el flujo de trabajo y en consecuencia conllevará a una mejora de la productividad. Este

sistema busca reducir la incertidumbre de la programación de obra, determinando las causas que generan pérdidas en la productividad, identificar las partidas más incidentes y en ruta crítica según cronograma de ejecución de obra y plantear acciones de mitigación como el análisis de causas de no cumplimiento en la ejecución del Centro de Salud Bocanegra.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

La implementación del sistema Last Planner mejora la productividad y la confiabilidad en la construcción de edificaciones hospitalarias: aplicado en el Centro de Salud “Bocanegra” - Callao”

1.5.2 Hipótesis específicas

La implementación del Sistema Last Planner ayudará a identificar las causas que generan pérdidas en la productividad de la mano de obra y los mejorará en la construcción de edificaciones hospitalarias: aplicado en el centro de salud “Bocanegra” – Callao.

La implementación del Sistema Last Planner mejora la productividad en la construcción de edificaciones hospitalarias: aplicado en el centro de salud “Bocanegra” – Callao.

La implementación del Sistema las planner aumenta la confiabilidad en la construcción de edificaciones hospitalarias: aplicado en el centro de salud “Bocanegra” – Callao.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación

Sistema Last Planner

Según (Pons, 2014), El sistema Last Planner o último planificador, normalmente el capataz, encargado o jefe de obra, se define como la última persona capaz de asegurar un flujo de trabajo predecible aguas abajo. LPS faculta al último planificador – la persona que asigna las tareas de trabajo directamente a los trabajadores – para conseguir compromisos de entrega en base a la situación real de un puesto de trabajo, en lugar de hacerlo en base a los planes teóricos. Se trata de un sistema Pull en lugar de un sistema Push (porque es la actividad aguas abajo en la cadena o flujo de valor la que marca el ritmo y tira de la demanda y no a la inversa como ocurre en el sistema tradicional, en el que las actividades aguas arriba empujan la producción hacia las actividades aguas abajo, generando cuellos de botella, exceso de inventario y esperas, entre otros desperdicios. El plan de trabajo normalmente se realiza y mantiene en una habitación grande, que suele ser una habitación, espacio o caseta habilitada para ello, instalada lo más cerca posible de la obra o lugar de trabajo, donde se ubica el equipo de trabajo.

Cuando el flujo de trabajo se hace más previsible, las obras se organizan mejor, las reuniones son más cortas, las disputas son menores y los cuellos de botella y las interrupciones en el flujo de trabajo se hacen más evidentes. Las decisiones se toman por consenso y los miembros del equipo deben ponerse de acuerdo en la relación existente entre las actividades, su secuencia y el tiempo de ejecución. Además, los miembros del equipo han de asegurarse de que tienen los recursos y el tiempo suficiente para completar los trabajos. El primer documento técnico sobre Last Planner System fue publicado en 1994 y posteriormente desarrollado por su mismo autor, Glenn Ballard, en su tesis doctoral del año 2000. Según Ballard, en un sistema tradicional, el rendimiento del último

planificador a veces es evaluado como si no pudiera haber ninguna diferencia posible entre “lo que debería hacerse” y “lo que se puede hacer”.

Además, plantea, Ante la pregunta “¿qué vamos a hacer la semana próxima?”, la respuesta más probable es “lo que está en el programa”, o “lo que está generando más urgencia”. Los supervisores consideran que su trabajo es mantener la presión sobre los subordinados para seguir produciendo a pesar de los obstáculos. La entrega irregular de recursos y la terminación impredecible de los trabajos previamente necesarios invalidan la presunta ecuación de “lo que se hará” con “lo que debería hacerse” y rápidamente da lugar al abandono de la planificación que dirige la producción real. (p. 54)

Figura 1. La formación de las tareas en el proceso de Last Planner System



Fuente : (Pons, 2014)

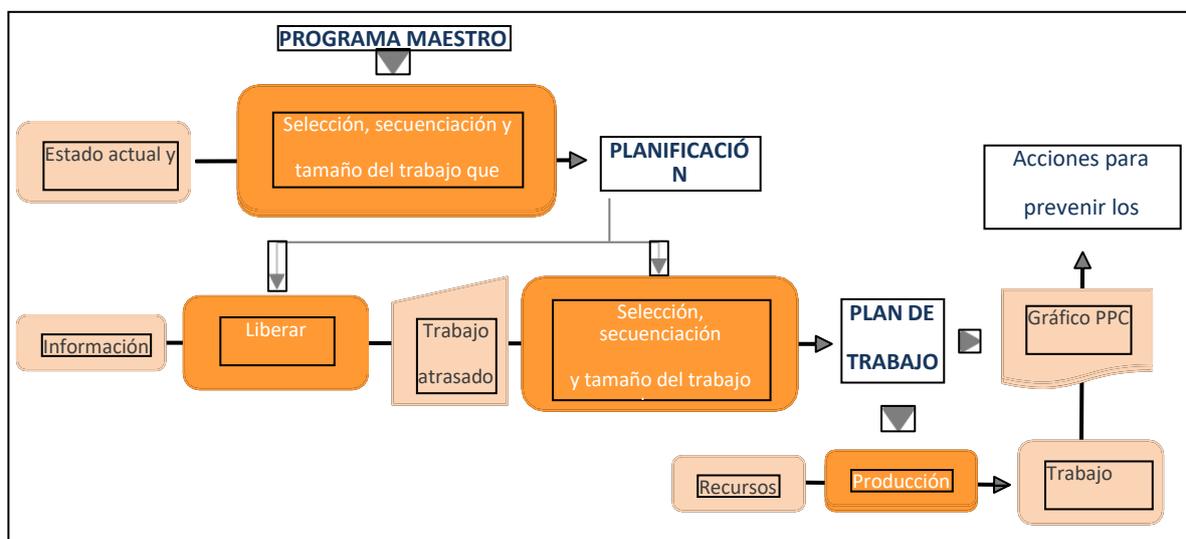
Por otro lado (Pons, 2014) indica que el Last Planner System (LPS) o sistema del último planificador añade un componente de control de la producción al sistema tradicional de gestión de proyectos. El LPS puede entenderse como un mecanismo para la transformación de “lo que debería hacerse” en “lo que se puede hacer”, formando así un inventario de trabajo realizable, que puede ser incluido en los planes de trabajo semanal. La inclusión de asignaciones en los planes de trabajos semanal es un compromiso de los últimos planificadores (supervisores, jefes de obra, etc.) de “lo que en realidad se hará”.

Así pues, LPS puede definirse como un método de control de producción diseñado para integrar “lo que debería hacerse” – “lo que se puede hacer” – “lo que se hará” – “lo que se hizo realmente” de la planificación y asignación de tareas de un proyecto. Su objetivo es entregar flujo de trabajo fiable y aprendizaje rápido.

LPS es un sistema colaborativo y está basado en el compromiso. Al contar con un enfoque sobre el conjunto general de todo el proyecto, LPS crea un sistema que garantiza que cada semana la gente está cumpliendo sus compromisos del plan semanal; esta consistencia permite la eliminación del programa de relleno, planes de contingencia, exceso de inventarios y otras actividades que no añaden valor.

Cuando los flujos de trabajo son más predecibles, los subcontratistas pueden tomar ventaja del montaje fuera de la obra, donde los subconjuntos se pueden producir y ensamblar en un entorno controlado.. Otro de los beneficios de la estabilidad es que los proyectos terminen a tiempo; al no extenderse, se pueden ahorrar miles de euros a la semana en el coste de equipos, maquinaria, alquileres, mano de obra y otros recursos para mantener el sitio de trabajo activo. (p. 55)

Figura 2. Modelo general de Planificación del Proyecto usando LPS.



Fuente: (Pons, 2014)

Por otro lado (Pons, 2014) indica que El sistema de control de producción del último planificador tiene tres componentes:

Planificación anticipada.

Compromiso con la planificación.

Aprendizaje.

Planificación anticipada.

La norma que rige el análisis de las restricciones es que no se autorice ninguna actividad a la fecha prevista a menos que los planificadores estén seguros de que las restricciones se pueden eliminar a tiempo. Siguiendo esta regla se asegura el hecho de que los problemas saldrán a la superficie más pronto y aquellos que no puedan resolverse en la planificación no se impondrán en la ejecución del proyecto, ya sea a nivel de diseño, fabricación o construcción.

Compromiso con la planificación.

Los compromisos se miden con el Porcentaje del Plan Completado (PPC), un indicador clave que evalúa si el trabajo se completó según lo prometido o no. El PPC rinde cuentas sobre el rendimiento de la ejecución del proyecto, así como la identificación de lecciones de mejora y oportunidades de aprendizaje. Esas lecciones se utilizan para mejorar las prácticas de trabajo, procesos y sistemas. Los proyectos con LPS han demostrado una fiabilidad de planificación del 85%, que se compara con los proyectos tradicionales, donde es de alrededor del 50%.

El último planificador considera los criterios de calidad antes de comprometer a los trabajadores a hacer el trabajo con el fin de protegerlos de la incertidumbre. En Toyota se aplica la regla de Taiichi Ohno: “En Toyota, todo trabajador tiene el deber de parar la

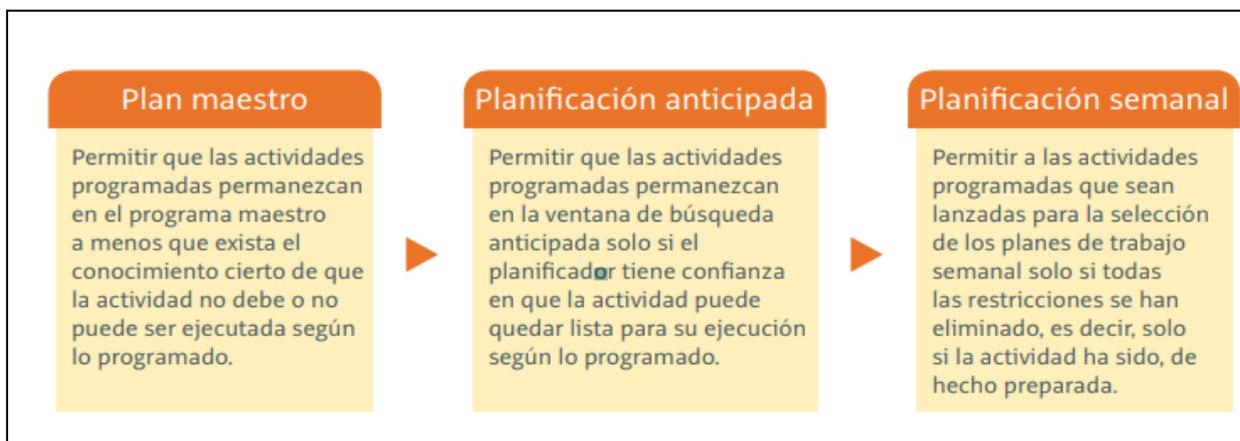
línea de producción en lugar de lanzar una pieza defectuosa aguas abajo”. Decir “No” era (y sigue siendo) un acto radical en la construcción. Uno de los cambios de comportamiento que conlleva LPS es la capacidad de decir “no” si el pre-requisito de la tarea o asignación no está completo.

Aprendizaje.

Cada semana, el plan de trabajo de la semana anterior es revisado para determinar qué tareas (compromisos) se completaron. Si el compromiso no se ha mantenido, a continuación, se proporciona una razón. Estas razones son analizadas periódicamente hasta la causa raíz y se llevan a cabo acciones para evitar que se repitan. Cualquiera que sea la causa, la monitorización continua de las razones para el fracaso del plan, medirá la efectividad de las acciones correctivas. (p. 56)

Además según (Pons, 2014) manifiesta que, En el sistema del último planificador se introducen adicionalmente a la planificación tradicional general de la obra o Plan maestro planificaciones intermedias y semanales, el seguimiento de indicadores de productividad como el PPC o Porcentaje del Plan Completado y un plan de acción para eliminar la causa raíz que ha originado el incumplimiento de la programación. (p. 56)

Figura 3. Reglas para permitir que las actividades programadas permanezcan o entren en cada uno de los tres niveles de jerárquica primaria del sistema de programación



Fuente : (Pons, 2014)

Como resumen (Pons, 2014) indica que, El Plan maestro muestra la viabilidad de los plazos y los hitos del proyecto. Una vez que el plan está completo, se deja a un lado y se desarrolla la planificación por fases para cada hito. Las personas que realmente hacen el trabajo crean un plan colaborativo para entregar cada fase del proyecto, lo que es esencialmente el sistema de producción para entregar el proyecto. El equipo crea la planificación por fases de todo el proyecto. Ese plan conduce a la generación de un Look Ahead Plan (LAP) o planificación intermedia, que idealmente tiene un alcance de seis semanas.

El LAP permite al equipo anticipar y obtener todo lo que necesita para completar y conseguir así el trabajo que está listo para empezar cuando lo requiera la planificación por fases. Además, el equipo genera un plan semanal para identificar lo que se puede hacer en relación con lo que se debe hacer y lo que se hará para la siguiente semana. (p. 57)

Figura 4. Cuadro resumen de Last Planner System.

| | | | |
|----------|--------------------------|---|-------------------|
| Debería | PROGRAMA MAESTRO | Establecer hitos y primeros acuerdos | Reunión inicial |
| | PLANIFICACIÓN POR FASES | Especificar entregables y fecha de cada equipo/sector | |
| Se puede | PLANIFICACIÓN INTERMEDIA | Preparar trabajo, identificando restricciones y gestionando su liberación | Reunión mensual |
| Se hará | PLANIFICACIÓN SEMANAL | Establecer compromisos de avance para el período | Reunión periódico |
| Se hizo | APRENDIZAJE | Medir porcentaje de cumplimiento de compromisos del período (avance y gestión). Actuar sobre causas de no cumplimiento | |

Fuente: (Pons, 2014)

Programación Maestra

Esta programación marca los hitos de la programación de la obra. Por lo cual no debe ser una programación muy detallada. En algunas empresas aún se usa el diagrama de Gantt que muestra un cronograma muy detallado de las actividades que se van a realizar día a día desde el día que se empieza las obras provisionales hasta la entrega final del último departamento del proyecto. Pero debido a la gran variabilidad que hay en obra, muchas veces este diagrama al final de la obra termina siendo un papel colgado en la oficina que nadie toma en cuenta para programar. Por lo que la programación maestra no debe ser muy detallada, sino más bien marcar fechas tentativas como comienzo de excavación, fin del casco, etc. El Dr. Glenn Ballard (cofundador y director de la investigación del Lean Construction Institute) mencionó en la conferencia de IGLC número 19 llevada a cabo en Lima, Perú lo siguiente: “todos los planeamientos son pronósticos, y todos los pronósticos están errados. Mientras más larga la predicción, más errada estará. Mientras más detallada la predicción, más errada estará”. (Ballard, 2011)

Por otro lado (Pons & Rubio, 2019) indica que esta etapa el objetivo es clarificar el alcance y las expectativas del proyecto, así como los hitos más destacados. Es

fundamental asegurar que todo el equipo de trabajo tenga una misma comprensión de la obra a ejecutar, así como alinear los intereses y necesidades del proyecto. El equipo de trabajo a considerar dependerá del alcance que tenga la aplicación del Last Planner System y de la fase del proyecto en la que empiece a usarse esta metodología. (p. 37)

Tradicionalmente, se tiene una visión incompleta de lo que debe realizarse cuando se habla de programa maestro, y por lo general se asocia a un diagrama de Gantt que contiene la totalidad del proyecto a construir. Sin embargo, un plan maestro completo, que contemple los principios Lean, tiene que proveer al equipo de obra de una visión común sobre los objetivos y entregables del proyecto, de manera que permita realizar un correcto seguimiento de la evolución y alcance de este.

Algunos de los componentes a considerar en un programa maestro son los siguientes:

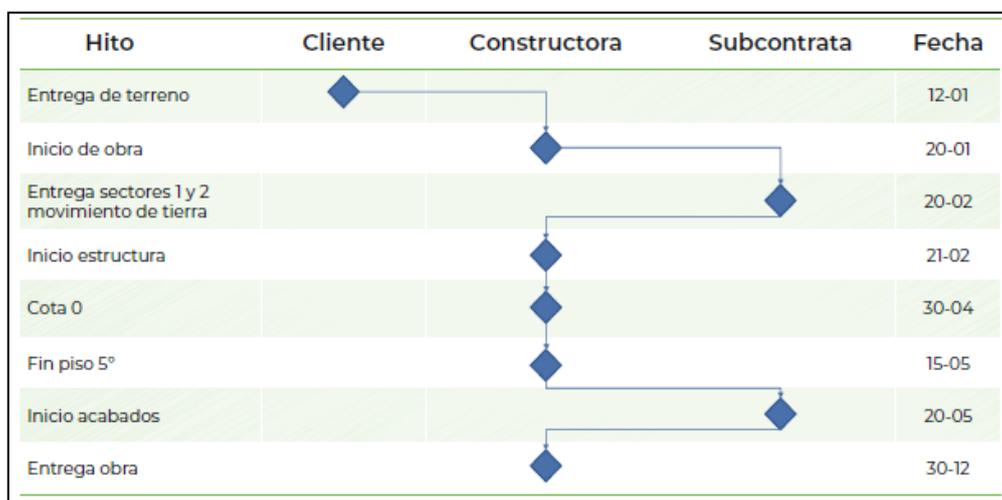
- Definición del alcance.
- Análisis de los stake holders o partes interesadas: cliente, proveedores, subcontratistas, diseñadores, comunidad de usuarios, etc.
- Definición de la estructura de desglose del trabajo.
- Definición de la estructura de organización del proyecto.
- Análisis de riesgos del proyecto.
- Definición de la estrategia de trabajo a seguir.
- Identificación de recursos críticos (equipos, materiales, mano de obra).
- Identificación de hitos (contractuales e internos de la empresa y el proyecto).
- Programación general de la obra (secuencia de actividades principales, duración real, solapes reales, etc.).

- Coste de las actividades, etc. (p.37)

Además (Pons & Rubio, 2019) indica que, En esta etapa, es importante identificar las diferentes fases que tendrá el proyecto, entendiendo que para cada fase se deberá realizar lo que se conoce como Planificación de fases. Para identificar las fases se sugiere considerar al menos las siguientes variables:

- Entregables o áreas de proyecto.
- Utilización de los recursos: ¿son compartidos por todas las áreas? ¿cada área de proyecto tiene sus propios recursos?
- Hitos del proyecto: internos y/o contractuales.
- Identificación de riesgos y contingencias.

Figura 5. Plan de hitos principales a partir del cual se hará el plan de fases.



Fuente: (Pons & Rubio, 2019)

Planificación de fases

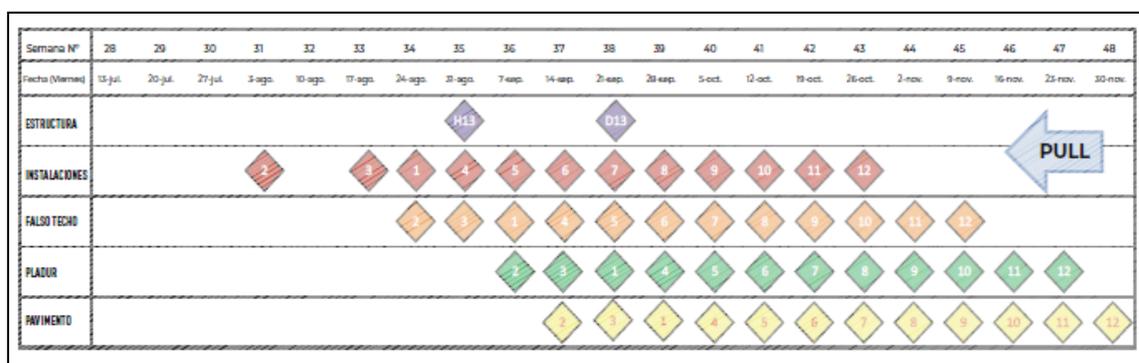
Según (Pons & Rubio, 2019) El objetivo de esta etapa del sistema es definir y validar el trabajo a realizar para cumplir cada fase de la obra. En general, en esta etapa la ventana de tiempo a planificar tiene una duración entre 3 y 6 meses, pudiendo ser más o

menos dependiendo de las características del proyecto. Al finalizar esta etapa se tendrá un plan de trabajo consensuado y comprometido por todas las partes en el que además se identificarán las restricciones más importantes o estructurales del proyecto. (p. 40)

La construcción ha seguido tradicionalmente un sistema de producción de empuje (PUSH), lanzando tareas hacia adelante en el plan de producción sin tener la certeza de que podrán ejecutarse sin que aparezcan los problemas típicos de falta de personal, falta de información, falta de materiales, terminación de una tarea precedente, disponibilidad de la zona de trabajo, etc.

Last Planner System resuelve esto mediante la planificación Pull, en la que, planificando del final hacia el principio del hito marcado, se solicitará a cada responsable los rendimientos, recursos y restricciones necesarias para comenzar y finalizar las tareas según lo planificado y sin los temidos cuellos de botella. (p. 41)

Figura 6. Ejemplo de planificación pull de una fase



Fuente: (Pons & Rubio, 2019)

¿Como funciona?

Se parte por definir cuál es el último entregable de la fase a planificar y a partir de este último hito, se realiza la pregunta “¿qué es lo que requiero que esté listo justo antes para poder entregar este hito?”. De esta manera, se llama a la actividad predecesora a que asuma su compromiso con su cliente y acuerden las condiciones de satisfacción de ese

compromiso. Con cada nuevo proyecto se debe elegir una estrategia para definir las fases o hitos principales y durante la fase de ejecución se realizarán tantas Pull Session o actualizaciones de las ya realizadas como sean necesarias para garantizar los compromisos de los plazos de entrega de la obra. La estrategia a seguir en cada caso y la duración de estas sesiones de trabajo variará en función del tipo de proyecto y su complejidad, Además se deberá tomar en consideración las tarjetas y los paneles de la planificación Pull (Pons & Rubio, 2019, pp. 42 - 46)

Acciones para la ejecución de la planificación por fases

Una vez iniciada la sesión de Planificación Pull es recomendable empezar con una conversación sobre las expectativas de la obra y la presentación de los participantes, indicando cuál es el rol de cada uno en el proyecto. Luego, el jefe de Obra o Administrador del contrato deberá exponer cuál es el hito final de la fase indicando cuál es la actividad inmediatamente anterior que debe estar finalizada para completar el hito. A partir de ese momento, comienza la participación del equipo.

Cada responsable añadirá su propio hito (en forma de una tarjeta de color) desde el final hasta el comienzo, y se fomentará una discusión positiva con el equipo y los demás subcontratistas para identificar claramente las dependencias, restricciones, necesidades, oportunidades de mejora y traspaso del trabajo de un oficio al siguiente.

La planificación Pull permite que el equipo se ocupe explícitamente de cuánto trabajo puede o debe hacerse en cada momento y lugar. También proporciona una oportunidad para que los miembros del equipo entiendan sus relaciones como clientes y proveedores al mismo tiempo.

Un error frecuente que suele cometerse es el de realizar una planificación Pull y no revisarla o chequearla periódicamente. Así, se puede comprobar periódicamente si los compromisos se mantienen o si están fallando, y, por lo tanto, resecuenciar el plan o

adoptar medidas para alcanzar la fecha objetivo en caso de que se detecten incumplimientos del plan. (Pons & Rubio, 2019, pp. 47 - 48)

Figura 7. Ejemplo de una planificación pull



Fuente: (elaboración propia)

Look Ahead (Planificación a medio plazo “se puede”)

Se puede decir que es un cronograma de ejecución a mediano plazo (suele estar entre 3 a 6 semanas, dependiendo la ubicación del proyecto). Es parte de la programación maestra, haciendo algunos cambios al cronograma debido a que el Look Ahead es mucho más detallado.

(Pons & Rubio, 2019) indica es realmente un plan de producción en el que se identifica cada tarea concreta que necesita ser completada y sus asignaciones y solapes con otras tareas. Permite mantener bajo control un plan de trabajo realizable en el medio plazo, identificando nuevas restricciones y condiciones necesarias para que esas tareas puedan ser realmente ejecutadas en el plazo previsto.

En el proceso de Planificación a Medio Plazo, se identificarán nuevas restricciones que puedan impedir la correcta ejecución del programa maestro y se actualizarán aquellas procedentes de la Pull Session. Estas restricciones gestionadas de manera eficiente y liberadas a tiempo, nos permite obtener un inventario de trabajo ejecutable (ITE) en forma de ordenes de producción concretas. Una buena pregunta a la que debe responder el equipo de obra para acotar esta ventana es: ¿cuánto tiempo requerimos del proyecto para gestionar y liberar las restricciones que se identifiquen?

En cada reunión semanal se analizarán las restricciones pendientes de liberar y se incorporará 1 semana más al análisis, para tener siempre la ventana de la Planificación a Medio Plazo actualizada. (pp. 51-53)

Tabla 1. Ejemplo de una planificación a medio plazo

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|----------|--------------------------------------|-------|-------|-------|--------------|------------|---------|-------------|---------|--------------|----------|-------|--------------------------------------|---|------------|------------------------|-------|-----|
|  | | FECHA | : 2022 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | AUTOR | : BACHILLER : EDISON CUCHO HUAMAN | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Universidad Nacional Federico Villarreal | | OBRA | : CENTRO DE SALUD BOCANEGRA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | LUGAR | : BOCANEGRA, CALLAO, CALLAO | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | PARTIDA | LOOK AHEAD-ANALISIS DE RESTRICCIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LOOK AHEAD (4 SEMANAS) ELEMENTOS ESTRUCTURALES | | | | | | | MANO DE OBRA | MATERIALES | EQUIPOS | INFORMACIÓN | ESPACIO | PROGRAMACIÓN | PERMISOS | OTROS | | | | | | |
| COD. | ACTIVIDAD | SEMANA 6 | | | | | MO | MA | EQ | INF | ESP | PRO | PER | OTR | LIBERADO | DESCRIPCION | RESP. | FECHA DE LEVANTAMIENTO | FALTA | EST |
| | | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | L | M | M | J | V | | | | | | | | | | | | | | |
| 001 | ACERO DE ZAPATAS | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | ✓ | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | NO | aun no se tienen en obra los separadores de 7.5 | ADM | 05/01/2022 | 2 | P |
| 002 | ENCOFRADO DE ZAPATAS | S5 | S1 | S2 | S3 | S4 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | SI | | | | | | |
| 003 | CONCRETO EN ZAPATAS | S5 | S1 | S2 | S3 | S4 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | SI | | | | | | |
| 004 | ACERO EN PLACAS | S4 | S5 | S1 | S2 | S3 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ | NO | pendiente certificado de garantía | ADM | 07/01/2022 | 4 | P | |
| 005 | ACERO EN COLUMNAS | S3 | S4 | S5 | S1 | S2 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ | NO | pendiente certificado de garantía | ADM | 07/01/2022 | 4 | T | |
| 005 | ENCOFRADO EN PLACAS | S2 | S3 | S4 | S5 | S1 | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ | NO | Falta espacio para almacenamiento de | CAMP | 10/01/2022 | 7 | T | |
| 006 | ENCOFRADO EN COLUMNAS | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | SI | | | | | | |
| 008 | CONCRETO EN PLACAS Y COLUMNAS | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ | NO | contratar la pluma | CAMP | 13/01/2022 | 10 | T | |
| | CANTIDAD EN ZAPATAS | 7.46 | 5.77 | 7.11 | 8.21 | 11.29 | | | | | | | | | | | | | | |
| | CONCRETO MURO PANTALLA | 10.98 | 10.92 | 10.22 | 11.98 | 12.98 | | | | | | | | | | | | | | |
| | SUB TOTAL DE CONCRETO POR | 18 m3 | 17 m3 | 17 m3 | 20 m3 | 24 m3 | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: (elaboración propia)

Por otro lado (Chávez & García, 2021) sostiene que esta parte de la planificación se concentra en afianzar las actividades que se puede ejecutar, con la garantía que puede hacerse. Es la programación de preparación, mediante el cual, los últimos planificadores pueden observar y visualizar mejor el panorama del proyecto de hasta seis semanas, para estimar y analizar la existencia de limitaciones o complicaciones en las próximas actividades establecidas en la programación de la fase. Para ello, se emplea un anteproyecto de planificación que ayuda a los ejecutores a focalizarse en las labores identificadas en las que deberán alistarse. Las restricciones son situaciones que limitan la correcta ejecución de una actividad programada y/o dificultan su terminación, estas contemplan preocupaciones como la falta de recursos, escasez de mano de obra calificada, no 28 hay información oportuna, indisponibilidad de maquinaria, falta de definiciones de ingeniería y autorizaciones de trabajo, entre otros. (p. 27)

Como parte del proceso en esta programación intermedia se realizará el análisis de restricciones.

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

Por ello, los participantes en las reuniones de planificación deben ser los responsables de las cuadrillas que van a ejecutar o que están ejecutando las diferentes partidas de obra, ya que son quienes mejor conocen la realidad de lo que está pasando con sus equipos y, además, deben tener capacidad de decisión y de trasladar a sus jefes aquellas necesidades o problemas que surjan o que excedan su capacidad personal. (pp. 55-57)

Tabla 2. Ejemplo de análisis de restricciones

| MANO DE OBRA | MATERIALES | EQUIPOS | INFORMACIÓN | ESPACIO | PROGRAMACIÓN | PERMISOS | OTROS | | | | | | |
|--------------|------------|---------|-------------|---------|--------------|----------|-------|----------|---|-------|------------------------|-------|------|
| MO | MA | EQ | INF | ESP | PRO | PER | OTR | LIBERADO | DESCRIPCION | RESP. | FECHA DE LEVANTAMIENTO | FALTA | AEST |
| ✓ | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | NO | aun no se tienen en obra los separadores de 7.5 | ADM | 05/01/2022 | 2 | P |
| ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | SI | | | | | |
| ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | SI | | | | | |
| ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ | NO | pendiente certificado de garantía | ADM | 07/01/2022 | 4 | P |
| ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ | NO | pendiente certificado de garantía | ADM | 07/01/2022 | 4 | T |
| ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ | NO | Falta espacio para almacenamiento de | CAMP | 10/01/2022 | 7 | T |
| ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | SI | | | | | |
| ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ | NO | contratar la pluma | CAMP | 13/01/2022 | 10 | T |

Fuente: (elaboración propia)

Programación Semanal (plan a corto plazo “se hará”)

Se puede entender que es un cronograma tentativo donde se muestra las actividades que se van a realizar en la semana. En esta etapa ya se tiene la seguridad que todas las actividades mostradas no deben de tener restricciones para su realización. Para realizar la programación semanal se debe tener en cuenta la programación de las siguientes cuatro semanas (Look Ahead), como también (Chávez & García, 2021) indica que en esta etapa, el equipo de trabajo se concentra en lo que producirá cada último planificador, con el fin de efectuar los compromisos asumidos en la planificación de la fase. Para ello, el equipo de trabajo prepara un plan para la semana entrante, donde los últimos planificadores detallan las actividades que hará cada día de la semana,

identificando las tareas que concluirán con sus respectivas cuadrillas. La fiabilidad de estos planes es bastante importante en el progreso de los programas compartidos. (p. 28)

Según (Pons & Rubio, 2019) El objetivo es armar un plan de trabajo comprometido con actividades específicas a realizar, con metas cuantitativas claras. Las tareas por comprometer debieran ser las que se encuentran en el Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE) generado en la etapa de Planificación a Medio Plazo (Look Ahead) de manera que aumente la confiabilidad del plan al comprometer el trabajo en actividades en las que tenemos mayor certeza de que tienen las condiciones necesarias para ser ejecutadas.

Es importante que cada “último planificador” asuma sus compromisos de producción y exponga la responsabilidad que está asumiendo. Él es quien está asumiendo el compromiso con su equipo, no está diciendo que “sí” a lo que le están solicitando las jefaturas. (pp. 58-59)

Figura 8. Ejemplo de planificación semanal

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

Fuente: (Pons & Rubio, 2019)

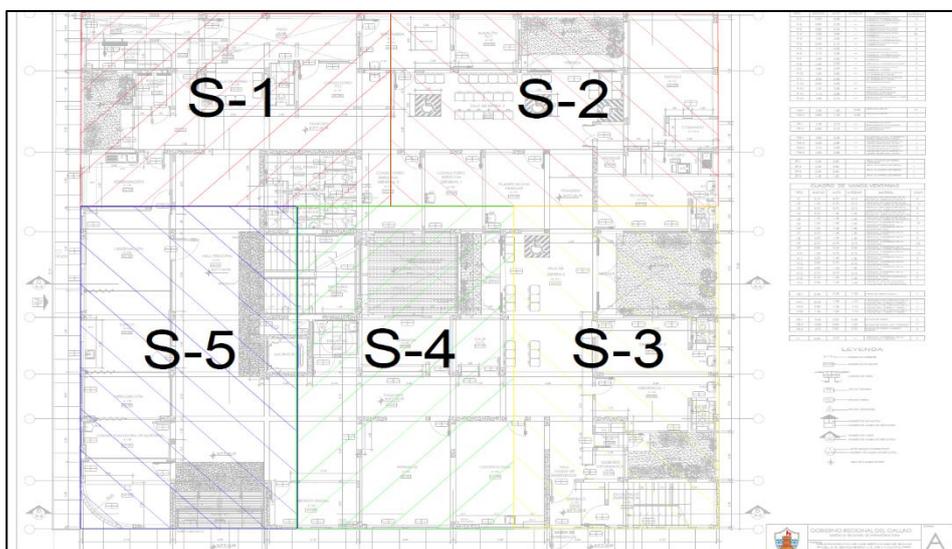
Programación Diaria (Parte Diario)

Conocido como el taréo, es un documento que se entrega todos los días al responsable de cada cuadrilla. Dicho documento muestra en forma clara las actividades a realizar durante el día, la idea es formalizar el pedido del ingeniero de campo en cuanto a las actividades a realizar. En algunas empresas el documento entregado al capataz para realizar las labores diarias tiendan más a confundirlo, por lo tanto, se debería tratar de que el documento sea lo más claro posible (con gráficos y colores) para ayudar a reforzar lo dicho por el ingeniero de producción, mas no contradecirlo o confundir más a la persona que recibe el tareo.

Sectorización

Al no contar con una sectorización definida, los metrados presentados en el cronograma fueron repartidos equitativamente igual para todos los días; por lo cual, no representaba una proyección exacta del compromiso del trabajo por realizar, siendo que cada día de trabajo los metrados reportados siempre fueron distintos al señalado en la programación.

Figura 9. Ejemplo de sectorización, piso 1 CS Bocanegra



Fuente: (elaboración propia)

Productividad en obra

(Serpell, 2006) explica que la productividad mide la eficiencia con que los recursos son utilizados para terminar una tarea en específico, con estándar de plazos y calidad establecidos. (p. 26)

Podemos decir entonces que la productividad comprende tanto la eficiencia como la efectividad, ya que de nada sirve producir muchos metros cuadrados de muros de una actividad determinada, si estos no cumplen con los estándares de calidad.

(Brioso, 2015) considera que la productividad es la relación entre lo producido y lo gastado en ello. Relaciona la eficiencia y efectividad, menciona que mediante la productividad se puede determinar la administración de insumos para producción. De esto podemos indicar que la productividad se define como la relación de tiempo y los productos obtenidos, también se puede definir como un indicador de eficiencia relacionando la cantidad de recursos utilizados con respecto a la cantidad de productos obtenidos.

Por lo tanto, productividad se define como la relación entre producción final y factores productivos utilizados en la producción de bienes y servicios. Una productividad mayor significa hacer más con la misma cantidad de recursos o hacer lo mismo con menos capital y trabajo.

$$\mathbf{Productividad} = \frac{\mathbf{Produccion\ obtenida}}{\mathbf{Cantidad\ de\ recursos\ utilizados}}$$

- Productividad de los materiales: Evitando desperdicios por su costo.
- Productividad de la mano de obra: Este recurso fija la dinámica de la construcción, de este depende la productividad de los otros recursos e insumos.

· Productividad de la maquinaria: Evitar tiempos muertos durante su uso en los proyectos por su alto costo que representa.

Por este motivo es necesario implementar nuevas herramientas en el sector construcción que tengan como finalidad la optimización de los procesos. (Botero & Alvares, 2004, p.52)

Tabla 3. *Relación entre la eficacia, efectividad y productividad*

| UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS | | |
|----------------------------------|--|------------------------|
| Pobre | Alta | |
| EFFECTIVO PERO INEFICIENTE | EFFECTIVO Y EFICIENTE <u>ÁREA DE ALTA PRODUCTIVIDAD</u> | Alto |
| INEFECTIVO E INEFICIENTE | EFICIENTE PERO INEFECTIVO | Bajo |
| | | OBTENCIÓN DE LAS METAS |

Fuente: (Botero & Alvares, 2004)

(Oglesby, Parker & Howell, 1989), propone las 3 principales categorías de trabajo.

✓ Trabajo productivo (T.P.) (agrega valor): aquel que aporta en forma directa a una unidad de producción. Por ejemplo: vibrar el hormigón, colocar tuberías, excavar zanjas, colocar ladrillos, pintar, etc.

✓ Trabajo contributorio (T.C.) (no agrega valor): aquel que debe realizarse para que pueda ejecutarse el trabajo productivo, es decir, es un tiempo dedicado a las labores de apoyo necesarias para que se ejecuten los trabajos productivos. Por ejemplo: transporte de material, recepción o entrega de instrucciones, limpieza, lectura de planos, mediciones, etc.

✓ Trabajo no contributivo (T.N.C.) (no agrega valor): cualquier actividad que no corresponde a las categorías anteriores, por ende, genera pérdidas. Por ejemplo: ocio, esperas, interrupciones no autorizadas, trabajos rehechos, traslado de un lugar a otro, necesidades biológicas, descansos, factores climáticos, etc.

Cartas balance

(B & R, 1990) explica que la Carta Balance es una herramienta estadística que permite describir en forma detallada el proceso de una operación de construcción para buscar su optimización. Debido a que en la mayoría de los proyectos se utilizan procesos convencionales, el manejo y control de la productividad se basa resultados de construcciones anteriores, por lo cual se ve orientada a resistirse a cambios.

Las cartas balance establece una técnica de análisis que brinda la oportunidad de dar una respuesta inmediata a la ejecución de una operación y obtener información de que tan eficiente es y tomar medidas al respecto para mejorar la productividad. Con esta herramienta podemos analizar si proceso constructivo empleado es eficiente mediante gráficos de barras verticales con variable tiempo como ordenada y recursos, como maquinaria u hombres, como abscisa. (p.5)

Porcentaje de Plan Cumplido (PPC).

Es el número total de tareas programadas completadas entre el número total de tareas programadas expresado en porcentaje. Las tareas programadas se toman del Look Ahead.

Productividad Según Ghio (2015) en su libro “Productividad en proyectos de construcción” se puede definir la productividad como la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados para obtenerla.

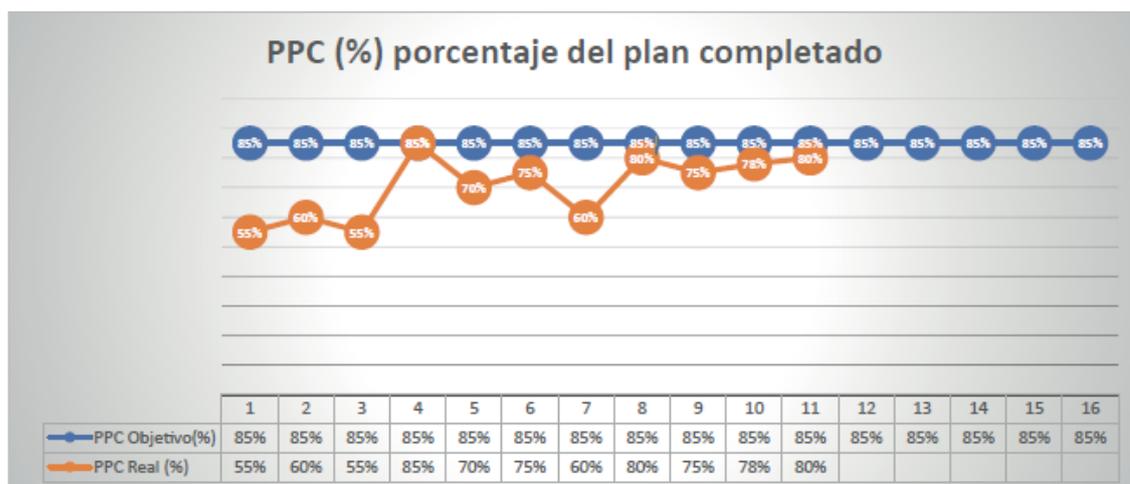
(Botero & Alvares, 2004) señalan a “la productividad como una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado, también se podría definir como una relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla. Esto es, una productividad mayor implica una mayor producción utilizando la misma cantidad de recursos”. (p. 28)

Por otro lado (Pons & Rubio, 2019) sostiene que el porcentaje del plan completado, a veces llamado porcentaje de promesas cumplidas es un indicador clave para medir la confiabilidad del equipo planificando. Se calcula como el “número de tareas comprometidas completadas” dividido por el “número total de tareas comprometidas planificadas para la semana” en curso. Mide el porcentaje de asignaciones que se completan al 100% tal y como se había previsto, y se usan criterios binarios de SI/ NO, de manera que una tarea terminada al 90% sería un NO. Por ejemplo, si se han planificado 4 tareas y se han finalizado solo 3, aunque la cuarta tarea esté terminada a medias, el PPC será el resultado de dividir 3 entre 4, es decir, el 75%.

$$PPC (\%) = \frac{N^{\circ} \text{ de tareas comprometidas completadas}}{N^{\circ} \text{ total de tareas comprometidas planificadas}} \times 100$$

Hay que clarificar que el PPC no es un indicador de avance sino más bien un indicador que mide qué tan confiable somos cuando asumimos compromisos como equipo. Por esto se mide de manera binaria ya que en el Sistema del Último Planificador se entiende que las obras se completan en base a cadenas de compromisos, por lo tanto, en la medida que se rompe un eslabón (al no cumplir el compromiso), la obra pierde eficiencia y productividad. (P. 60)

Figura 10. Ejemplo de indicador del PPC.



Fuente: (Pons & Rubio, 2019)

LAS CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO (CNC)

Según (Pons & Rubio, 2019) Una vez ha pasado el periodo de corto plazo comprometido y se analiza el cumplimiento de los compromisos, para cada compromiso no completado se debe identificar cuál fue la causa raíz de ese no cumplimiento. El objetivo de este análisis no es buscar al culpable si no identificar el por qué no se pudo ejecutar lo comprometido de manera que se tomen acciones correctivas en base a la causa raíz identificada. Es importante utilizar metodologías que permitan identificar la causa raíz para tomar acciones en el proceso correcto y generar los impactos deseados, así como disponer de un listado de las causas de no cumplimiento más frecuentes que nos permita aprender de los errores. (p. 61)

De acuerdo con lo que indica el PAC es necesario llevar el registro de las causas de no cumplimiento de las actividades de tal modo de permitir el mejoramiento continuo y aprendizaje. Entre las causas de no cumplimiento más frecuentes podemos mencionar:

- ❖ Programación (PROG): Errores en la programación, cambios en programación, etc.
- ❖ Logística de Materiales (MAT): Ausencia o insuficiencia de materiales en el proyecto.
- ❖ Incumplimiento de Actividades Predecesoras (IAP): Retrasos en actividades previas.
- ❖ Cliente/Supervisión (CLI): Compromisos no realizados.
- ❖ Externo (EXT): Eventos extraordinarios como factores climáticos.
- ❖ Ingeniería (ING): Cambios en la ingeniería durante el desarrollo del Plan Semanal, incongruencias de los planos con la realidad.
- ❖ Subcontratos (SUB): Incumplimiento en la entrega de algún recurso o servicio subcontratado.
- ❖ Mano de Obra (MO): Insuficiencia o falta de personal.
- ❖ Problemas Internos de Empresa (PIE): Aquellas relacionados con la administración interna de la empresa o entidad.
- ❖ Procesos constructivos (PC): Inadecuado procedimiento constructivo para la ejecución de una actividad.

Reuniones semanales

Según (Pons & Rubio, 2019) Un hito importante en la aplicación del LPS corresponde a la reunión de planificación (por lo general semanal). En esta instancia es cuando se reúnen los últimos planificadores para evaluar el desempeño del periodo anterior, analizar el plan de medio plazo y para comprometer y validar el plan para la semana siguiente.

Es fundamental que participen todos los últimos planificadores. En caso de que alguno no pueda participar, deberá enviar a un representante (puede ser otro participante) empoderado con toda la información necesaria para dar cuenta de los compromisos adquiridos en la reunión anterior y pueda asumir compromisos para el próximo periodo.
(p. 62)

Método del valor ganado (EVM)

Esta metodología según (Melendes, 2019) Es para medir el desempeño con la técnica del valor ganado se requiere de un elemento fundamental “la referencia” pues todo desempeño se mide respecto a algo previamente definido (línea base). todo cambio respecto a ellas debe pasar por el proceso de control integrado de cambios. Estas 3 líneas base son la principal referencia de la técnica del valor ganado. Una vez definida la referencia, el EVM nos permitirá saber el desempeño del proyecto para una determinada fecha de análisis o de corte.

Entonces la técnica del valor ganado combina medidas del alcance, tiempo y costos para evaluar el desempeño. para aplicar esta técnica se requiere comprender los siguientes conceptos:

- Planned Value (PV): Valor planeado

Es el presupuesto autorizado asignado al trabajo programado durante un periodo de tiempo específico, el máximo valor planeado es el presupuesto al cierre o BAC (Budget at completion).

- Earned Value (EV): Valor ganado

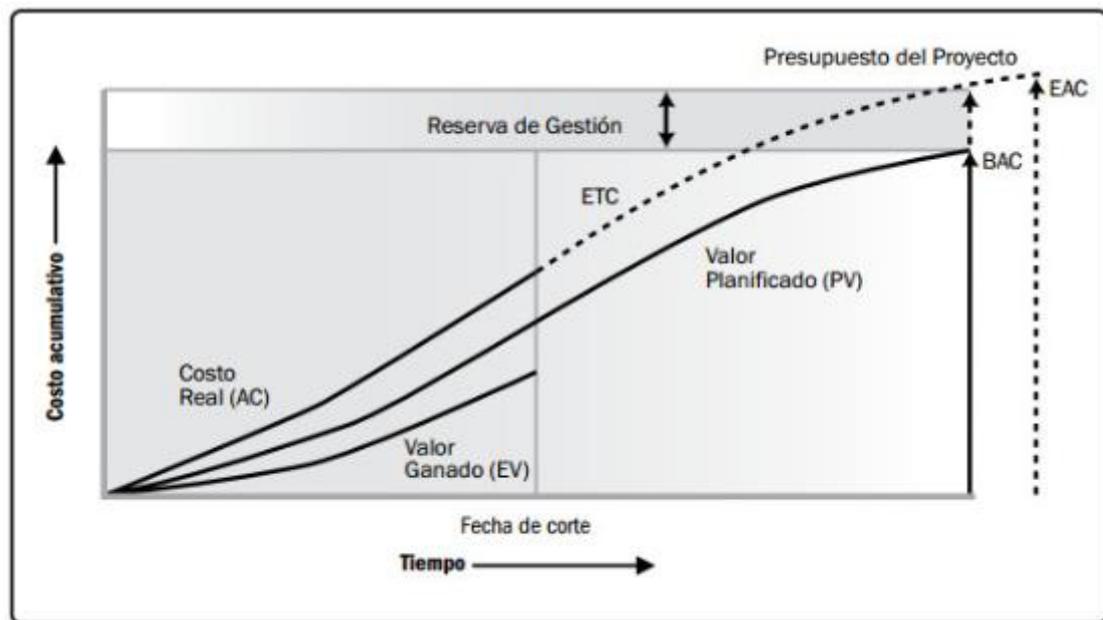
Es la medida del trabajo realizado calculado en términos de su presupuesto autorizado, es decir, avance real de la actividad a su precio presupuestado. El ideal de este valor es acercarse al valor planeado.

- Actual Cost (AC): Costo real

Corresponde el costo real acumulado de acuerdo con el trabajo realizado de la actividad para un determinado avance. El ideal de este valor es acercarse al valor planeado.

Estas tres variables al ser graficadas en función del tiempo se pueden plasmar, por ejemplo, cómo la siguiente gráfica:

Figura 11. Costo acumulado y tiempo (valor ganado)



Fuente: (Melendes, 2019)

Con este tipo de gráficas se puede observar la tendencia seguida por las tres principales variables del EVM. Para analizar las variaciones del cronograma, los costos y los índices de desempeño del proyecto se requiere conocer los siguientes conceptos:

- Schedule Variance (SV)

Representa la variación del cronograma y se calcula como la diferencia entre el valor ganado y el valor planeado.

- Cost Variance (CV)

Representa la variación del costo y se calcula como la diferencia entre el valor ganado y el costo real.

- Cost Performance Índice (CPI)

Índice de desempeño del costo que representa cuánto rendimiento tiene cada unidad monetaria invertida en el proyecto y se calcula como la división entre el valor ganado y el costo real.

De donde se desprende que:

Si el CPI menor a 1, la actividad o el proyecto tiene un costo real mayor al presupuestado.

Si el CPI igual a 1, la actividad o el proyecto tiene un costo real igual al proyectado.

Si el CPI mayor a 1, la actividad o el proyecto tiene un costo real menor al presupuestado.

- Schedule Performance Índice (SPI)

Índice de desempeño del cronograma y se calcula como la división entre el valor ganado y el valor planeado.

De donde se desprende que:

Si el SPI menor a 1, la actividad o el proyecto está retrasado respecto a lo planeado.

Si el SPI es igual a 1, la actividad o el proyecto está al día según lo planeado.

Si el SPI es mayor a 1, la actividad o el proyecto esta adelantado respecto a lo planeado.

Por otro lado La Guía del PMBOK, (Project Management Institute, 2017)

manifiesta que se trata de una “Metodología que combina medidas de alcance, cronograma y recursos para evaluar el desempeño y el avance del proyecto”

La aplicación de la metodología EVM en las fases de iniciación y planificación de un proyecto aumenta la validez y utilidad de la línea base de costos y cronogramas y es una excelente verificación de los supuestos de alcance del proyecto y la línea base de alcance. Una comparación del desempeño real con esta línea de base proporciona información sobre el estado y los datos del proyecto, no solo para proyectar resultados probables, sino también para que la administración tome decisiones oportunas y adecuadas utilizando datos objetivos. La guía menciona que el método del valor ganado (EVM) compara la cantidad de trabajo planeado contra lo que realmente se ha terminado para determinar si el costo, el cronograma y el trabajo realizado están llevándose a cabo de acuerdo con lo planeado. (p. 261)

El coeficiente de correlación de Pearson:

(Pértegas & Pita, 2002) plantea que una prueba que mide la relación estadística entre dos variables continuas. Si la asociación entre los elementos no es lineal, entonces el coeficiente no se encuentra representado adecuadamente.

La correlación es el método de análisis adecuado cuando se precisa conocer la posible relación entre dos variables de este tipo. Así, el grado de asociación entre dos variables numéricas puede cuantificarse mediante el cálculo de un coeficiente de correlación. Debe entenderse, no obstante, que el coeficiente de correlación no proporciona necesariamente una medida de la causalidad entre ambas variables sino tan sólo del grado de relación entre las mismas.

La medida más habitualmente utilizada para el estudio de la correlación es el coeficiente de correlación lineal de Pearson. El coeficiente de Pearson mide el grado de asociación lineal entre dos variables cualesquiera, y puede calcularse dividiendo la covarianza de ambas entre el producto de las desviaciones típicas de las dos variables. Para un conjunto de datos, el valor r de este coeficiente puede tomar cualquier valor entre

-1 y $+1$. El valor de r será positivo si existe una relación directa entre ambas variables, esto es, si las dos aumentan al mismo tiempo. Será negativo si la relación es inversa, es decir, cuando una variable disminuye a medida que la otra aumenta. Un valor de $+1$ o -1 indicará una relación lineal perfecta entre ambas variables, mientras que un valor 0 indicará que no existe relación lineal entre ellas. Cálculo del tamaño muestral para calcular la significación del coeficiente de correlación lineal de Pearson.

Supongamos que se quiere llevar a cabo un estudio con el fin de determinar si existe o no una relación significativa entre dos variables numéricas X e Y . Para llevar a cabo la investigación, se recoge una muestra de individuos en donde de cada uno de ellos se determina el valor que toma cada una de las dos variables

Como se dijo anteriormente, la distribución muestral del coeficiente de Pearson no es normal, pero bajo la suposición de que las dos variables de estudio presentan una distribución gaussiana, el coeficiente de Pearson puede transformarse para conseguir un valor de z que sigue una distribución normal. Se suele considerar la transformación de Fisher:

- La magnitud de la correlación que se desea detectar (r). Esto es, se precisa tener una idea, a partir de publicaciones o estudios previos, del valor aproximado del coeficiente de correlación existente entre las dos variables a estudio.
- La seguridad con la que se desea trabajar $Z(1-\alpha)$ o riesgo de cometer un error de tipo I. Generalmente se trabaja con una seguridad del 95%.
- El poder estadístico, $Z(1-\beta)$, que se quiere para el estudio, o riesgo de cometer un error de tipo II. Es habitual tomar 0.80 , o, equivalentemente, un poder estadístico del 80%

Se debe precisar además si el contraste de hipótesis se va a realizar con un planteamiento unilateral (el r calculado es mayor o menor de cero) o bilateral (el r calculado es diferente de cero).

Si se dispone de los datos anteriores, el cálculo del tamaño muestral con un planteamiento bilateral puede realizarse mediante la expresión:

$$n = \left(\frac{Z_{1-\alpha} + Z_{1-\beta}}{0.5 \times \ln\left(\frac{1+r}{1-r}\right)} \right)^2 + 3$$

De las siguientes Tablas se muestran los valores de estos parámetros utilizados con mayor frecuencia en el cálculo del tamaño muestral, en función de la seguridad y el poder con los que se trabaje.

Tabla 4. *Tabla de valores para determinar el nivel de seguridad*

| TABLA 1. Valores de $z_{1-\alpha}$ y $z_{1-\alpha/2}$ utilizados con mayor frecuencia en el cálculo del tamaño muestral en función de la seguridad $1-\alpha$ elegida para el estudio. | | | |
|--|----------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Seguridad | α | Prueba bilateral $z_{1-\alpha/2}$ | Prueba unilateral $z_{1-\alpha}$ |
| 80 % | 0,200 | 1,282 | 0,842 |
| 85 % | 0,150 | 1,440 | 1,036 |
| 90 % | 0,100 | 1,645 | 1,282 |
| 95 % | 0,050 | 1,960 | 1,645 |
| 97,5 % | 0,025 | 2,240 | 1,960 |
| 99 % | 0,010 | 2,576 | 2,326 |

Fuente: (Pértegas & Pita, 2002)

Tabla 5. tabla para determinar el poder estadístico

TABLA 2. Valores de $z_{1-\beta}$ utilizados con mayor frecuencia en el cálculo del tamaño muestral en función de el poder estadístico $1-\beta$ elegido para el estudio.

| Poder estadístico | β | $z_{1-\beta}$ |
|-------------------|---------|---------------|
| 99 % | 0,01 | 2,326 |
| 95 % | 0,05 | 1,645 |
| 90 % | 0,1 | 1,282 |
| 85 % | 0,15 | 1,036 |
| 80 % | 0,2 | 0,842 |
| 75 % | 0,25 | 0,674 |
| 70 % | 0,3 | 0,524 |
| 65 % | 0,35 | 0,385 |
| 60 % | 0,4 | 0,253 |
| 55 % | 0,45 | 0,126 |
| 50 % | 0,5 | 0,000 |

Fuente: (Pértegas & Pita, 2002)

III. MÉTODO

3.1 Tipo de Investigación

Es una investigación no experimental porque las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir en ellas, lo que se hace es observar los eventos tal como se dan en su contexto natural, para luego ser analizados. Esto implica aplicar las herramientas ya establecidas para analizar los procesos y los resultados.

Investigación Aplicada, debido a que se trata de encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto. Por consiguiente, el tipo de ámbito al que se aplica es muy específico y bien delimitado, abordando un problema definido.

El tipo de investigación es Básica- cualitativa, la finalidad de esta investigación es la recopilación de información que contribuya a la construcción de una base de conocimientos, la cual se agrega a la información previa existente y no se va a contrastar una hipótesis.

El nivel de la investigación es explicativo, a través la implementación de este sistema se explicará el impacto respecto a los plazos de entrega, productividad de la mano de obra y costos de la ejecución de partidas de acabados.

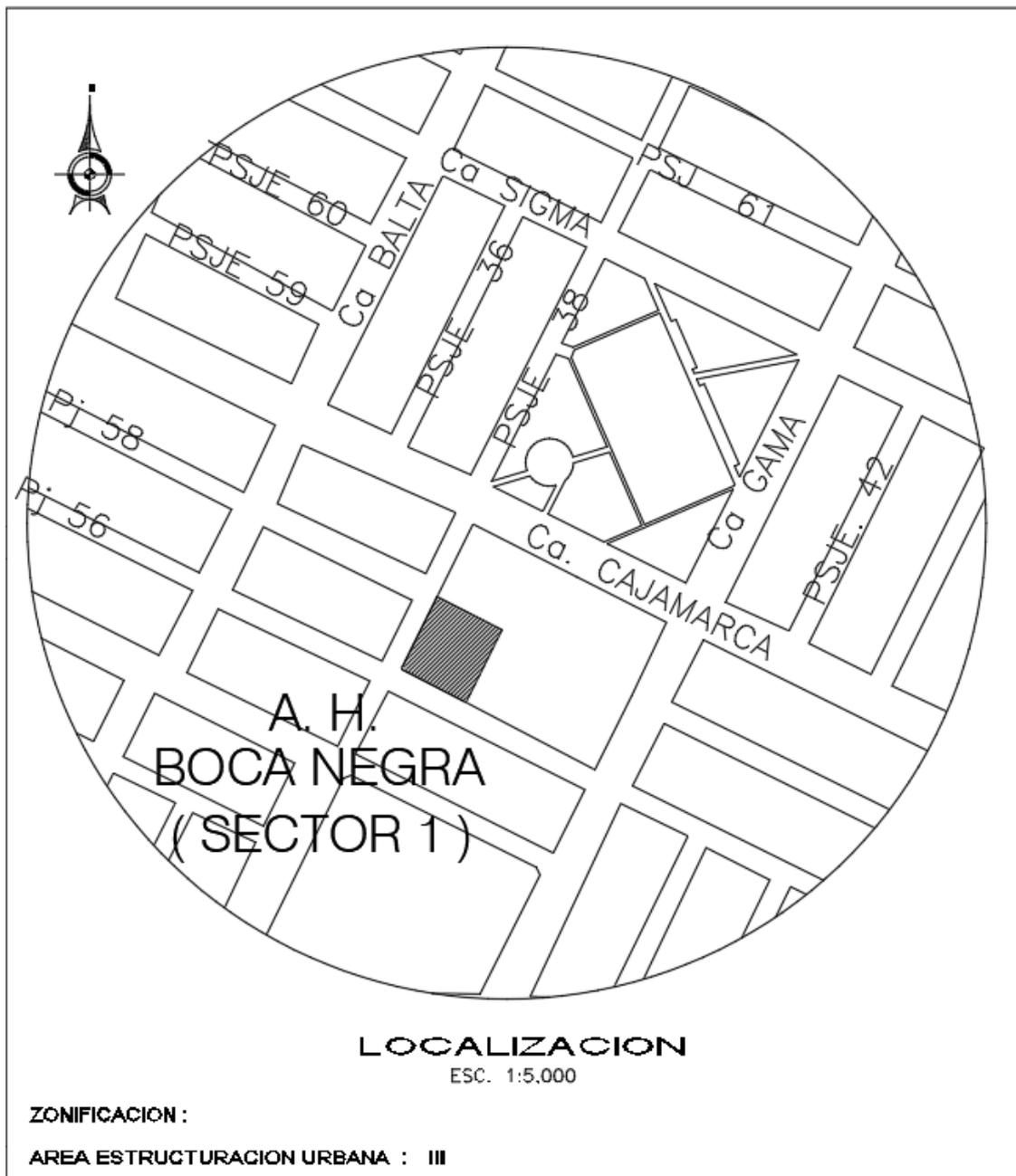
Investigación Longitudinal, ya que se caracteriza por realizar un seguimiento a los mismos procesos a lo largo de un período concreto. Permite ver la evolución de las características y variables observadas. En este caso en particular se hará seguimiento durante toda la fase de estudio.

3.2 Ámbito temporal y espacial

El proyecto “Mejoramiento de los servicios de salud del centro de salud Bocanegra I-3”, cuya ejecución con la implementación del sistema last planner es tema de esta investigación, se ubica en el lugar poblado de Bocanegra – provincia constitucional del Callao en la costa central del Perú.

El reconocimiento de campo y ejecución de obra se inicia el 31 de marzo del año 2021, contando con un plazo de ejecución de 330 días calendarios.

Figura 12. Localización de la obra centro de salud Bocanegra



Fuente: (elaboración propia)

Figura 13. Ubicación de la obra centro de salud Bocanegra



Fuente: (Elaboración propia)

3.3 Variables

I: Sistema Last Planner

D: Productividad

D: Confiabilidad

3.4 Población y muestra

Población

La población asociada a la investigación hace referencia a todos los proyectos de construcción de edificaciones hospitalarias y está dado por la delimitación geográfica de la provincia constitucional del Callao.

Muestra

Se toma como muestra la ejecución del Centro de Salud Bocanegra donde se implementará el Sistema Last Planner por un periodo de 16 semanas que corresponde la ejecución de las partidas más incidentes como concreto armado, albañilería y acabados.

3.5 Instrumentos

Para la correcta aplicación de la metodología Last Planner se debe tener claro que maneja métricas enfocadas en la mejora de la confiabilidad de la programación, por lo que, en el presente proyecto de investigación se cuenta con los instrumentos de recolección de información.

La técnica utilizada en esta investigación es la Observación Directa, puesto que es el principal método para la obtención de datos de la realidad, implica conseguir información a través de la percepción selectiva e intencionada, interpretativa e ilustrada de un fenómeno u objeto determinado.

Para el desarrollo de esta investigación se utilizará como instrumentos de investigación las fichas de recolección de información en campo.

- Formatos de Cartas Balance (TP, TC Y TNC).
- Formatos de Índices de desempeño CPI, SPI
- Porcentaje de Plan Cumplido (%PPC).
- Causas de no cumplimiento (%CNC)
- Relación PAC-CPI, PAC-SPI e Inventario de actividades ejecutables (ITE)

Tabla 6. Registro de porcentaje de plan cumplido (PPC)

|  Universidad Nacional Federico Villarreal | | FECHA : 2022 | | AUTOR : BACHILLER : EDISON CUCHO HUAMAN | | OBRA : CENTRO DE SALUD BOCANEGRA | | LUGAR : BOCANEGRA, CALLAO, CALLAO | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|--|-----------|---|---------|----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------|----|----|----------|---|-------|--------------|-----|--------------------------------|----------------------------------|
| | | PORCENTAJE DE ACTIVIDADES COMPLETADAS (PAC) | | Inicio Periodo | | 10-Ene-22 | Fin Periodo | | 16-Ene-22 | | | | | | | | | |
| ID | ACTIVIDAD | Inicio | Fin | Dur. | Metrado | Und. | Cumplimiento Semanal | | | | | | | Total | Cumplimiento | CNC | Causa de no Cumplimiento (CNC) | |
| | | | | | | | 2022 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | L | M | X | J | V | S | D | | | | | |
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | | | | | | | | | | | | |
| Piso 1 - Placas | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Acero en Columnas y placas | 10-Ene-22 | 10-Ene-22 | 1 | 1.0 | glb | Prog. | P7-7A | | | | | | | 100% | SI | | |
| | | | | | | | Real | P7-7A | | | | | | | 100% | | | |
| 2 | Encofrado en Columnas | 11-Ene-22 | 11-Ene-22 | 1 | 1.0 | glb | Prog. | P7-7A | | | | | | | 100% | NO | CLHNG | Indefinición en columnas P7 y 7A |
| | | | | | | | Real | | | | | | | | | | | |
| 3 | Concreto en Columnas | 13-Ene-22 | 13-Ene-22 | 1 | 1.0 | glb | Prog. | | P7-7A | | | | | | 100% | NO | ACT-PREV | Pendiente actividad predecesora |
| | | | | | | | Real | | | | | | | | | | | |
| Piso 1 - Columnas | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Encofrado de placas P07 | 12-Ene-22 | 12-Ene-22 | 1 | 1.0 | glb | Prog. | P7 | | | | | | | 100% | SI | | |
| | | | | | | | Real | | | P7 | | | | | 100% | | | |
| 5 | Concreto en placas P07 | 13-Ene-22 | 13-Ene-22 | 1 | 1.0 | glb | Prog. | | P7 | | | | | | 100% | SI | | |
| | | | | | | | Real | | | | P7 | | | | 100% | | | |
| Piso 1 - Horizontales | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Encofrado en losa de techo L3 | 12-Ene-22 | 12-Ene-22 | 1 | 1.0 | glb | Prog. | L3 | | | | | | | 100% | NO | | Pendiente actividad predecesora |
| | | | | | | | Real | | | | | | | | | | | |
| 7 | Acero en losa de techo L3 | 13-Ene-22 | 13-Ene-22 | 1 | 1.0 | glb | Prog. | | L3 | | | | | | 100% | SI | | |
| | | | | | | | Real | | L3 | | | | | | | | | |
| 8 | Tendido de cables de tensado L | 13-Ene-22 | 13-Ene-22 | 1 | 1.0 | glb | Prog. | | L3 | | | | | | 100% | NO | CLHNG | Indefinición en columnas CPL |
| | | | | | | | Real | | | | | | | | | | | |
| 9 | Tendido de instalaciones L3 | 13-Ene-22 | 13-Ene-22 | 1 | 1.0 | glb | Prog. | | L3 | | | | | | 100% | SI | | |
| | | | | | | | Real | | L3 | | | | | | | | | |
| 10 | Concreto en Losa de techo L3 | 14-Ene-22 | 14-Ene-22 | 1 | 1.0 | glb | Prog. | | | L3 | | | | | 100% | NO | CLHNG | Indefinición en columnas P7 y 7A |
| | | | | | | | Real | | | | | | | | | | | |
| 11 | Acero en losa de techo L2 | 14-Ene-22 | 14-Ene-22 | 1 | 1.0 | glb | Prog. | | | L2 | | | | | 100% | SI | | |
| | | | | | | | Real | | | L2 | | | | | | | 100% | |
| 12 | Tendido de cables de tensado L | 14-Ene-22 | 14-Ene-22 | 1 | 1.0 | glb | Prog. | | | L2 | | | | | 100% | SI | | |
| | | | | | | | Real | | | L2 | | | | | | | 100% | |
| 13 | Tendido de instalaciones L2 | 14-Ene-22 | 14-Ene-22 | 1 | 1.0 | glb | Prog. | | | L2 | | | | | 100% | SI | | |
| | | | | | | | Real | | | L2 | | | | | | | 100% | |
| 14 | Concreto en Losa de techo L2 | 15-Ene-22 | 15-Ene-22 | 1 | 1.0 | glb | Prog. | | | | L2 | | | | 100% | NO | CLHNG | Indefinición en columnas P7 y 7A |
| | | | | | | | Real | | | | L2 | | | | | 50% | | |
| | | | | | | | | | | | | PAC= 57% | | | | | | |

Fuente: (Elaboración propia)

3.6 Procedimientos

El objetivo de la presente tesis es implementar el Sistema Last Planner utilizando una serie de herramientas del sistema para incrementar la confiabilidad de la planificación.

Como primer paso se lleva la selección y la determinación de las actividades que serán objeto de estudio en las cuales se desarrollarán las mediciones para la evaluación de la productividad de la mano de obra, bajo la realización de los trabajos de forma tradicional, para esto se tomará las partidas más incidentes y en ruta crítica según cronograma de ejecución de obra.

1.0.- Se procederá a la elaboración de formatos para realizar la recolección de información e la obra, a través de variables específicas, en donde se identificarán las características de las actividades ejecutadas por los trabajadores en obra.

2.0.- Se ha seleccionado las partidas mas incidentes para la realización de las cartas balance, donde se determinará la productividad de la mano de obra mediante el proceso de visualización desde un punto estratégico y toma de datos para la obtención de los TP, TC, TNC, especificando para cada caso las causas que no generan valor a la actividad.

3.0.- Posteriormente se realizará el análisis de los datos obtenidos en campo para determinar el total de mediciones, el porcentaje de TP, TC y TNC, con lo cual se determinará el nivel de la productividad del proyecto centro de salud Bocanegra, esto nos permitirá establecer las actividades que presentan una mayor fuente de perdida en la ejecución de la obra por tener mayor frecuencia.

4.0.- Se iniciará con el proceso de capacitación del sistema last planner al staff técnico, a los encargados de cada área (capataces), subcontratistas y todo el personal operativo que se ve involucrado en la ejecución de la obra, con la finalidad de agilizar la concepción de los compromisos de cada trabajador y lograr los mejores resultados con su implementación.

5.0.- Inicio de la implementación del sistema last planner con la elaboración de los cronogramas de control (plan maestro, planificación por fases), donde se va a marcar claramente los hitos de toda la obra.

6.0.- Elaboración de la sectorización de la obra para generar trenes de trabajo con el que se logra obtener un flujo constante de trabajo.

7.0.- Elaboración de los cronogramas de control, plan intermedio (look ahead), donde se va a definir claramente los trenes de trabajo obtenidos después de la sectorización realizada e iniciar con el análisis de restricciones.

8.0.- Como resultado del análisis de restricciones, se va a obtener el inventario de tareas ejecutables (ITE), se debe entender que para este punto todos los trabajos deben estar libre de restricciones y ser incorporados en la programación semanal.

9.0.- Control de cumplimiento de programación: Seguimiento y control de las programaciones realizadas, mediante reportes semanales donde se busca obtener los valores del PAC y CNC.

10.0.- Se medirán los resultados de la productividad con la implementación del Sistema Last Planner con el control de los avances físicos de las partidas más incidentes, utilizando el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC).

11.0.- Implementación de hojas de control: Para este punto se implementó la metodología del valor ganado (EVM) donde se obtiene los índices que van a determinar la eficiencia y eficacia de la obra a través de los CPI Y SPI.

12.0.- Además se controló la de productividad mediante el control de seguimiento semanal en obra de dos formas, el primero mediante el control de horas hombre HH y horas máquina HM y el segundo mediante el control de gastos realizados y pagados semanalmente.

13.0.- Elaboración de los informes de productividad y eficiencia: Para lograr obtener los informes de productividad y tener una referencia de comparación, se tomó los niveles de productividad realizados de manera tradicional (observada durante 4 semanas), para luego compararlas con los resultados de la implementación del Sistema Last Planner durante un periodo de 12 semanas.

3.7 Análisis de datos

Se utilizará Microsoft Excel para digitar y almacenar toda la información recolectada en hojas de cálculo elaboradas para dicho fin. Se realizará además un análisis descriptivo, por medio, de las tablas y gráficos de frecuencia.

Iniciando con la obtención de la carta balance donde se resume y se hace el análisis de datos y culminando con la elaboración de curvas de productividad semanal y acumulado.

IV. RESULTADOS

4.1 Descripción del proyecto

4.1.1 Antecedentes

INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

Edificación: Su ingreso principal es por el pasaje 38. La construcción hecha en albañilería cuenta con 1 nivel, algunos acabados como los pisos han sido sustituidos por lo que están en buenas condiciones, las ventanas de fierro y las puertas de madera están en regular estado de conservación.

El área para demoler es de 319.82 m² aproximadamente y corresponde a la totalidad de la infraestructura actual. bAgua: El sistema de abastecimiento de agua potable está en funcionamiento en el predio.

Desagüe: El sistema de desagüe es mediante red pública.

Energía Eléctrica: La localidad cuenta con sistema de suministro público de energía eléctrica.

4.1.2 Ubicación, localización y entorno urbano

El terreno es de propiedad del Ministerio de Salud. El terreno es de forma regular según levantamiento topográfico, con un área de 859.75m², según ficha registral de COFOPRI N° P01107136 del registro Predial Urbano del Callao, con los siguientes linderos:

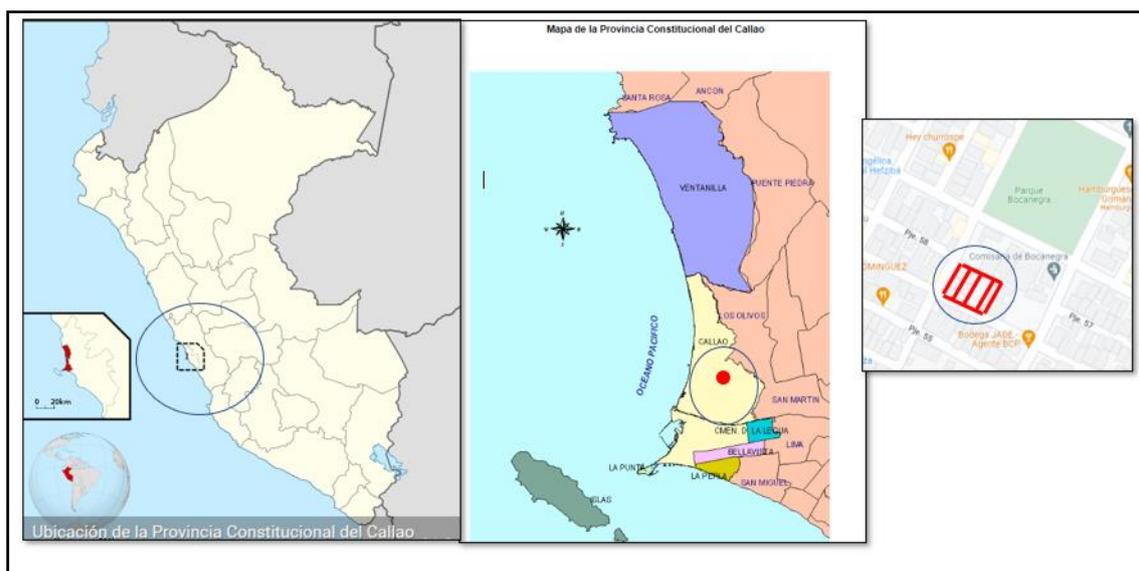
Frente: 30.35 m con pasaje 56

Derecha: 28.05 m con lote terceros

Izquierda: 27.90 m con pasaje 38

Fondo: 31.15 m con lote de terceros

Figura 14. Ubicación de la obra centro de salud Bocanegra



Fuente: (Elaboración propia)

4.1.3 Temperatura

Máx. 22.3°C - Mín. 17.0°C

Vientos: 0,1m/s

Predominancia de orientación del viento de S, SO.

4.1.4 Categorización

Primer Nivel: I-3. Según Ministerio de Salud

Red de Salud: BEPECA

Micro Red: SESQUICENTENARIO

Centro de Salud: Bocanegra

4.1.5 Terreno

Se localiza dentro de una zona urbana de configuración plana. No se encuentra ningún accidente geográfico cercano al área donde será ubicado el proyecto.

4.1.6 Descripción de la obra

El Centro de Salud Bocanegra contará con un ingreso principal ubicado en el pasaje 56 a la derecha de este la salida de emergencia y por el pasaje 38 un ingreso secundario a ser utilizado por pacientes de PCT.

Por lo limitado de las dimensiones del terreno, el centro de salud se ha desarrollado en tres niveles, sótano y azotea por lo que se ha considerado dos escaleras y un ascensor para el desplazamiento de los discapacitados.

La escalera número 1 que es la principal va desde el sótano hasta la azotea, mientras que la escalera de escape nace en el primer nivel y solo llega al tercer nivel, y que son los niveles donde el acceso es público. El ascensor tiene paradas en el sótano, 1°, 2° y 3° nivel.

Al ingresar se llega a un gran espacio de hall de distribución y sala de espera de donde se accede a los ambientes de farmacia, caja, admisión servicios higiénico-públicos, también a los consultorios externos y a la zona de urgencias y ayuda al diagnóstico.

El Depósito de Residuos Sólidos se ubica cerca a la entrada para pacientes con PCT.

En el Sótano se ubica toda la Unidad de Servicios Generales y las cisternas.

En el Segundo Nivel se encuentran más consultorios, los ambientes administrativos, el archivo y el laboratorio clínico; en el tercer nivel se ubican los almacenes, depósitos, y el SUM con sus correspondientes servicios complementarios.

La escalera principal accede hacia la azotea, como zona de ampliación o desfogue.

Todos los ambientes poseen ventilación e iluminación natural, con acabados durables y de fácil mantenimiento, prestando especial atención al tema de seguridad tanto en el interior como en el exterior.

Los acabados generales propuestos son:

Muros tarrajeados y pintados.

Contra zócalo sanitario de terrazo en corredores y porcelánicos en consultorios.

Pisos de patios con cemento pulido y bruñados.

Pisos de gres porcelánico o cemento pulido

Puertas de madera enchapadas con plástico laminado y metálicas en ambientes que requieren seguridad.

Ventanas de aluminio con cristal de seguridad laminado y rejas de seguridad en todas las ventanas exteriores.

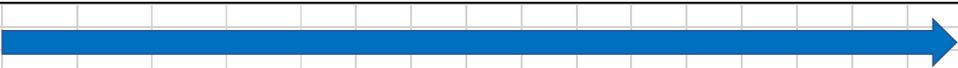
Servicios higiénicos con piso de gres porcelánico y zócalo de cerámico y terrazo sanitario.

4.2 Procedimiento de la investigación realizada

4.2.1 Periodo de la investigación

Esquema del tiempo de duración de la investigación:

Tabla 8. Línea de tiempo de la investigación

| | |  | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|---|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|--------|------|------|------|--------|------|------|------|
| | | Dic-21 | | | | Ene-22 | | | | Feb-22 | | | | Mar-22 | | | |
| | | S-1 | S-2 | S-3 | S-4 | S-5 | S-6 | S-7 | S-8 | S-9 | S-10 | S-11 | S-12 | S-13 | S-14 | S-15 | S-16 |
| ACTIVIDAD PLANIFICADA | CONTROL DE PRODUCTIVIDAD MEDIANTE METODOS CONVENCIONALES, CAPACITACION EN EL SISTEMA LAST PLANNER | Implementacion del sistema last planner, control de productividad y utilizacion de indicadores PPC, CNC, CPI, SPI | | | | | | | | | | | | | | | |
| OBSERVACION | PRESENCIA CONTAMNTE EN EL PROYECTO | PARTICIPACION CONSTANTE EN EL AREA TECNICA | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: (Elaboración propia)

4.2.2 proceso de desarrollo de la investigación

- **Elaboración de informes de productividad:** Para determinar el rendimiento y la productividad real en la obra, con la ejecución de las partidas a través de métodos tradicionales se recogió la información necesaria referente a TP, TC Y TNC de las partidas más incidentes y en ruta crítica según cronograma contractual de la obra, estas partidas más incidentes son, encofrado de elementos estructurales, asentado de ladrillos y tarrajeo de muros y cielorrasos. Además de ello se determinó las causas que generan pérdidas de productividad.
- **Se definen los cronogramas de control:** estos sirven como línea base de programación:
 - a) Plan maestro (Hitos de proyecto)
 - b) Plan intermedio (programación de 4 semanas)
 - c) Planes semanales
- **Control de cumplimiento de programación:** Seguimiento y control de las programaciones realizadas (análisis de restricciones), además mediante reportes semanales donde se busca obtener los valores del PAC y CNC, esta acción se realiza con las actividades programadas para la semana presente.
- **Implementación de hojas de control:** se implementó los formatos, según la metodología del valor ganado (EVM) para controlar los niveles de eficiencia del proyecto, realizándose los controles semanales de ejecución y programación.
- **Control de productividad:** Se llevo el control para hacer un seguimiento semanal de la productividad en obra de dos formas diferentes, el primero mediante el control de horas hombre HH y horas máquina HM y el segundo mediante el control de gastos realizados y pagados semanalmente.

- **Elaboración de los informes de productividad y eficiencia:** Para lograr obtener los informes de productividad y tener una referencia de comparación, se tomó los niveles de productividad realizados de manera tradicional (observada durante 4 semanas), para luego compararlas con los resultados de la implementación del Sistema Last Planner durante un periodo de 12 semanas.

4.2.3 métodos de recolección de Información para la investigación

Control en obra (In Situ)

Se hizo la recolección de la información en el proyecto in situ mediante el método de la observación, estando permanentemente durante la ejecución de la obra y desarrollo de la investigación, esto permite entender la dinámica del proyecto y las características de funcionamiento de la empresa y su interrelación con todos los involucrados.

Formatos de control en campo

Los formatos implementados para la toma de datos en campo fueron realizados visualizando directamente las partidas ejecutadas. En estos formatos se anotó la información necesaria para obtener datos de PAC, CNC en su fase de control y TP, TC Y TNC en su fase inicial de determinación de la productividad.

Escala de Pearson

A partir de los valores generados semanalmente de PAC, SPI y CPI para el proyecto en general, se realizaron análisis de correlación, obteniendo el coeficiente de correlación de Pearson, con prueba de significación unilateral. Los parámetros para determinar el tamaño de la muestra requerido están definidos en las siguientes tablas:

De las siguientes Tablas se muestran los valores de estos parámetros que se utilizarán para el cálculo del tamaño muestral, en función de la seguridad y el poder con los que se trabaje.

Tabla 9. Tabla de valores para determinar el nivel de seguridad

| TABLA 1. Valores de $z_{1-\alpha}$ y $z_{1-\alpha/2}$ utilizados con mayor frecuencia en el cálculo del tamaño muestral en función de la seguridad $1-\alpha$ elegida para el estudio. | | | |
|--|----------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Seguridad | α | Prueba bilateral $z_{1-\alpha/2}$ | Prueba unilateral $z_{1-\alpha}$ |
| 80 % | 0,200 | 1,282 | 0,842 |
| 85 % | 0,150 | 1,440 | 1,036 |
| 90 % | 0,100 | 1,645 | 1,282 |
| 95 % | 0,050 | 1,960 | 1,645 |
| 97,5 % | 0,025 | 2,240 | 1,960 |
| 99 % | 0,010 | 2,576 | 2,326 |

Fuente: (Pértegas & Pita, 2002)

Tabla 10. tabla para determinar el poder estadístico

| TABLA 2. Valores de $z_{1-\beta}$ utilizados con mayor frecuencia en el cálculo del tamaño muestral en función de el poder estadístico $1-\beta$ elegido para el estudio. | | |
|---|---------|---------------|
| Poder estadístico | β | $z_{1-\beta}$ |
| 99 % | 0,01 | 2,326 |
| 95 % | 0,05 | 1,645 |
| 90 % | 0,1 | 1,282 |
| 85 % | 0,15 | 1,036 |
| 80 % | 0,2 | 0,842 |
| 75 % | 0,25 | 0,674 |
| 70 % | 0,3 | 0,524 |
| 65 % | 0,35 | 0,385 |
| 60 % | 0,4 | 0,253 |
| 55 % | 0,45 | 0,126 |
| 80 % | 0,5 | 0,000 |

Fuente: (Pértegas & Pita, 2002)

Seguidamente aplicaremos una ecuación para determinar el número de muestras requeridas para el estudio según el coeficiente de correlación de Pearson.

$$n = \left(\frac{Z_{1-\alpha} + Z_{1-\beta}}{0.5 \times \ln\left(\frac{1+r}{1-r}\right)} \right)^2 + 3$$

Tabla 11. Resultado para el caso de estudio N° de muestra

| Parámetros de Muestra para Correlación de Pearson | | | |
|---|-------|-------------------|-----------|
| Parámetros | Valor | Valor según tabla | Variables |
| r | 0.65 | — | |
| seguridad Z (1-α) | 0.95 | 1.960 | α = 0.05 |
| estadístico Z (1-β) | 0.8 | 0.842 | β = 0.2 |
| perdidas | 0% | | |
| muestra requerido (n) | 16 | Muestras a usar | 16 |

Fuente: (Elaboración propia)

4.3 Procesamiento de datos y análisis de resultados

4.3.1 Evaluación inicial del proyecto y su ejecución

Evaluación del sistema de trabajo usado en obra

Durante el tiempo de observación inicial de los procesos tradicionales con el que se ejecutaron la obra, tema del proyecto de investigación, se identificó que el área técnica no aplica ninguna metodología para una correcta gestión de los procesos constructivos y uso de recursos, infiriéndose además que gran parte del equipo técnico desconoce sobre el sistema Last Planner.

Para la coordinación de la ejecución de los trabajos se tienen algunas reuniones esporádicas en los cuales se tocan temas generales y se extienden tiempos prolongados sin obtener consensos de importancia, sin la participación de todos los involucrados y sin que queden evidencias de la reunión documentado para generar compromisos y responsables a cada acuerdo.

Se utiliza un cronograma Gantt, parte del expediente técnico contractual deficiente con el que se controla los tiempos, cronograma casi obsoleto porque no se muestra los tiempos reales para cada partida y además no es adecuado para el control y seguimiento de la ejecución de las actividades.

Se realizan programaciones de actividades sin el análisis de restricciones, es decir actividades que aún no tienen concluidos la gestión de recursos, materiales, equipos o cualquier otra aprobación del cliente representados por la supervisión de obra.

No se realiza una sectorización de frentes de trabajo, ejecutándose las actividades como un todo, esto limita la existencia de un tren de trabajo y maximiza los tiempos muertos.

El periodo de observación fue de 4 semanas desde la semana 1 hasta la semana 4 del inicio de actividades de estructuras y arquitectura, periodo al que se determinó como proceso de trabajo con el Sistema Convencional.

Evaluación de cronograma de ejecución de obra

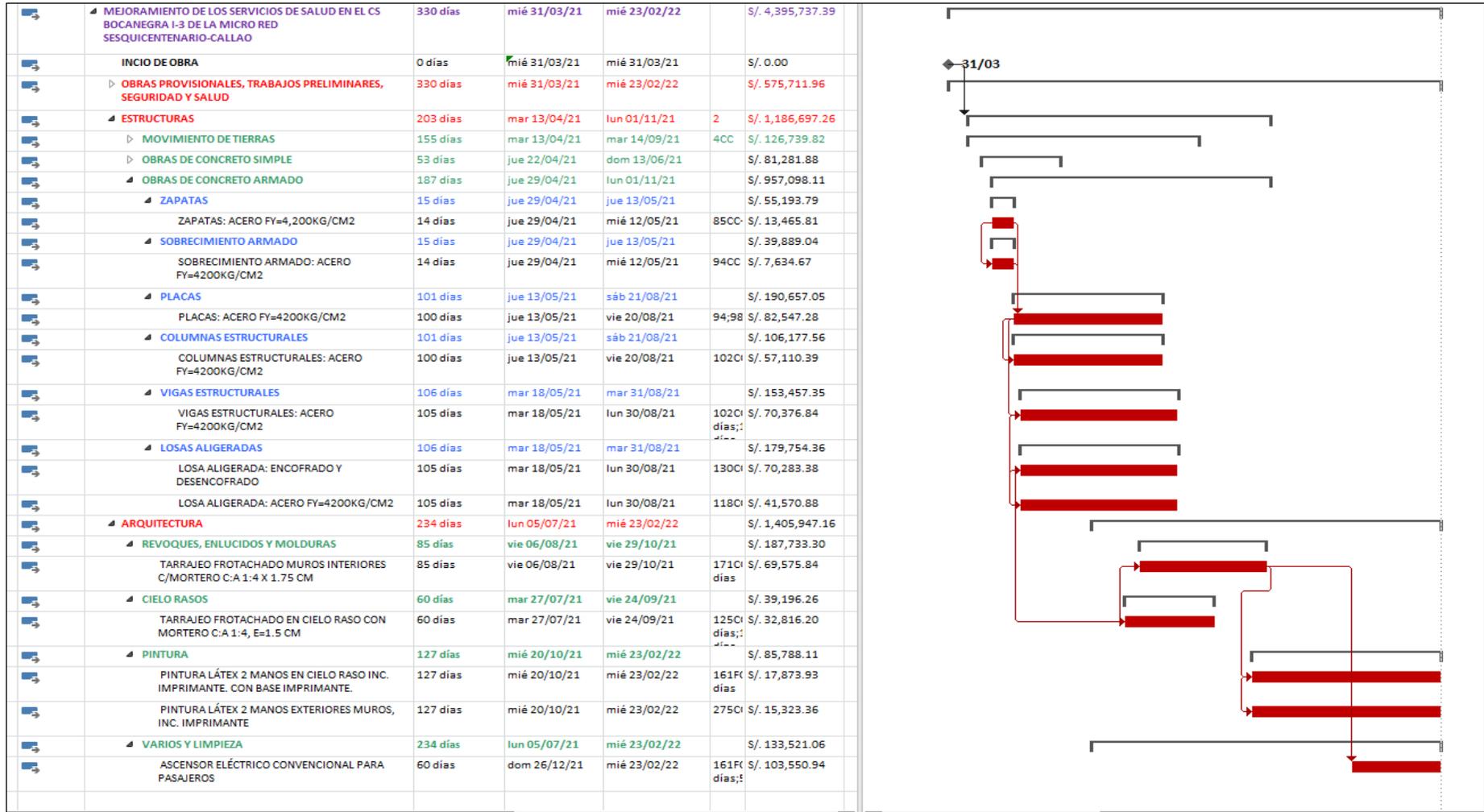
Como se indicó en la formulación del problema de esta presente investigación, los inconvenientes para un eficiente control de ejecución de se originan desde la etapa de elaboración del expediente técnico, los mismo que fueron aprobadas previamente por la Unidad Formuladora, luego licitadas y sobre las mismas los postores efectuaron sus propuestas técnicas y económicas quienes presentan los mismos cronogramas elaboradas en el expediente técnico haciéndolas suyas (sin evaluar y analizar su correcta planificación y estimación de tiempos, hecho que es muy común en la licitación de obras públicas en nuestro país), esto conlleva a un mal cálculo de los rendimientos y recursos en el análisis de costos unitarios. Por tanto, se evalúa en esta investigación que estos documentos como, el cronograma Gantt, cronogramas de avance de obra valorizado, no reflejan los tiempos y cantidades reales que requerirá la ejecución del proyecto, para ello

se hará un comparativo del análisis de precios unitarios del expediente técnico del Centro de Salud Bocanegra y el análisis de precios unitarios de revista especializadas en nuestro país, para lo cual se tomarán las partidas más incidentes y en ruta crítica.

Según la figura N°15 se muestra la ruta crítica del cronograma contractual, parte del expediente técnico, se puede apreciar que la obra tiene un plazo de ejecución de 330 DC, teniendo como inicio el 31 de marzo del 2021 y fin de obra el 23 de febrero del 2022.

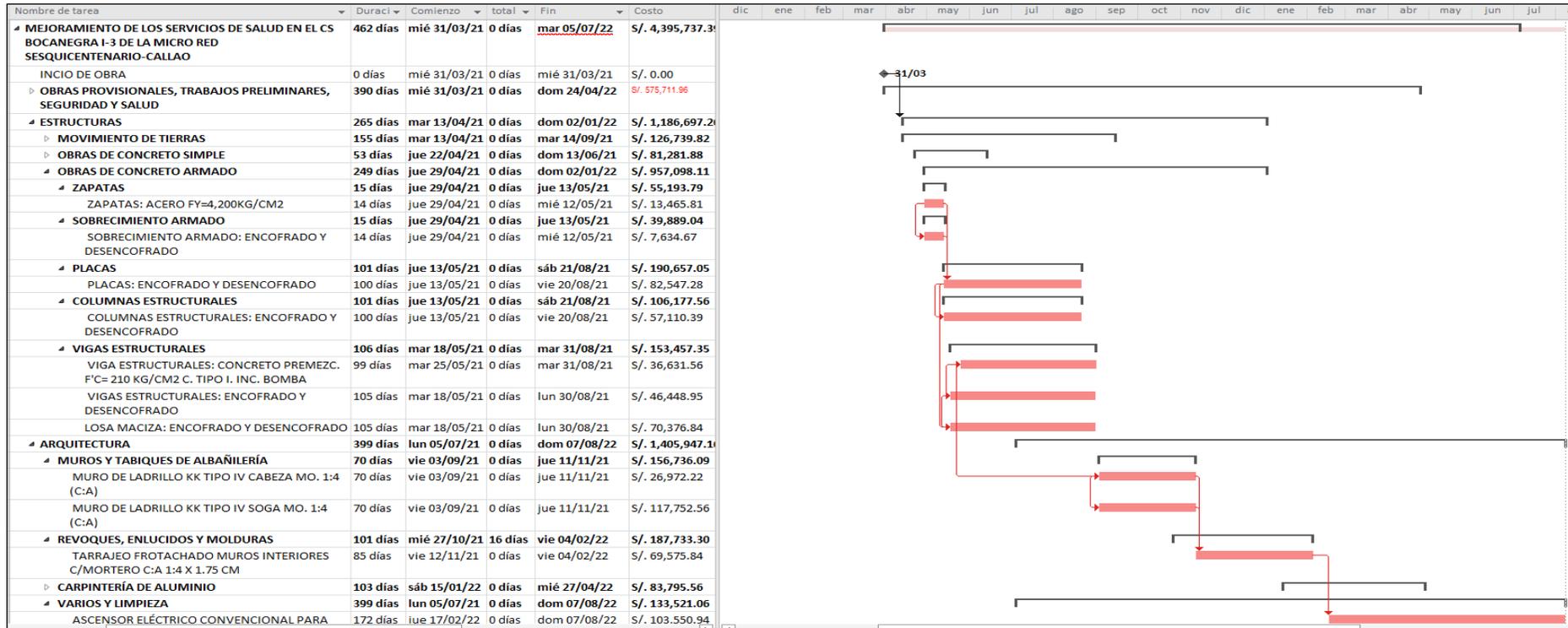
Además, se puede apreciar que no incluye en la ruta crítica partidas con incidencia significativa en el presupuesto de obra, como; encofrado en columnas, encofrado en placas, encofrado de vigas, asentado de ladrillos. Este hecho donde el programa de ejecución de obra no refleja adecuadamente la realidad de la obra fue notificada a la Supervisión, razón por la cual se realizó la actualización del cronograma de obra en concordancia al artículo N°202 del RLCE, cronograma que es presentado con la reestructuración de los tiempos y enlaces de las actividades. El mismo que se muestra en la figura N°16, donde se incluye en la ruta crítica las partidas con incidencia significativa en el presupuesto de obra, como; encofrado en columnas, encofrado en placas, encofrado de vigas, asentado de ladrillos. El cronograma de obra mostrado en la figura N°16 tiene un plazo de 462 DC, con fin de obra el 05 de julio del 2022. Vale aclarar que en la reestructuración de presupuesto el plazo se mantuvo en 330 DC, siendo la ampliación de plazo por ejecución de adicionales de obra y suspensiones de plazo.

Figura 15. Ruta crítica del cronograma contractual



Fuente: (Elaboración propia)

Figura 16. ruta crítica del cronograma actualizado en cumplimiento del artículo 202 de la RLCE.



Fuente: (Elaboración propia)

Evaluación del análisis de precios unitarios del expediente técnico

Se ha realizado el análisis comparativo del APU del CS Bocanegra y Revistas especializadas para las partidas más incidentes y en ruta crítica, el presupuesto base del expediente técnico es el 31 de mayo del 2020 y el boletín Capeco de mayo del 2020, (siendo correcta la comparación por costos).

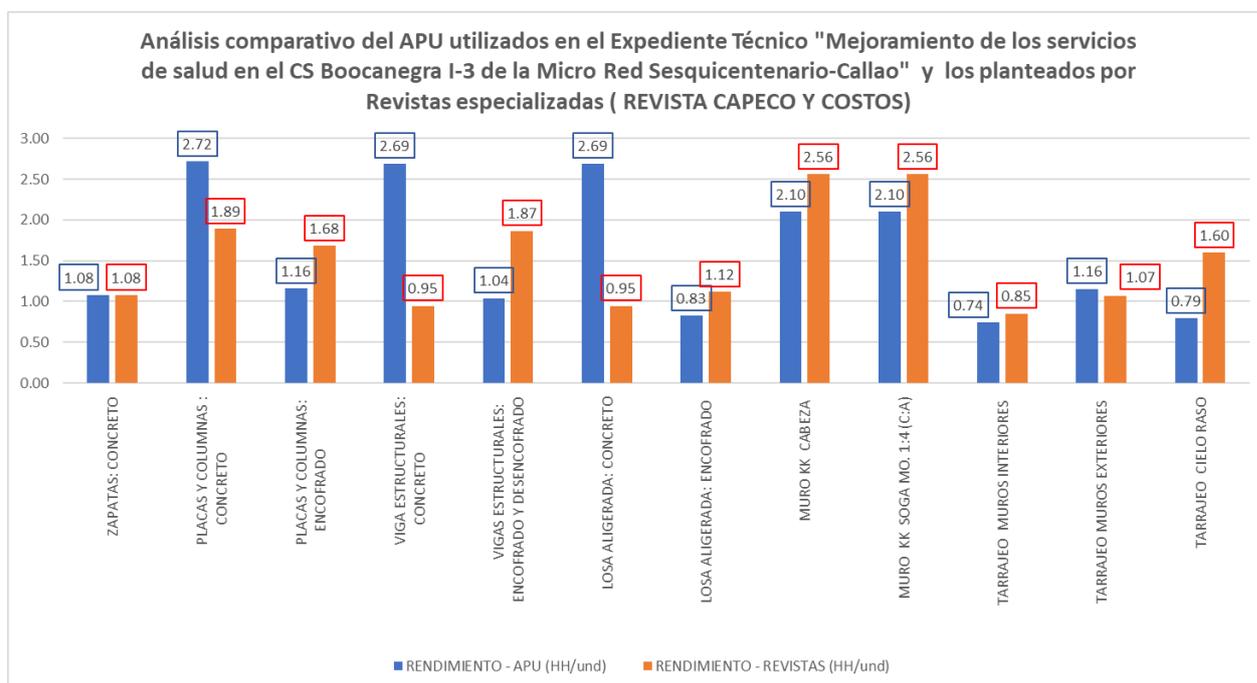
Tabla 12. Tabla de análisis comparativo del APU del CS Bocanegra y Revistas especializadas.

| Análisis comparativo del APU utilizados en el Expediente Técnico "Mejoramiento de los servicios de salud en el CS Bocanegra I-3 de la Micro Red Sesquicentenario-Callao" y los planteados por Revistas especializadas (REVISTA CAPECO Y COSTOS) | | | | | | | | | | |
|--|-----|--|---------|----------------------|--------------------|--|----------|----------------------|--------------------|------------------------|
| DESCRIPCIÓN | | Expediente Técnico (Presupuesto base 31/05/2020) | | | | Boletín Técnico Capeco Mayo 2020, abril 2021 y Costos nov. 2020) | | | | DESVIACIÓN |
| PARTIDAS INCIDENTES y EN RUTA CRÍTICA | UND | PU | MO | RENDIMIENTO (HH/und) | PRODUCCIÓN POR DIA | PU | MO | RENDIMIENTO (HH/und) | PRODUCCIÓN POR DIA | desviación RENDIMIENTO |
| ESTRUCTURAS | | | | | | | | | | |
| ZAPATAS | | | | | | | | | | |
| ZAPATAS: CONCRETO PREMEZC. F'c= | kg | S/335.38 | S/19.44 | 1.08 | 60.00 m3/día | S/295.11 | S/20.80 | 1.08 | 60.00 m3/día | 0% |
| PLACAS y COLUMNAS | | | | | | | | | | |
| PLACAS Y COLUMNAS : CONCRETO PR | m3 | S/311.86 | S/39.33 | 2.72 | 15.00 m3/día | S/340.00 | S/49.94 | 1.89 | 30.00 m3/día | 30% |
| PLACAS Y COLUMNAS: ENCOFRADO Y | m2 | S/43.61 | S/13.76 | 1.16 | 20.00 m2/día | S/70.47 | S/239.28 | 1.68 | 10.00 m2/día | -45% |
| VIGAS ESTRUCTURALES | | | | | | | | | | |
| VIGA ESTRUCTURALES: CONCRETO PR | m3 | S/320.43 | S/47.90 | 2.69 | 30.00 m3/día | S/308.02 | S/20.80 | 0.95 | 60.00 m3/día | 65% |
| VIGAS ESTRUCTURALES: ENCOFRADO | m2 | S/58.26 | S/20.41 | 1.04 | 20.00 m2/día | S/89.32 | S/57.51 | 1.87 | 9.00 m2/día | -79% |
| LOSAS ALIGERADAS | | | | | | | | | | |
| LOSA ALIGERADA: CONCRETO PREMEZ | m3 | S/320.43 | S/47.90 | 2.69 | 30.00 m3/día | S/308.02 | S/20.80 | 0.95 | 60.00 m3/día | 65% |
| LOSA ALIGERADA: ENCOFRADO Y DESE | m2 | S/49.98 | S/15.75 | 0.83 | 30.00 m2/día | S/69.33 | S/39.38 | 1.12 | 15.00 m2/día | -35% |
| ARQUITECTURA | | | | | | | | | | |
| MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERÍA | | | | | | | | | | |
| MURO DE LADRILLO KK TIPO IV CABEZA | m2 | S/102.72 | S/43.00 | 2.10 | 8.00 m2/día | S/140.10 | S/54.09 | 2.56 | 5.00 m2/día | -22% |
| MURO DE LADRILLO KK TIPO IV SOGA | m2 | S/64.09 | S/28.67 | 2.10 | 12.00 m2/día | S/87.23 | S/33.81 | 2.56 | 8.00 m2/día | -22% |
| REVOQUES, ENLUCIDOS Y MOLDURAS | | | | | | | | | | |
| TARRAJEO FROTACHADO MUROS INTE | m2 | S/22.43 | S/15.42 | 0.74 | 20.00 m2/día | S/29.83 | S/22.54 | 0.85 | 15.00 m2/día | -15% |
| TARRAJEO FROTACHADO MUROS EXTE | m2 | S/25.43 | S/17.14 | 1.16 | 18.00 m2/día | S/28.60 | S/22.54 | 1.07 | 12.00 m2/día | 8% |
| CIELO RASOS | | | | | | | | | | |
| TARRAJEO FROTACHADO EN CIELO RAS | m2 | S/21.65 | S/15.42 | 0.79 | 20.00 m2/día | S/52.85 | S/33.81 | 1.60 | 8.00 m2/día | -102% |

Fuente: (Elaboración propia)

Además, se ha obtenido los rendimientos (hh/und) de cada una de estas partidas con el fin de comprarlos y demostrar la deficiencia del expediente técnico en el análisis de precios unitarios y como consecuencia en las duraciones de las partidas.

Figura 17. Comparativo de rendimientos del APU CS Bocanegra y revistas especializadas



Fuente: (Elaboración propia)

Del anterior cuadro comparativo, se tiene lo siguiente:

- El expediente técnico considera 1.16 HH para la ejecución de 1.0 m² de encofrado de placas y columnas, mientras que según las revistas especializadas se requieren 1.68 HH, existiendo una diferencia del 45%.
- El expediente técnico considera 1.04 HH para la ejecución de 1.0 m² de encofrado de vigas estructurales, mientras que según las revistas especializadas se requieren 1.87 HH, existiendo una diferencia del 79%.

- El expediente técnico considera 0.83 HH para la ejecución de 1.0 m² de encofrado de losa aligerada, mientras que según las revistas especializadas se requieren 1.12 HH, existiendo una diferencia del 35%.
- El expediente técnico considera 2.10 HH para la ejecución de 1.0 m² de asentado de ladrillo en interiores y exteriores, mientras que según las revistas especializadas se requieren 2.56 HH, existiendo una diferencia del 22%.
- El expediente técnico considera 0.74 HH para la ejecución de 1.0 m² de tarrajeo de interiores, mientras que según las revistas especializadas se requieren 0.85 HH, existiendo una diferencia del 15%.
- El expediente técnico considera 0.79 HH para la ejecución de 1.0 m² de tarrajeo en cielorrasos, mientras que según las revistas especializadas se requieren 1.60 HH, existiendo una diferencia del 102%.

Se aprecia que las variaciones son significativas, hecho que demuestra la deficiencia del expediente técnico en la definición de rendimientos que repercuten directamente en los plazos.

Inicio de implementación del LPS (plan maestro, Lookahead)

Durante las semanas 1, 2, 3 y 4 se inicia con impartir las capacitaciones correspondientes al sistema Last Planner System, procurando llegar a toda el área técnica (todos los involucrados), ingenieros, capataces y proveedores con la finalidad implementarlos a partir de la 5ta semana. Para la correcta implementación fue necesaria conocer el avance actual de obra, la forma como se realiza el control de actividades y la programación de obra utilizada, con el objetivo final de que todos los profesionales involucrados en la ejecución de la obra tengamos el compromiso de trabajar bajo este sistema.

En esta etapa de implementación del LPS además de levantar la información de los trabajos bajo una gestión convencional, se realizaron capacitaciones a todo el personal encargado de los frentes de trabajo, donde se dieron las capacitación que ayuden a realizar las planificaciones de la obra, programación y control de actividades a corto y mediano plazo, estableciendo metas e hitos de control, definiendo las actividades de trabajo con un criterio técnico y racional basados en el Main Planning y la eliminación de restricciones del Lookahead Planning.

Se explicó detalladamente el nuevo sistema de trabajo basado en programaciones semanales donde tiene repercusión el ITE, seleccionando actividades por prioridad y orden de ejecución según el análisis de restricciones, Asimismo se capacitó al personal encargado, que el sistema de control que se utilizará semanalmente para ver los resultados de la gestión de planificaciones en cuanto se refiere a productividad serán los indicadores de PAC, CNC.

Por otro lado, se determinó los procedimientos para gestionar los costos mediante el método de valor ganado (EVM), para el cual también se realizaron capacitaciones al staff con el fin de que se realicen los registros semanales en función a los parámetros claves del EVM, como lo son: PV, EV, AC, SPI y CPI.

Como un dato importante se debe indicar que Inicialmente se presencié un poco de rechazo por parte del personal técnico y administrativo, por una resistencia al cambio, a las mejoras continuas y por sentirse cómodo en una zona de confort con el método tradicional. Seguramente otra razón fue el desconocimiento técnico y teórico del sistema last planner, estos hechos de rechazo han ido disminuyendo con el transcurso de las semanas y las continuas charlas y capacitaciones. Posteriormente se vio un compromiso

técnico que ayudó a cumplir con los objetivos trazados debido a la presencia de mejores resultados en el proyecto.

Culminada la semana 4 se logró armar el primer plan Maestro, donde se marcaron los hitos con el corte en esa semana, siempre con la participación del área técnica involucrada, después de haber evaluado el estado situacional de obra y el avance diario en cada una de las partidas de estudio.

En la semana 4 se realizó una reunión con los encargados del área técnica (Ingeniero Residente, Ing. de campo, Ing. De control de calidad, Ing. de oficina técnica, ing. de seguridad y capataces de e cada frente de trabajo de la obra donde se explicó los conceptos adecuados del LPS y su aplicación a partir de la semana 5. Para esta implementación era necesaria la elaboración del primer Lookahead con una ventana de 4 semanas y con sus respectivos análisis y liberación de restricciones respectivas, conformando el ITE y la programación de la semana 5, logrando posteriormente como PAC promedio inicial de 46%.

Al finalizar la semana 5 se realizó una reunión con el área técnica del proyecto para tocar detalles de los primeros reportes de control de avance de producción y el análisis de las causas de no cumplimiento CNC.

Asimismo, se conformó el segundo Lookahead para la semana 6, 7, 8, 9 obteniendo un PAC acumulado de 52% después de su ejecución, obteniéndose una ligera mejora respecto a la semana anterior.

Se inició por lo tanto con el nuevo sistema de trabajo basado en el LPS, y se obtuvieron los controles semanales de índices de productividad según horas de trabajo (HH y HM), respecto a los costos y producción según EVM (método del valor ganado) con sus indicadores CPI, SPI y EAC, y el control de la programación semanal según PAC y CNC.

4.3.2 Resultados de productividad según procesos convencionales

4.3.2.1 Tiempo productivo (TP), Tiempo Contributivo (TC), Tiempo no Contributivo (TNC)

Para obtener los resultados de estos indicadores de productividad de mano de obra, se observó detalladamente la ejecución de las partidas más incidentes de la obra, las mismas que se encuentran en ruta crítica y las mismas que fueron analizadas en páginas anteriores, como son encofrado de elementos estructurales, asentado de ladrillos y tarrajeo de muros y cielorrasos.

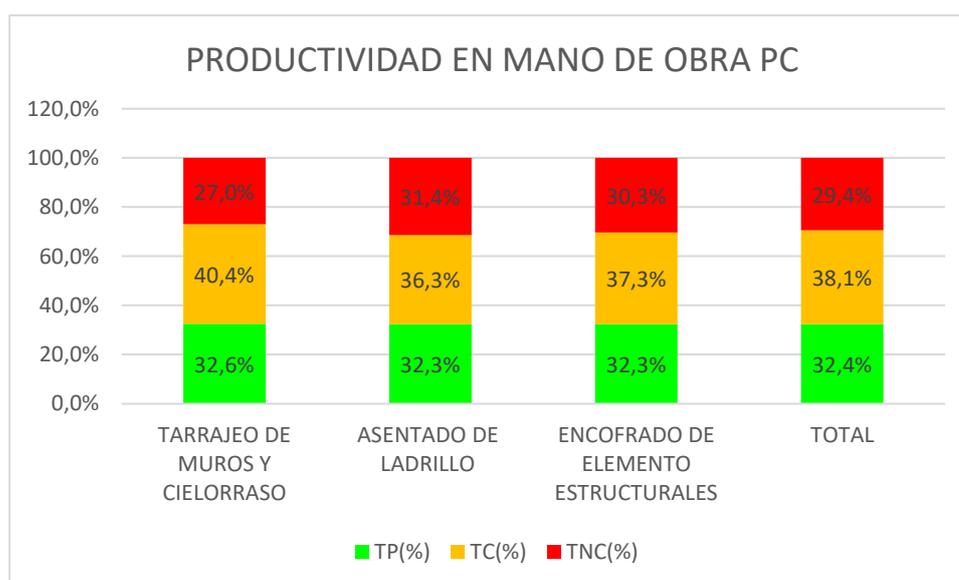
Al terminar la etapa de evaluación y observación de la obra según procesos convencionales durante las 4 semanas, se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 13. Productividad de la mano de obra en general

| | TP (MIN) | TC (MIN) | TNC (MIN) |
|-------------------------------------|------------|-------------|------------|
| TARRAJEO DE MUROS Y CIELORRASO | 391 | 485 | 324 |
| ASENTADO DE LADRILLO | 388 | 435 | 377 |
| ENCOFRADO DE ELEMENTO ESTRUCTURALES | 194 | 224 | 182 |
| | 973 | 1144 | 883 |

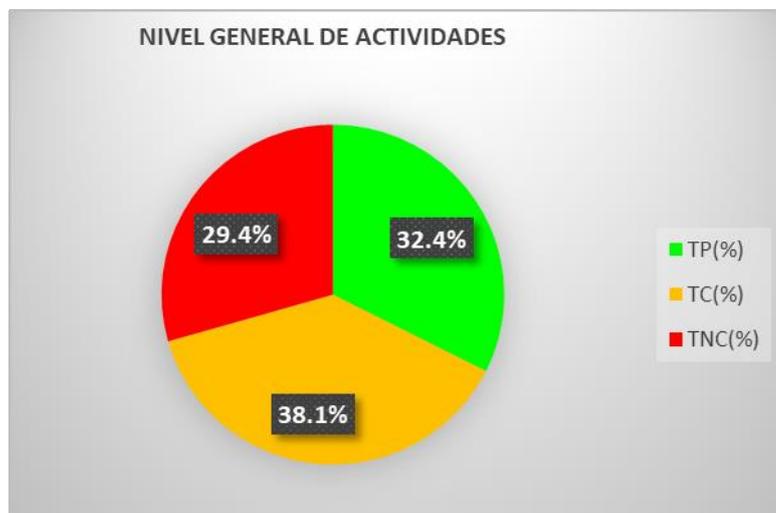
Fuente: (Elaboración propia)

Figura 18. Productividad de la mano de obra de la obra en general



Fuente: (Elaboración propia)

Figura 19. *Tiempos productivos (TP), Tiempos Contributorios (TC) y Tiempos no contributorios (TNC), según los procesos convencionales de la obra*



Fuente: (Elaboración propia)

De las figuras anteriores se puede observar que los niveles observados de productividad de la mano de obra en las partidas más incidentes se dan de la siguiente manera:

TP: 32.4%, se puede concluir que la productividad es relativamente baja debido a que es un valor aceptable pero que puede aumentar significativamente cuando se reduzcan los tiempos no productivos.

TC: 38.1%, Se puede concluir de la obra en general que los tiempos contributorios están en un porcentaje aceptable, sin embargo, pueden aumentar significativamente cuando se reduzcan los tiempos no contributorios.

TNC= 29.4 %, refleja las actividades realizadas que no suman ningún tipo de valor a la productividad, indicando la deficiencia de productividad que se tiene en la ejecución de las partidas de la obra.

4.3.2.2 Índices de productividad basados en HH

Los valores que se van a mostrar a continuación se obtuvieron mediante unas hojas de control de HH (horas hombre), durante el tiempo que se realizó la observación de la ejecución de las partidas en la obra, se hace referencia a las 4 semanas.

A continuación, se muestra el cuadro con los resultados obtenidos.

Tabla 14. *Índices de productividad de HH, según los trabajos por métodos tradicionales*

| PARTIDAS DE ESTUDIO | DESCRIPCIÓN | (HH) ACUMULADAS PREVISTAS | (HH) ACUMULADAS REALES | PRODUCTIVIDAD EN (HH) |
|----------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|
| Partida-01 | Encofrado de elementos estr | 1862.18 | 1926 | 0.97 |
| Partida-02 | Asentado de ladrillos | 118.18 | 118 | 1.00 |
| Partida-03 | Tarrajeo de muros y cielorraso | 64.49 | 70 | 0.92 |
| PROYECTO EN GENERAL | TODAS LAS PARTIDAS | 2044.85 | 2114 | 0.97 |

Fuente: (Elaboración propia)

De la figura 14 se puede observar que los niveles de productividad en HH tienen un índice bajo siendo 0.97 para el proyecto en general durante la investigación de 4 semanas, cabe indicar que las partidas en general tienen como incidencia la intervención de mano de obra y no con maquinaria, entonces se concluye que el bajo índice de productividad en HH obtenido indica que la obra está utilizando más recursos (HH) de lo proyectado o lo establecido en el expediente técnico.

4.3.2.3 Índices de productividad en base a costos

En este punto se debe mencionar que se hizo el control de recursos utilizados para la ejecución de la obra durante las 4 semanas de observación, con la finalidad de obtener los gastos reales de la obra, esta información es proporcionada por el área administrativa y oficina técnica de la obra, y consiste en los montos realmente gastados y los montos a cobrar en las valorizaciones.

A continuación, se muestra el cuadro resumen de los índices de productividad.

Además del detalle donde se especifica la efectividad y eficiencia de acuerdo con los siguiente.

Parámetros para medir la eficiencia y efectividad

✓ Eficiente y Efectivo: $1.04 \leq IP$

✓ Efectivo y No Eficiente: $1.0 \leq IP < 1.04$

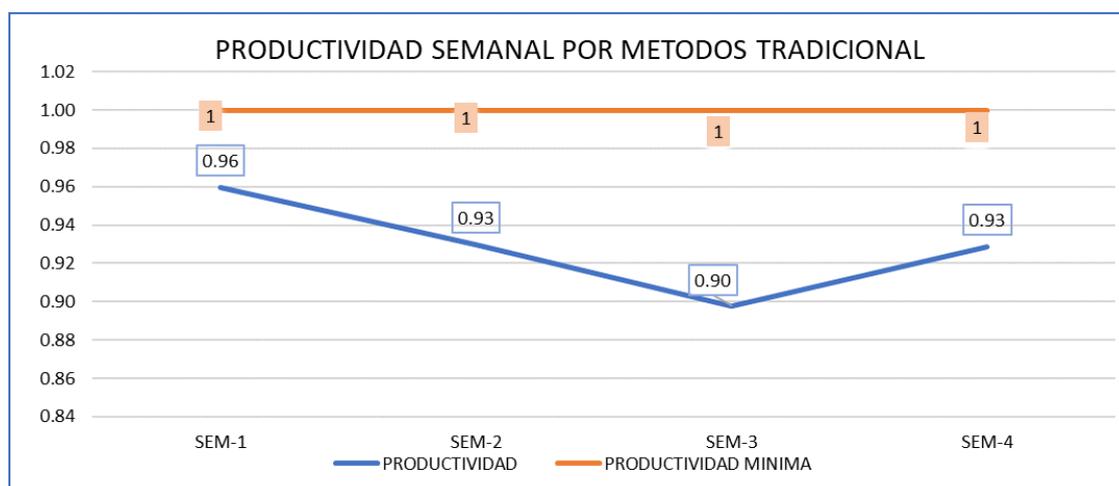
✓ No Efectivo y No Eficiente: $IP < 1$

Tabla 15. Índices de productividad de COSTOS SEMANAL, según los trabajos por métodos tradicionales

| SEMANA | COSTO DEL EXP. | COSTO REAL | PRODUCTIVIDAD | PRODUCTIVIDAD MINIMA | OBSERVACION |
|------------------------|----------------|--------------|---------------|----------------------|----------------------------|
| SEM-1 | S/6,265.19 | S/6,528.16 | 0.96 | 1 | NO EFECTIVO Y NO EFICIENTE |
| SEM-2 | S/42,757.96 | S/45,980.55 | 0.93 | 1 | NO EFECTIVO Y NO EFICIENTE |
| SEM-3 | S/95,384.62 | S/106,234.68 | 0.90 | 1 | NO EFECTIVO Y NO EFICIENTE |
| SEM-4 | S/156,459.54 | S/168,469.84 | 0.93 | 1 | NO EFECTIVO Y NO EFICIENTE |
| PRODUCTIVIDAD PROMEDIO | | | 0.93 | 1 | NO EFECTIVO Y NO EFICIENTE |

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 16. Índices de productividad de COSTOS SEMANAL, según los trabajos por métodos tradicionales



Fuente: (Elaboración propia)

Como se puede observar, de la figura 15 podemos determinar que el nivel de productividad de obra según costos de la obra en general está catalogado como no efectivo y no eficiente. Como consecuencia de que los costos reales de obra sobrepasan el costo planificado según expediente técnico. Siendo las semanas 2 y 3 donde se ve el índice de productividad más bajo.

Además, se puede mostrar en la figura 16 el comportamiento del índice de productividad a lo largo de las 4 semanas de observación, donde podemos notar que la ejecución de la obra en general está por debajo del nivel de productividad mínimo deseado.

4.3.2.4 Determinación de causas que afectan la productividad en la obra

Para la obtención de la información que nos ayude a determinar las mejoras en la productividad, se ha hecho el seguimiento de las actividades y determinar las causas que afectan o generan pérdidas de productividad según las fichas de control implementadas.

En la figura 20 vamos a observar las principales causas que generan pérdidas de productividad en la ejecución de la obra, como causa más incidente se ha detectado la falta de materiales con un 23% (hace referencia a la falta total, parcial o a la provisión de material que no cumple con lo requerido en las especificaciones técnicas).

Como segunda causa tenemos la que se indica como, lugares distantes de frente de trabajo con un 20%, dejando en claro la deficiente planificación de la ejecución de actividades, del almacenamiento de materiales y de la ubicación de los servicios básicos. Además, se puede acotar que se ha verificado la no existencia de un control de la planificación para evaluar su desempeño y cumplimiento.

Figura 20. Factores que generan pérdidas de productividad en la ejecución de la obra



Fuente: (Elaboración propia)

4.3.2.5 Implementación de LPS

4.3.2.6 Análisis de Restricciones del Plan Intermedio (Lookahead Planning)

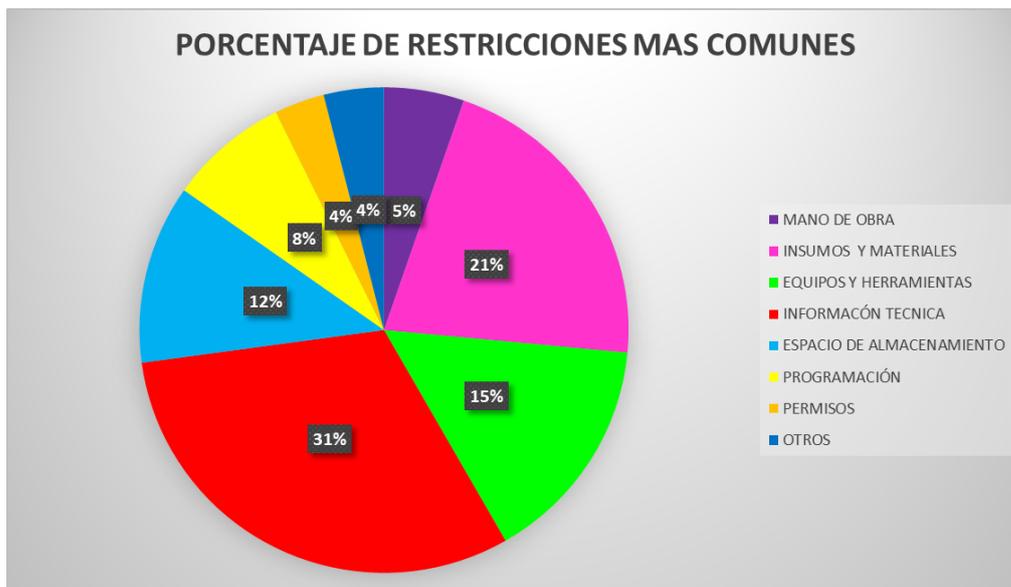
Para la elaboración de la programación del plan intermedio (Lookahead Planning) se ha tenido en consideración la sectorización de la obra (5 sectores), de esta programación de 4 semanas se realiza el análisis de restricciones de cada una de las actividades a ejecutar para finalmente determinar aquellas actividades que pueden pasar al ITE (Inventario de trabajo ejecutable) y detectar aquellas actividades que necesiten liberación de restricciones.

Figura 21. Análisis de restricciones de la obra en general



Fuente: (Elaboración propia)

Figura 22. Restricciones más incidentes de la obra en general



Fuente: (Elaboración propia)

De las figuras anteriores N° 21 y 22 se puede observar que las principales restricciones encontradas en el proyecto son debido a la incongruencia que existe en el expediente técnico, existiendo vacíos y errores en los planos, detalles y especificaciones técnicas contenidas en el mismo, trayendo como consecuencia las incompatibilidades en

diferentes puntos del proyecto. Por ello se puede observar que el 31% de las restricciones corresponden a la Información técnica, vale aclarar que esta información se extrae del look ahead de 4 semanas elaborado, tal como se muestra en la imagen N° 21.

Tabla 17. Sectorización, trenes de trabajo

| LOOK AHEAD (4 SEMANAS) ELEMENTOS ESTRUCTURALES | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|
| COD. | ACTIVIDAD | SEMANA 6 | | | | | SEMANA 7 | | | | | SEMANA 8 | | | | |
| | | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| | | L | M | M | J | V | L | M | M | J | V | L | M | M | J | V |
| 001 | ACERO DE ZAPATAS | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 |
| 002 | ENCOFRADO DE ZAPATAS | S5 | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S1 | S2 | S3 | S4 |
| 003 | CONCRETO EN ZAPATAS | S5 | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S1 | S2 | S3 | S4 |
| 004 | ACERO EN PLACAS | S4 | S5 | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S1 | S2 | S3 |
| 005 | ACERO EN COLUMNAS | S3 | S4 | S5 | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S1 | S2 |
| 005 | ENCOFRADO EN PLACAS | S2 | S3 | S4 | S5 | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S1 |
| 006 | ENCOFRADO EN COLUMNAS | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 |
| 008 | CONCRETO EN PLACAS Y COLUMNAS | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 |
| | CANTIDAD EN ZAPATAS | 7.46 | 5.77 | 7.11 | 8.21 | 11.29 | 11.29 | 10.65 | 10.65 | 10.65 | 8.75 | 8.75 | 8.75 | 8.75 | 10.65 | 8.75 |
| | CONCRETO MURO PANTALLA | 10.98 | 10.92 | 10.22 | 11.98 | 12.98 | 6.30 | 12.00 | 13.77 | 9.47 | 9.47 | 11.69 | 11.69 | 11.69 | 9.87 | 9.87 |
| | SUB TOTAL DE CONCRETO POR | 18 m3 | 17 m3 | 17 m3 | 20 m3 | 24 m3 | 18 m3 | 23 m3 | 24 m3 | 20 m3 | 18 m3 | 20 m3 | 20 m3 | 20 m3 | 21 m3 | 19 m3 |

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 18. Lookahead de 4 semanas

| MANO DE OBRA | MATERIALES | EQUIPOS | INFORMACIÓN | ESPACIO | PROGRAMACIÓN | PERMISOS | OTROS | LIBERADO | DESCRIPCION | RESP. | FECHA DE LEVANTAMIENTO | FALTA | EST |
|--------------|------------|---------|-------------|---------|--------------|----------|-------|----------|---|-------|------------------------|-------|-----|
| ✓ | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | NO | aun no se tienen en obra los separadores de 7.5 | ADM | 05/01/2022 | 2 | P |
| ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | SI | | | | | |
| ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | SI | | | | | |
| ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ | NO | pendiente certificado de garantía | ADM | 07/01/2022 | 4 | P |
| ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ | NO | pendiente certificado de garantía | ADM | 07/01/2022 | 4 | T |
| ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ | NO | Falta espacio para almacenamiento de | CAMP | 10/01/2022 | 7 | T |
| ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | SI | | | | | |
| ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ | NO | contratar la pluma | CAMP | 13/01/2022 | 10 | T |

Fuente: (Elaboración propia)

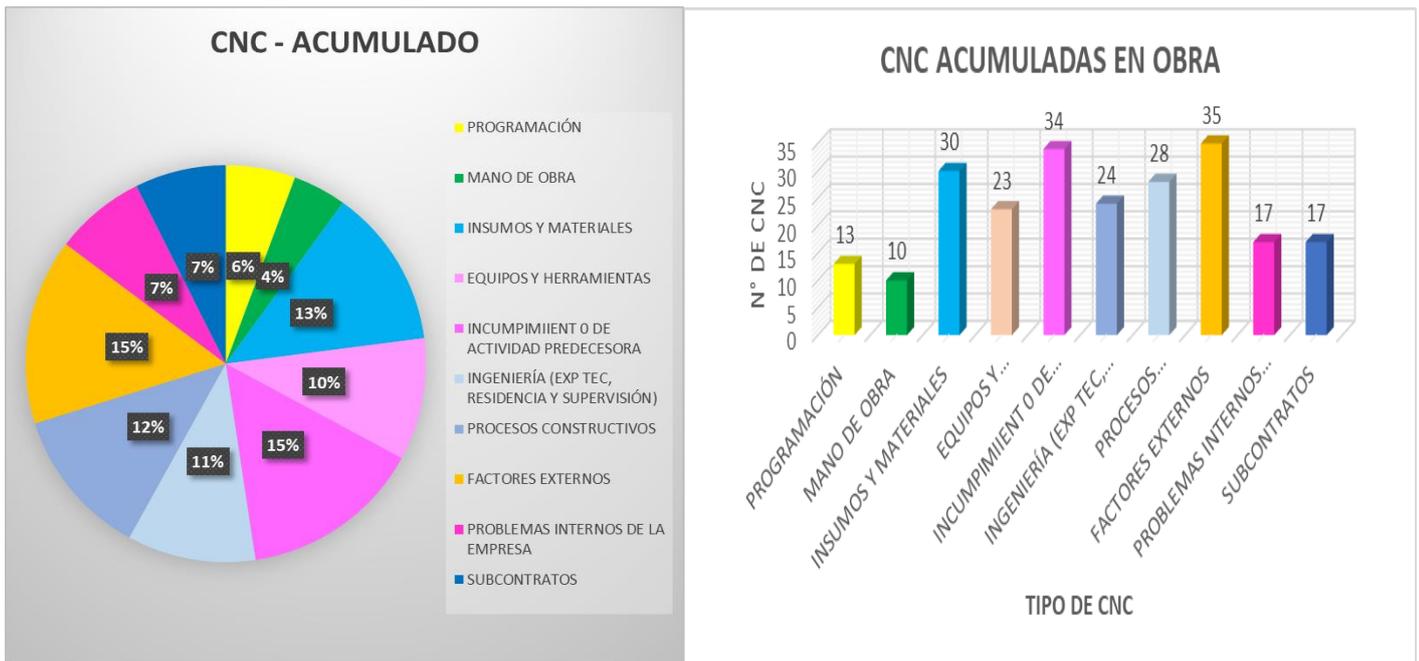
4.3.2.7 Causas de no cumplimiento (CNC) y porcentaje de actividades completadas (PAC)

Tabla 19. causas de no cumplimiento

| | | | | | | | | | | | |
|---|--|--------------|----------------------|------------------------|---|--|------------------------|-------------------|----------------------------------|--------------|--|
|  | Universidad Nacional Federico Villarreal | | | FECHA | : 2022 | | | | | | |
| | | | | AUTOR | : BACHILLER : EDISON CUCHO HUAMAN | | | | | | |
| | | | | OBRA | : CENTRO DE SALUD BOCANEGRA | | | | | | |
| | | | | LUGAR | : BOCANEGRA, CALLAO, CALLAO | | | | | | |
| | | | | PARTIDA | LOOK AHEAD-ANALISIS DE RESTRICCIONES | | | | | | |
| SEMANA DE TRABAJO | CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO (CNC) - TOTAL DEL PROYECTO | | | | | | | | | | |
| | TIPO DE CNC | | | | | | | | | | |
| | PROGRAMACIÓN | MANO DE OBRA | INSUMOS Y MATERIALES | EQUIPOS Y HERRAMIENTAS | INCUMPLIMIENTO DE ACTIVIDAD PREDECESORA | INGENIERÍA (EXP TEC, RESIDENCIA Y SUPERVISIÓN) | PROCESOS CONSTRUCTIVOS | FACTORES EXTERNOS | PROBLEMAS INTERNOS DE LA EMPRESA | SUBCONTRATOS | |
| SEMANA 5 | 0 | 2 | 5 | 2 | 8 | 3 | 0 | 12 | 1 | 2 | |
| SEMANA 6 | 2 | 1 | 4 | 7 | 5 | 5 | 1 | 7 | 2 | 1 | |
| SEMANA 7 | 1 | 0 | 2 | 3 | 5 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | |
| SEMANA 8 | 0 | 0 | 3 | 2 | 3 | 1 | 5 | 5 | 2 | 1 | |
| SEMANA 9 | 2 | 1 | 1 | 0 | 4 | 0 | 4 | 1 | 2 | 3 | |
| SEMANA 10 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 2 | 3 | 0 | 5 | 1 | |
| SEMANA 11 | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | |
| SEMANA 12 | 1 | 0 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | |
| SEMANA 13 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | |
| SEMANA 14 | 0 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| SEMANA 15 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 0 | 1 | |
| SEMANA 16 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 4 | 1 | 0 | 0 | |
| ACUMULADO % | 13 | 10 | 30 | 23 | 34 | 24 | 28 | 35 | 17 | 17 | |
| | 5.6% | 4.3% | 13.0% | 10.0% | 14.7% | 10.4% | 12.1% | 15.2% | 7.4% | 7.4% | |

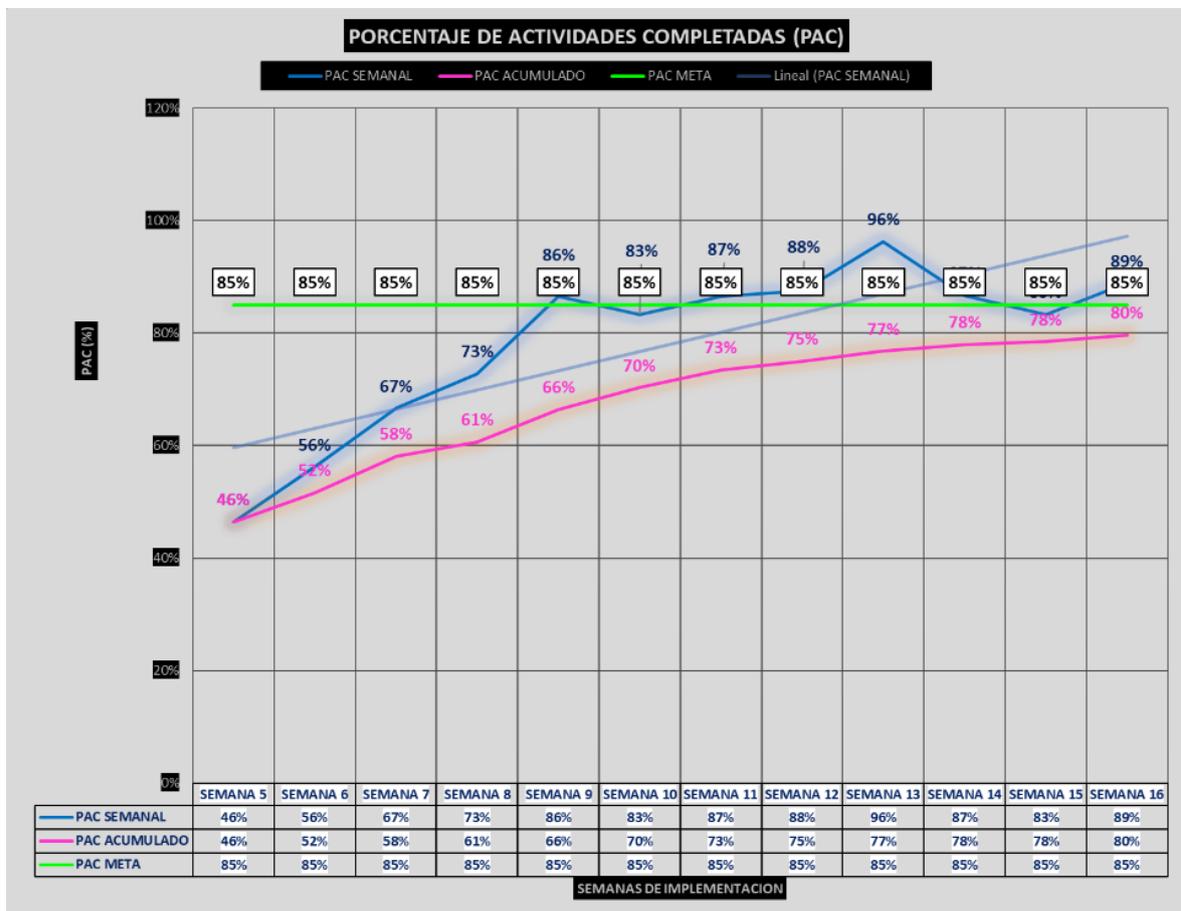
Fuente: (Elaboración propia)

Figura 23. CNC en Porcentaje y cantidad



Fuente: (Elaboración propia)

Figura 24. Curva de Porcentaje de actividades completadas (PAC)



Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 24 se puede observar el resumen de PAC de toda la obra, en el mismo se puede observar que durante las primeras semanas de implementación (desde la semana 5 hasta la semana 8) se tiene un PAC semanal del 46%, 56%, 67% y 73%, con un acumulado de 61%.

Se puede observar además que en las semanas siguientes se cuenta con valores de PAC más altos, cercanos al PAC óptimo, incluso en algunos casos llegando a alcanzar y superar el PAC meta planteado de 85% el cual se alcanza a partir de la semana 8 de implementado el sistema Last planner system, por tanto, se puede concluir que se ha logrado que los valores de PAC semanal aumenten y sus variaciones sean mínimas llegando a alcanzar un máximo 96% en la semana 13.

Para la semana 16, semana hasta el cual se llegó con la implementación del sistema se logró tener un PAC acumulado de 80% demostrándose que la programación, el análisis de restricciones y la gestión en obra se realizó de manera correcta, logrando su finalidad principal del sistema last planner que es aumentar la confiabilidad de la programación.

Además, se observa que a partir de la semana 14 existe una caída en los valores del PAC, esto debido se debió a factores externos como una suspensión de actividades por casos de COVID, debido a que una gran parte de los trabajadores fueron detectados positivos al COVID 2020 Y por normativa aislarse a esos trabajadores, trayendo como consecuencia la reducción de cuadrillas de trabajo.

Por lo tanto, se puede observar que existen 3 etapas definidas según el PAC, siendo la primera etapa de implementación (semana 5 hasta la semana 8) donde los resultados de la implementación son relativamente bajas debido a que no se logró llegar al ritmo de trabajo aplicando el Last Planner system, las fallas se deben principalmente a los problemas internos de la empresa, factores externos y corrección en procesos constructivos.

Se puede evidenciar también como segunda etapa (semana 9 hasta la semana 13), de acuerdo con los resultados, se muestran las mejoras que se ha obtenido debido a una mejor comprensión y un mayor compromiso del equipo técnico con la implementación del LPS en el proceso de producción y optimización de las ganancias en el proyecto.

Finalmente, una tercera etapa (semana 14 hasta la semana 16) donde se puede mostrar una ligera caída en los porcentajes De actividades completadas (PAC), esto debidos factores externos como una suspensión de actividades por casos de COVID, debido a que una gran parte de los trabajadores fueron detectados positivos al COVID 2019 Y por normativa aislarse a esos trabajadores, trayendo como consecuencia la reducción de cuadrillas de trabajo.

Durante toda la implementación de Last Planner System en la ejecución de la obra no se llega a un valor de PAC del 100% en ninguna semana, esto debido a que existen CNC que se presentan durante la ejecución de cada una de las partidas.

En la figura 19 se puede visualizar las CNC que se detectaron a lo largo de cada semana, los mismos que fueron analizadas para determinar su frecuencia y tomar las medidas respectivas con el fin de corregirlas y mejorarlas.

Como se observa en la figura 20 el mayor número de CNC hacen referencia a factores externos 15% (positivos al COVID) e incumplimiento de actividades predecesoras 15%

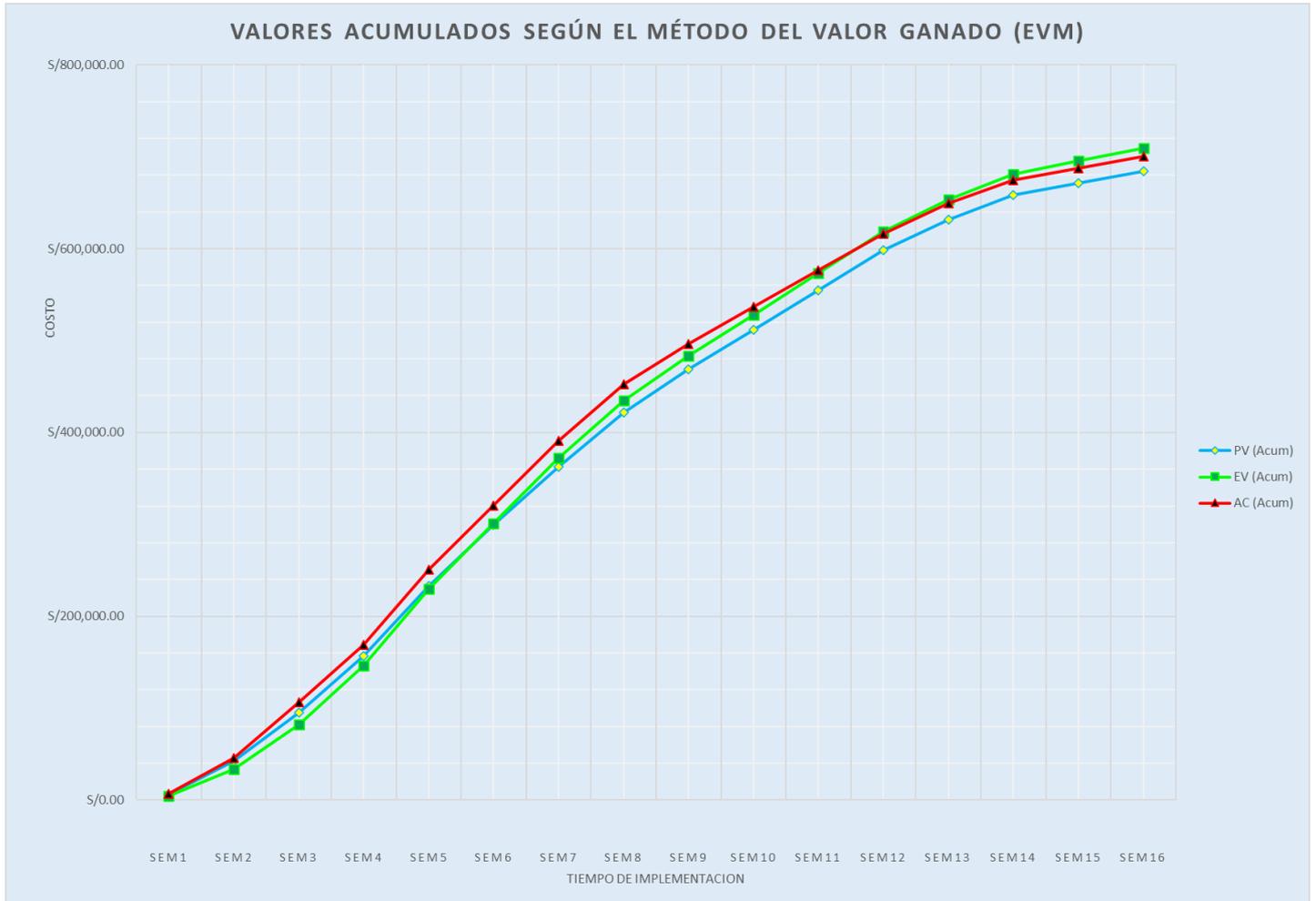
Otros factores importantes que podemos destacar del CNC es la falta de insumos y materiales (13%), en su debido momento y con la calidad exigida en las especificaciones técnicas.

esto principalmente por deficiencias en el área de logísticas y el área administrativa, como un ejemplo de tantos, se puede mencionar la demora en la adquisición de Baritina, sulfato de Bario, insumo indispensable para realizar el tarrajeo en las áreas de Rayos X, además del incumplimiento de actividades predecesoras (15%) que se deben a incumplimiento de la programación y errores en el análisis de restricciones, por ejemplo no se liberó la colocación de acero en placas y columnas por tanto no se ha podido realizar los vaciados de concreto.

Se puede acotar además que cada semana se realiza la evaluación de las CNC, de esta manera nos permite determinar las medidas a tomar para las programaciones y análisis de restricciones siguientes, mediante capacitaciones a todo el personal técnico.

4.3.2.8 Resultado de indicadores de valor ganado (EVM)

Figura 25. Curva "S" EVM del proyecto en general



Fuente: (Elaboración propia)

De la anterior figura N° 25, se observa las siguientes variaciones e índices del EVM: Valor Planeado (PV), Valor Ganado (EV) y Costo Actual (AC) para la ejecución de la obra en general que semana a semana se ha obtenido la información.

Se puede concluir de la información mostrada que a partir de la implementación del sistema Last Planner se ha logrado una mejora debido a que el costo real (AC) es inferior al Valor ganado, real ejecutado y cuantificado según los precios unitarios), esto se debe entonces principalmente al logro de la mejora de la confiabilidad de la programación y gestión de recursos.

Además, se puede observar que los valores de EV no superan al PV, puesto que en ninguna de las semanas se ha obtenido un PAC de 100%, logrando llegar a un promedio final de 85% debido a la presencia de CNC.

Del gráfico se puede extraer que los tiempos necesaria para el cumplimiento con la ejecución del proyecto es acorde con el tiempo planificado y con costos menores a lo presupuestado (vale aclarar que la mayor influencia para la disminución de los precios ha sido en la mano de obra).

Tabla 20. Indicadores acumulados de EVM del proyecto

|  | Universidad Nacional Federico Villarreal | | FECHA | : 2022 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------|--------------|-----------------------------------|---------------|------|--------------|------|--------------|----------------|---------------|----------------|-------------|------|-------|------|--|--|--|
| | | | AUTOR | : BACHILLER : EDISON CUCHO HUAMAN | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | OBRA | : CENTRO DE SALUD BOCANEGRA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | LUGAR | : BOCANEGRA, CALLAO, CALLAO | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | PARTIDA | : ANALISIS DEL VALOR GANADO | | | | | | | | | | | | | | | |
| SEMANA | ANALISIS DE VALOR GANADO (EVM) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SEMANA | PV (Acum) | EV (Acum) | AC (Acum) | % AVANCE | CV | CPI | SV | SPI | BAC | EAC | ETC | VAC | EAC(tiempo) | TCPI | TSPI | PAC | | | |
| SEM1 | S/6,265.19 | S/4,260.33 | S/6,528.16 | 0.62% | -S/ 2,267.83 | 0.65 | -S/2,004.86 | 0.68 | S/684,753.82 | S/1,049,258.37 | S/678,225.66 | -S/ 364,504.55 | 16 Semanas | 0.65 | 0.65 | 0.45 | | | |
| SEM2 | S/42,757.96 | S/33,423.60 | S/45,980.55 | 4.88% | -S/ 12,556.95 | 0.73 | -S/9,334.36 | 0.78 | S/684,753.82 | S/942,009.74 | S/638,773.27 | -S/ 257,255.92 | 16 Semanas | 0.73 | 0.72 | 0.50 | | | |
| SEM3 | S/95,384.62 | S/81,707.88 | S/106,234.68 | 11.93% | -S/ 24,526.80 | 0.77 | -S/13,676.74 | 0.86 | S/684,753.82 | S/890,300.92 | S/578,519.14 | -S/ 205,547.10 | 16 Semanas | 0.77 | 0.76 | 0.45 | | | |
| SEM4 | S/156,459.54 | S/146,391.06 | S/168,469.84 | 21.38% | -S/ 22,078.78 | 0.87 | -S/10,068.48 | 0.94 | S/684,753.82 | S/788,028.76 | S/516,283.98 | -S/ 103,274.94 | 16 Semanas | 0.87 | 0.85 | 0.50 | | | |
| SEM5 | S/232,937.53 | S/229,903.50 | S/250,732.75 | 33.57% | -S/ 20,829.24 | 0.92 | -S/3,034.03 | 0.99 | S/684,753.82 | S/746,792.47 | S/434,021.07 | -S/ 62,038.65 | 16 Semanas | 0.92 | 0.89 | 0.46 | | | |
| SEM6 | S/299,094.13 | S/300,699.37 | S/320,469.35 | 43.91% | -S/ 19,769.98 | 0.94 | S/ 1,605.25 | 1.01 | S/684,753.82 | S/729,774.09 | S/364,284.47 | -S/ 45,020.27 | 16 Semanas | 0.94 | 0.89 | 0.56 | | | |
| SEM7 | S/362,623.77 | S/372,586.37 | S/391,280.76 | 54.41% | -S/ 18,694.38 | 0.95 | S/ 9,962.60 | 1.03 | S/684,753.82 | S/719,111.09 | S/293,473.06 | -S/ 34,357.27 | 16 Semanas | 0.95 | 0.88 | 0.67 | | | |
| SEM8 | S/422,031.65 | S/434,538.11 | S/452,305.55 | 63.46% | -S/ 17,767.45 | 0.96 | S/ 12,506.46 | 1.03 | S/684,753.82 | S/712,752.12 | S/232,448.27 | -S/ 27,998.30 | 16 Semanas | 0.96 | 0.86 | 0.73 | | | |
| SEM9 | S/468,395.84 | S/482,979.12 | S/495,962.67 | 70.53% | -S/ 12,983.55 | 0.97 | S/ 14,583.28 | 1.03 | S/684,753.82 | S/703,161.52 | S/188,791.15 | -S/ 18,407.70 | 16 Semanas | 0.97 | 0.86 | 0.86 | | | |
| SEM10 | S/511,694.49 | S/528,250.85 | S/537,215.94 | 77.14% | -S/ 8,965.08 | 0.98 | S/ 16,556.36 | 1.03 | S/684,753.82 | S/696,374.95 | S/147,537.88 | -S/ 11,621.13 | 16 Semanas | 0.98 | 0.85 | 0.83 | | | |
| SEM11 | S/554,993.14 | S/573,522.59 | S/576,344.07 | 83.76% | -S/ 2,821.48 | 1.00 | S/ 18,529.44 | 1.03 | S/684,753.82 | S/688,122.51 | S/108,409.75 | -S/ 3,368.69 | 16 Semanas | 1.00 | 0.84 | 0.87 | | | |
| SEM12 | S/598,291.79 | S/618,794.32 | S/616,559.30 | 90.37% | S/2,235.02 | 1.00 | S/ 20,502.53 | 1.03 | S/684,753.82 | S/682,280.56 | S/68,194.52 | S/2,473.26 | 16 Semanas | 1.00 | 0.79 | 0.88 | | | |
| SEM13 | S/631,729.41 | S/653,368.74 | S/649,804.45 | 95.42% | S/3,564.29 | 1.01 | S/ 21,639.33 | 1.03 | S/684,753.82 | S/681,018.31 | S/34,949.37 | S/3,735.51 | 16 Semanas | 1.01 | 0.64 | 0.96 | | | |
| SEM14 | S/658,505.44 | S/681,427.84 | S/674,443.71 | 99.51% | S/6,984.12 | 1.01 | S/ 22,922.40 | 1.03 | S/684,753.82 | S/677,735.61 | S/10,310.11 | S/7,018.21 | 16 Semanas | 1.01 | 0.17 | 0.87 | | | |
| SEM15 | S/671,629.63 | S/695,565.80 | S/687,370.15 | 101.58% | S/8,195.66 | 1.01 | S/ 23,936.18 | 1.04 | S/684,753.82 | S/676,685.56 | -S/ 2,616.33 | S/8,068.26 | 16 Semanas | 1.01 | -2.14 | 0.83 | | | |
| SEM16 | S/684,753.82 | S/709,703.77 | S/700,296.58 | 103.64% | S/9,407.19 | 1.01 | S/ 24,949.95 | 1.04 | S/684,753.82 | S/675,677.34 | -S/ 15,542.76 | S/9,076.48 | 17 Semanas | 1.01 | 2.75 | 0.89 | | | |

Fuente: (Elaboración propia)

La ejecución de la obra durante estas 16 semanas de planificación, ha tenido como resultado la valorización acumulada de las partidas críticas en análisis para la presente investigación lo siguiente : S/ 709,703.77, incluyendo adicionales y mayores metrados, con un BAC de S/684,753.82, El control para la obtención de reportes de los indicadores e índices del EVM se han realizado de manera semanal por un periodo de 16 semanas, donde se hizo un corte para delimitar los tiempos para este proyecto de investigación.

Según la tabla 20 se puede determinar lo siguiente:

✓ La CV (Variación del costo), presenta valores negativos en las primeras 11 semanas indicando que se ha gastado más recurso de lo real ejecutado, aclarando que estos montos en negativo han ido reduciendo progresivamente debido a un mayor control de la producción y confiabilidad de la programación. Las semanas posteriores muestran valores positivos, indicando una situación favorable para la ejecución de la obra, donde se concluye un ahorro de costos debido a que el costo real es considerablemente menor al costo del avance ejecutado

✓ El CPI (Índice de desempeño del costo), presenta valores menores a 1 durante las primeras 10 semanas donde se puede entender que se está por encima del presupuesto planeado. Para las siguientes semanas hasta la semana 16 se puede mostrar que los valores son mayores a 1, teniendo la última semana un $CPI = 1.01$, donde se puede concluir claramente que se está en el acumulado por debajo del presupuesto planeado, se reitera por tanto que en el acumulado $EV > AC$.

✓ La SV por su lado muestra valores negativos durante todas las semanas de investigación y por consiguiente en el acumulado, debido a que la evaluación está basada en $EV < PV$.

✓ El SPI muestra los valores para cada semana, en todos los casos menores a 1, manteniéndose hasta el final de la investigación, donde en la semana 16 se tiene un valor de $SPI=0.97$, de estos valores podemos concluir que la obra está retrasada respecto del cronograma planeado, debido a que en el acumulado $EV < PV$.

✓ La EAC del cuadro anterior se puede ver que las primeras 4 semanas muestran valores menores al BAC, previendo un furo desfavorable en el momento del corte. Sin embargo, en las semanas posteriores se puede verificar que los montos van cambiando decrecientemente llegando ser óptimos, menores al BAC, es decir en el acumulado estamos acorde a lo planificado llegando a la semana 16 con un valor de S/675,677.34

✓ La VAC al corte de la última semana 16 es de S/9,076.48, que representa la diferencia del monto total planificado al inicio BAC y el monto total en el corte de la semana 16 (BAC - EAC).

✓ El TCPI en la semana 16 muestra un valor de un valor de 1.01, esto indica que los rendimientos en la ejecución obtenidos al momento son óptimos.

✓ El TSPI en la semana 16 muestra un valor de un valor de 2.75, indicando que estamos desfasados del cronograma planificado.

4.3.2.9 Análisis de Confiabilidad PAC-CPI Y PAC-SPI

Para un análisis más certero de la confiabilidad se ha utilizado el coeficiente de correlación de Pearson que PAC-CPI y PAC-SPI de los datos obtenidos durante las 16 semanas de observación.

Tabla 21. *Coefficiente de correlación de Pearson PAC-CPI*

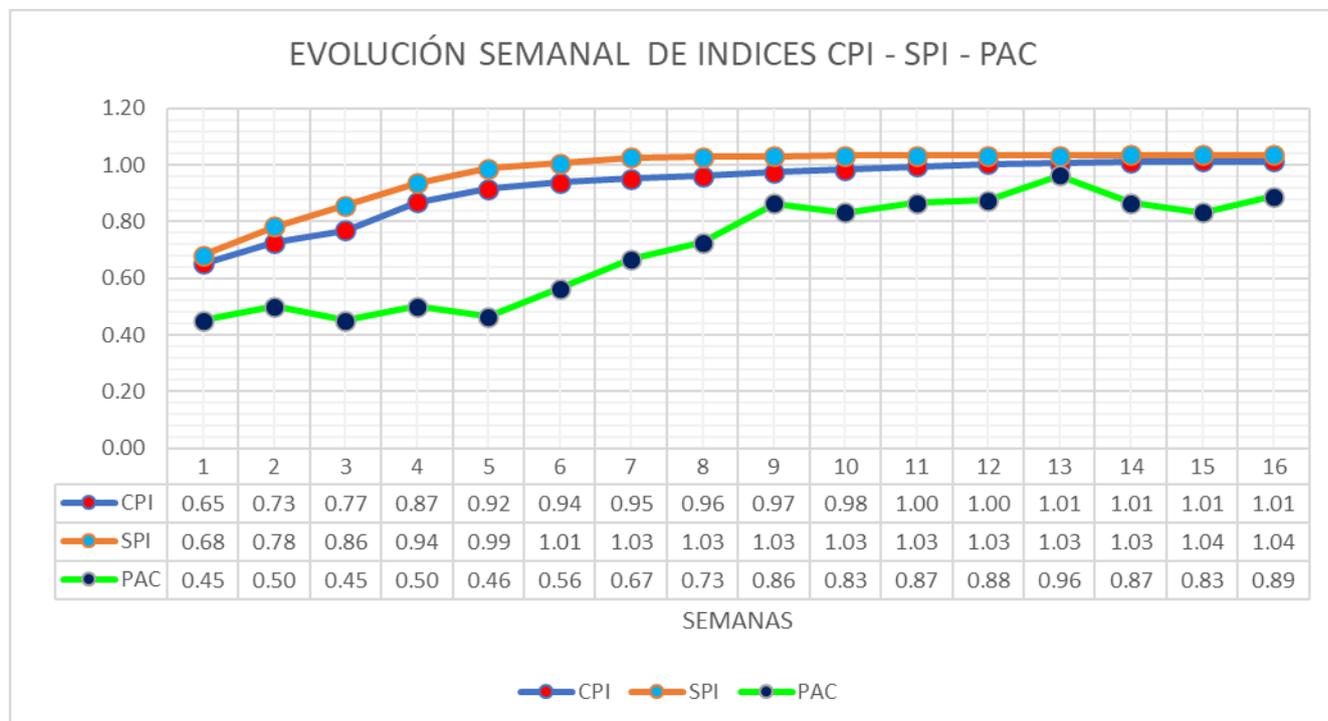
| PARÁMETROS DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON | | | | |
|---|-------|------------|----------------------------|------|
| PARÁMETROS | MEDIA | DESVIACIÓN | COEFICIENTE DE CORRELACIÓN | |
| PAC | 0.71 | 0.19 | "r" | 0.83 |
| CPI | 0.92 | 0.11 | "r2" | 0.69 |

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 22. *Coefficiente de correlación de Pearson PAC-SPI*

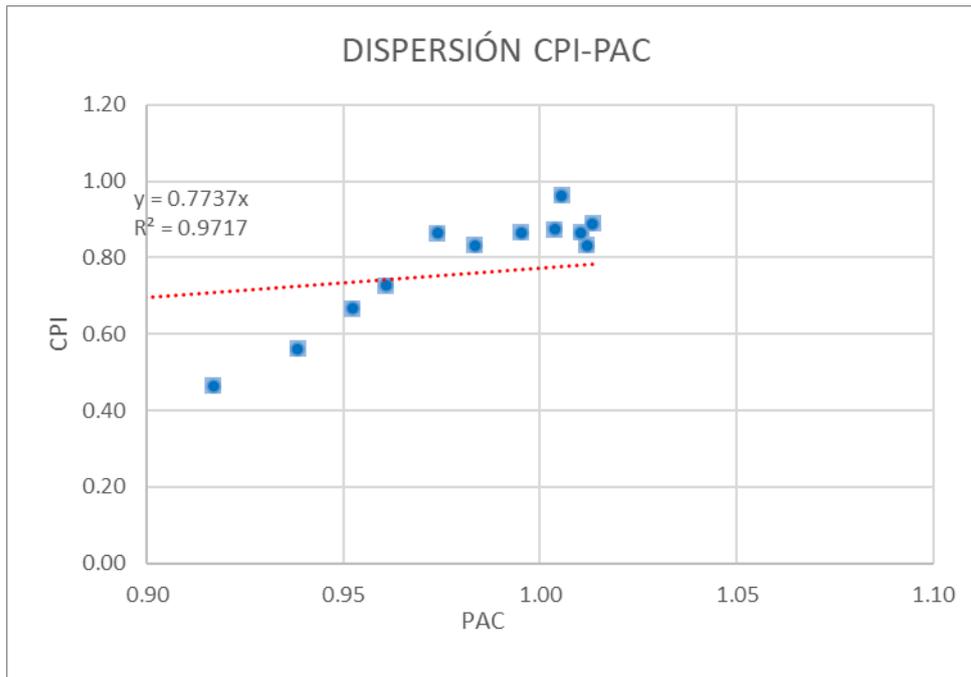
| PARÁMETROS DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON | | | | |
|---|-------|------------|----------------------------|------|
| PARÁMETROS | MEDIA | DESVIACIÓN | COEFICIENTE DE CORRELACIÓN | |
| PAC | 0.71 | 0.19 | "r" | 0.74 |
| SPI | 0.97 | 0.19 | "r2" | 0.54 |

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 23. *Variación semanal del PAC-CPI-SPI*

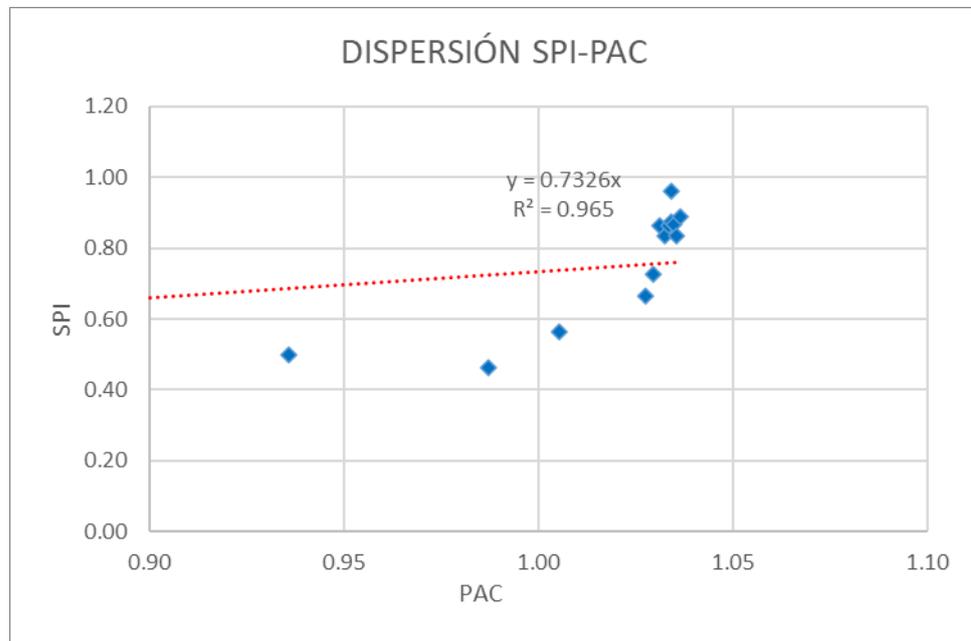
Fuente: (Elaboración propia)

Figura 26. *Dispersión PAC-CPI*



Fuente: (Elaboración propia)

Figura 27. *Dispersión PAC-SPI*



Fuente: Elaboración propia

Para la ejecución de la obra en general, según la tabla N°21 se tiene un coeficiente de correlación de 0.83 entre los índices PAC-CPI, el cual indica que es positiva, existe un comportamiento directo de relación entre estos dos indicadores debido a que si uno aumenta el otro también lo hace.

Por tanto, podemos decir que a mayor índice de porcentaje de actividades completadas (PAC), será mayor el índice de desempeño del costo (CPI).

Para la ejecución de la obra en general, según la tabla N°22 se tiene un coeficiente de correlación de 0.74 entre los índices PAC-SPI, el cual indica que es positiva, existe un comportamiento de relación directa entre estos dos indicadores debido a que si uno aumenta el otro lo hace de la misma forma.

Por tanto, podemos decir que a mayor índice de porcentaje de actividades completadas (PAC), será menor el índice de desempeño del cronograma (SPI).

Mientras que en la tabla N°23 se puede apreciar lo siguiente, los valores del CPI y SPI tienen variaciones mínimas en relación con el margen de las variaciones del PAC durante las 16 semanas de estudio.

De las figuras 22 y 23 se puede observar que las variaciones en el gráfico de dispersión PAC-CPI y PAC-SPI es de tendencia creciente para ambos casos con ligeras variaciones entre las 16 semanas de estudio.

4.3.3 Resultados de productividad con la implementación de LPS

4.3.3.1 Tiempo productivo (TP), Tiempo Contributivo (TC), Tiempo no Contributivo (TNC)

Para obtener los resultados de estos indicadores de productividad de mano de obra, se observó detalladamente la ejecución de las mismas partidas observadas en las 4 primeras semanas de ejecución con procesos constructivos de manera tradicional,

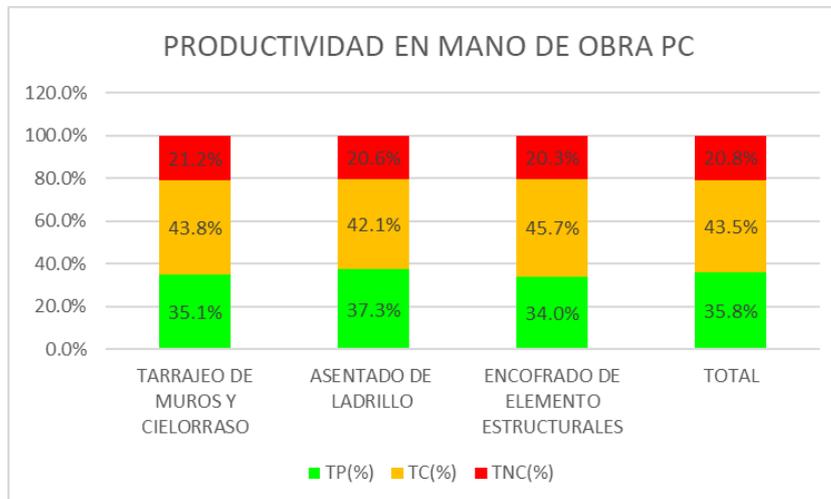
reiterando que se trata de las partidas más incidentes y en ruta crítica de la obra, como son encofrado de elementos estructurales, asentado de ladrillos y tarrajeo de muros y cielorrasos. Durante el tiempo de implementación del SISTEMA LAST PLANNER desde la semana 5 hasta la semana 16, se volvieron a realizar las cartas balance, cumpliendo los mismos procedimientos y con la finalidad de obtener los resultados de la implementación de este sistema, se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 24. Productividad de la mano de obra en general

| | TP (MIN) | TC (MIN) | TNC (MIN) |
|-------------------------------------|-------------|-------------|------------|
| TARRAJEO DE MUROS Y CIELORRASO | 421 | 525 | 254 |
| ASENTADO DE LADRILLO | 448 | 505 | 247 |
| ENCOFRADO DE ELEMENTO ESTRUCTURALES | 204 | 274 | 122 |
| | 1073 | 1304 | 623 |

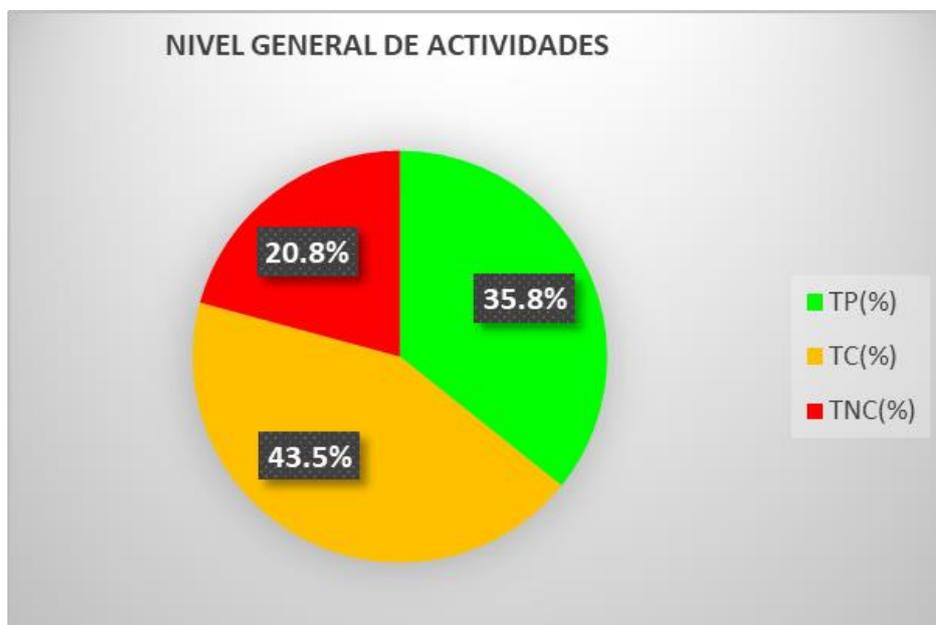
Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 25. Productividad de la mano de obra de la obra en general



Fuente: (Elaboración propia)

Figura 28. *Tiempos productivos (TP), Tiempos Contributorios (TC) y Tiempos no contributorios (TNC), con implementación de LPS*



Fuente: (Elaboración propia)

De las tablas N°23 y 24, así como la figura 24 Se puede observar que los niveles de productividad de mano de obra han mejorado considerablemente comparando la realización de los trabajos de manera convencional y después de la implementación del sistema last planner (LPS), teniendo como mejoras en el tiempo productivo (TP) de 32.4% a 35.8% aumentando en un 3.4%, Las mejoras en los tiempos contributorios (TC) son de 38.1% a 43.5% aumentando en un 5.4% y lo más importante es la disminución de los tiempos no contributorios (TNC) para todas las partidas, que globalmente se pueden cuantificar una variación de 29.4% a 20.8%, disminuyendo un 8.6%, logrando optimizar el proyecto.

4.3.3.2 Índices de productividad HH con Implementación de LPS

Los valores que se van a mostrar a continuación se obtuvieron mediante unas hojas de control de HH (horas hombre), durante el tiempo que se realizó la investigación

implementando el Sistema Last Planner durante la ejecución de las partidas en la obra, se hace referencia a las 12 semanas y las 4 semanas de observación.

A continuación, se muestra el cuadro con los resultados obtenidos.

Tabla 26. *Índices de productividad de HH, después de la implementación del Sistema last planner*

| PARTIDAS DE ESTUDIO | DESCRIPCIÓN | | (HH) ACUMULADAS PREVISAS | | (HH) ACUMULADAS REALES | PRODUCTIVIDAD EN (HH) |
|----------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------|--|------------------------|-----------------------|
| Partida-01 | Encofrado de elementos estructurales | | 3800 | | 3750.00 | 1.01 |
| Partida-02 | Asentado de ladrillos | | 2808 | | 2910.00 | 0.96 |
| Partida-03 | Tarrajeo de muros y cielorrasos | | 6314 | | 6150.00 | 1.03 |
| PROYECTO EN GENERAL | TODAS LAS PARTIDAS | | 12922 | | 12810.00 | 1.01 |

Fuente: (Elaboración propia)

De la tabla N° 26 mostradas líneas arriba, se verifica que los niveles de productividad en HH se han elevado considerablemente con la implementación del sistema Last Planner, para la ejecución de las partidas más incidentes y en ruta crítica, lográndose un índice de 1.01, mejorando en 0.04 respecto de lo obtenido en las primeras 4 semanas de observación con los trabajos de manera tradicional donde fue 0.97.

Por lo tanto, se puede concluir que la implementación del sistema Last Planner mejora los resultados en comparación a la ejecución con procesos convencionales o tradicionales.

4.3.3.3 Índices de productividad en base a costos con implementación de LPS

En este capítulo se menciona que se hizo el control de recursos utilizados (MO, MAT. EQ) para la ejecución de la obra durante las 12 semanas de implementación del sistema Last Planner, con la finalidad de obtener los gastos reales de la obra durante este tiempo, la información es proporcionada de primera fuente por el área administrativa y oficina técnica de la obra, y consiste en los montos realmente gastados semana a semana y los montos a cobrar en las valorizaciones mensuales.

A continuación, se muestra el cuadro resumen de los índices de productividad.

Además del detalle donde se especifica la efectividad y eficiencia de acuerdo con los siguiente.

Parámetros para medir la eficiencia y efectividad

✓ Eficiente y Efectivo: $1.04 \leq IP$

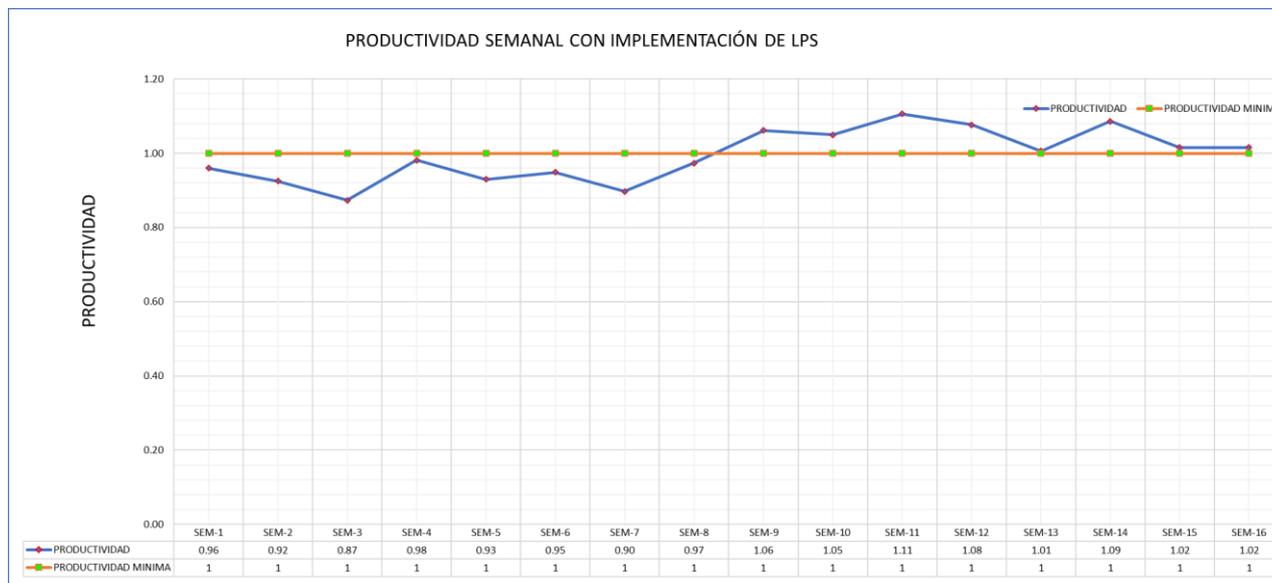
✓ Efectivo y No Eficiente: $1.0 \leq IP < 1.04$

✓ No Efectivo y No Eficiente: $IP < 1$

Tabla 27. Índices de productividad de COSTOS SEMANAL, con la implementación del Sistema Last Planner

| SEMANA | VALOR PLANIFICADO EXP. TEC | VALOR PLANIFICADO ACU. EXP. TEC | COSTO REAL | COSTO REAL ACUMULADO | PRODUCTIVIDAD | PRODUCTIVIDAD MINIMA | OBSERVACION |
|------------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------|----------------------|---------------|----------------------|----------------------------|
| SEM-1 | S/6,265.19 | S/6,265.19 | S/6,528.16 | S/6,528.16 | 0.96 | 1 | NO EFECTIVO Y NO EFICIENTE |
| SEM-2 | S/36,492.77 | S/42,757.96 | S/39,452.39 | S/45,980.55 | 0.92 | 1 | NO EFECTIVO Y NO EFICIENTE |
| SEM-3 | S/52,626.66 | S/95,384.62 | S/60,254.13 | S/106,234.68 | 0.87 | 1 | NO EFECTIVO Y NO EFICIENTE |
| SEM-4 | S/61,074.92 | S/156,459.54 | S/62,235.16 | S/168,469.84 | 0.98 | 1 | NO EFECTIVO Y NO EFICIENTE |
| SEM-5 | S/76,477.99 | S/232,937.53 | S/82,262.91 | S/250,732.75 | 0.93 | 1 | NO EFECTIVO Y NO EFICIENTE |
| SEM-6 | S/66,156.59 | S/299,094.13 | S/69,736.60 | S/320,469.35 | 0.95 | 1 | NO EFECTIVO Y NO EFICIENTE |
| SEM-7 | S/63,529.65 | S/362,623.77 | S/70,811.41 | S/391,280.76 | 0.90 | 1 | NO EFECTIVO Y NO EFICIENTE |
| SEM-8 | S/59,407.88 | S/422,031.65 | S/61,024.80 | S/452,305.55 | 0.97 | 1 | NO EFECTIVO Y NO EFICIENTE |
| SEM-9 | S/46,364.19 | S/468,395.84 | S/43,657.12 | S/495,962.67 | 1.06 | 1 | EFFECTIVO Y EFICIENTE |
| SEM-10 | S/43,298.65 | S/511,694.49 | S/41,253.26 | S/537,215.94 | 1.05 | 1 | EFFECTIVO Y EFICIENTE |
| SEM-11 | S/43,298.65 | S/554,993.14 | S/39,128.13 | S/576,344.07 | 1.11 | 1 | EFFECTIVO Y EFICIENTE |
| SEM-12 | S/43,298.65 | S/598,291.79 | S/40,215.23 | S/616,559.30 | 1.08 | 1 | EFFECTIVO Y EFICIENTE |
| SEM-13 | S/33,437.62 | S/631,729.41 | S/33,245.15 | S/649,804.45 | 1.01 | 1 | EFFECTIVO Y NO EFICIENTE |
| SEM-14 | S/26,776.02 | S/658,505.44 | S/24,639.27 | S/674,443.71 | 1.09 | 1 | EFFECTIVO Y EFICIENTE |
| SEM-15 | S/13,124.19 | S/671,629.63 | S/12,926.43 | S/687,370.15 | 1.02 | 1 | EFFECTIVO Y NO EFICIENTE |
| SEM-16 | S/13,124.19 | S/684,753.82 | S/12,926.43 | S/700,296.58 | 1.02 | 1 | EFFECTIVO Y NO EFICIENTE |
| PRODUCTIVIDAD PROMEDIO | | | | | 1.0 | 1 | EFFECTIVO Y EFICIENTE |

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 28. Curva de productividad, con la implementación del Sistema Last*Planner*

Fuente: (Elaboración propia)

Como se puede observar, de la figura N°28 podemos determinar que el nivel de productividad, según costos reales y pagados de la obra en general ha mejorado considerablemente, por lo que según los parámetros para medir la eficiencia y la efectividad está catalogado como efectivo y no eficiente. Logrando que los costos reales son menores a los costos valorizados.

Además, se puede verificar que durante el paso de las semanas de implementación del sistema Last Planner, los valores de productividad han ido mejorando debido a que en 5 semanas ha sido catalogado como Efectivo y Eficiente.

Se puede verificar que en las semanas 13, 15 y 16 se logró ser efectivo, pero no eficiente, con un índice de productividad de 1.02, considerándose una productividad aprobable.

A partir de la semana 8 al 12 los resultados de productividad suben y se mantienen con indicadores altos catalogándose según los parámetros de eficiencia y efectividad

como efectivo y eficiente debido a que durante estas últimas semanas se controlaron de mejor forma el uso de recursos, la mejora respecto a las causas de no cumplimiento, reducir los tiempos no contributorios y análisis de restricciones.

Asimismo, los valores de productividad promedio es de 1.00, catalogándose el proyecto en general durante las 16 semanas de investigación como eficiente y no efectivo, debido a la implementación del sistema Last Planner en la ejecución de todas las partidas de la obra.

De la tabla N°28 podemos indicar también que los valores de productividad están en su mayoría superando la productividad mínima.

4.3.3.4 Determinación de Causas que afectan la productividad en el proyecto con la implementación del sistema Last Planner

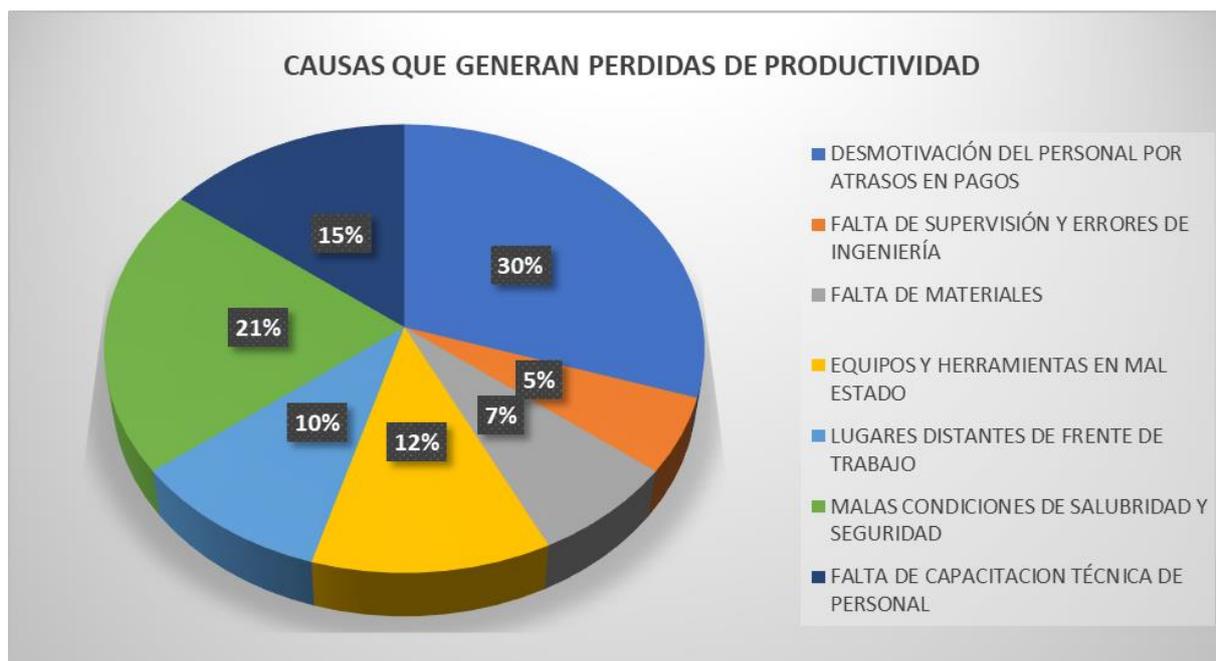
Para la obtención de la información que nos ayude a determinar las mejoras en la productividad, se ha hecho el seguimiento de las actividades y determinar las causas que afectan o generan pérdidas de productividad según las fichas de control implementadas, durante las semanas de implementación del sistema Last Planner.

En la figura 33 que se presenta líneas abajo, vamos a observar las principales causas que generan pérdidas de productividad en la ejecución de la obra. Como causa más incidente se ha detectado la desmotivación del personal por atrasos en pagos con un 30% (hace referencia a los atrasos que ha tenido la empresa contratista en realizar los pagos con puntualidad durante las semanas 15 y 16 de la investigación por no contar con solvencia económica, vale aclarar que estas decisiones son gerenciales y se consideran externas a las facultades que tiene el personal técnico en obra.

Como segunda causa tenemos la que se indica como, malas condiciones de salubridad y seguridad con un 21%, se hace referencia que esta causa también es

considerada externa debido que el plan de vigilancia, prevención y control del COVID - 19, no se ha podido controlar al 100%, teniendo un porcentaje alto de casos positivos que conllevaron a la paralización y disminución de cuadrillas de trabajo.

Figura 29. Factores que generan pérdidas de productividad en la ejecución de la obra – con sistema Last Planner



Fuente: (Elaboración propia)

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A partir de los resultados encontrados con la investigación, aceptamos la hipótesis alternativa general que establece que la implementación del sistema Last Planner mejora la productividad y la confiabilidad en la construcción de edificaciones hospitalarias.

Estos guardan relación con lo que sostiene (Peres, 2019), que concluye que el uso del Last Planner System mejoró significativamente la Productividad en la construcción de la institución educativa N°1110, llegando así a ejecutar el 100% de las partidas planteadas y cumpliendo con las metas programadas en obra. Por otro lado (Quispe, 2021) De acuerdo a lo aplicado en la investigación que se ha realizado con los datos de campo, se observa una mejora en cuanto a la optimización de la mano de obra, como se observa en

el Cronograma Last Planner, Lookahed – 6 Semanas, trabajando con el cronograma Project 140 días inicial, donde se indica la mano de obra prevista ganada de HH y el % de avance programado por semana, del Servicio de mantenimiento del Hospital de la Policía desde la primera semana a la sexta se obtiene como resultado en la 1era semana el, 3.04 (0.03%), 2da semana 2.28 (0.02%), 3era semana 0.56 (0.02%), 4ta semana 0.65 (0.01%), 5ta semana 2.41 (0.02%) y 6ta semana 0.81 (0.01%), correspondientemente.

Como consecuencia de los resultados de la presente investigación, aceptamos la hipótesis planteada que establece que la implementación del Sistema Last Planner ayudará a identificar las causas que generan pérdidas en la productividad de la mano de obra y los mejorará en la construcción de edificaciones hospitalarias, debido a que guardan relación con lo que establece (Gastelo Orlandini, 2022), quien indica que la implementación de herramientas de productividad permite maximizar el valor del producto para el cliente mediante la minimización de desperdicios. Como medida de asegurar que los flujos de trabajo no se detengan, debemos hacer que dicho flujo sea eficiente y a su vez hacer que el proceso lo sea, para ello debemos ser lo más precisos con el análisis de restricciones. En el caso que este primer filtro falle se debe realizar una descripción detallada de las causas de incumplimiento para poder tener un historial y así si ocurriera una situación similar actuar de la manera más eficiente posible. Estas causas se pueden resumir en Seguridad, Información, Espacio, Materiales, Personas, Requisito y Equipos. Por su parte (Lyon Vial, 2018) indica que los profesionales no incorporan elementos de la filosofía o la cultura, sino solo utilizan algunas tecnologías, siendo la más frecuente, Last Planner System. En los proyectos de construcción, las actividades que no agregan valores más comunes son la falta de comunicación y los tiempos de espera en los distintos procesos.

A partir de los resultados obtenidos con la investigación, se da por aceptado la hipótesis específica que plantea que la implementación del Sistema Last Planner mejora la productividad en la construcción de edificaciones hospitalarias, los mismos que guardan relación con lo que indica (Ghio, 2016), donde concluye que la aplicación de una serie de herramientas para aumentar la productividad será fundamental para enfrentar el problema de la competitividad del sector de la construcción en el país con enfoques para aumentar la productividad.

Como consecuencia de los resultados de la presente investigación, aceptamos la hipótesis planteada que establece que la implementación del Sistema las planner aumenta la confiabilidad en la construcción de edificaciones hospitalarias, estos guardan relación con lo sostenido por (Chávez & García, 2021), que manifiesta que al término de la ejecución de la fase en estudio, se realizó un análisis de los niveles de confiabilidad de la planificación, costo y tiempo; concluyéndose que, con la eficiente implementación del Last Planner System se genera una planificación confiable lo que a su vez permitió el cumplimiento de los hitos del proyecto dentro del plazo y costo previamente establecidos.

VI. CONCLUSIONES

La implementación del Sistema Last Planner ha mejorado la productividad y la confiabilidad en la construcción del centro de salud “Bocanegra” – Callao, debido a que los resultados de las cartas balance en la ejecución de las partidas más incidentes y en ruta crítica con la implementación del sistema last planner (LPS) han arrojado resultados satisfactorios, como muestra la figura N°28 y tabla N°25 donde los niveles de productividad de mano de obra han mejorado en los tiempos productivos (TP) de 32.4% a 35.8% aumentando en un 3.4%, las mejoras en los tiempos contributorios (TC) son de 38.1% a 43.5% aumentando en un 5.4% y lo más importante es la disminución de los tiempos no contributorios (TNC) para todas las partidas, que globalmente se pueden cuantificar una variación de 29.4% a 20.8%, disminuyendo un 8.6%, logrando optimizar el proyecto.

La implementación del Sistema Last Planner ha ayudado a identificar las causas que generan pérdidas en la productividad de la mano de obra y los mejoró en la construcción del centro de salud “Bocanegra” – Callao. Donde se ha determinado como causas más incidentes que generan pérdidas en la productividad, la desmotivación del personal por atrasos en pagos con un (30%), malas condiciones de salubridad y seguridad con un (21%), Falta de capacitación técnica del personal (15%), etc. acotando además que las (CNC), obtenidas después la implementación del sistema last planner no son las mismas que en los procesos tradicionales, esto debido a que se ha corregido o reducido las (CNC) detectadas en los procesos tradicionales para aumentar la productividad de la mano de obra.

Los niveles de productividad han aumentado considerablemente con la implementación del sistema Last Planner, lográndose un índice de 1.01 para HH (tabla N°26) mejorando en 0.04 respecto al inicial 0.97 (tabla 15) y un índice de 1.00 para costos generales (tabla 27), catalogándose como efectivo y no eficiente. Por otro lado, se analizó con la metodología del valor ganado (EVM) donde según la tabla N°20 y figura N°25 se puede determinar que se ha logrado que el CPI (Índice de desempeño del costo) muestre valores son mayores a 1 después de la semana 11, teniendo un acumulado de CPI = 0.92, concluyéndose que la obra tiene un costo real menos a lo presupuestado. Además, el SPI muestra un acumulado de SPI=0.97, de estos valores podemos concluir que la obra esta ligeramente atrasada, sin embargo, debemos aclarar que los valore mayores a 0.95 son aceptables según los parámetros de análisis. Además, se ha obtenido una correlación de 0.83 entre los índices PAC-CPI (tabla 21) y 0.74 entre los índices PAC-CPI (tabla 22), existiendo un comportamiento directo de relación para ambos indicadores.

La implementación del Sistema las planner ha aumentado la confiabilidad en la construcción del centro de salud “Bocanegra” – Callao, debido a que los porcentajes de actividades completadas (PAC), han aumentado considerablemente, desde la semana 5 hasta la semana 8 se ha obtenido un PAC semanal del 46%, 56%, 67% y 73%, con un acumulado de 61%, esto debido a que la adaptación a las nuevas metodologías ha tomado un tiempo prudente. Las siguientes semanas muestran valores de PAC más altos, cercanos al PAC optimo, 86% semana 9, 83% semana 10, 87% semana 11, 88% semana 12, 96% semana 13, 85% semana 14 y 15 y 89% la semana 16, por tanto, se puede concluir y demostrar que la implementación del sistema ha logrado aumentar la confiabilidad de la programación, mejorando los valores de PAC semanal y sus variaciones sean mínimas llegando a alcanzar un máximo 96% en la semana 13.

VII. RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta los resultados satisfactorios que se han obtenido de la implementación de Last Planner en la ejecución de la obra es recomendable usarlo e implementarlo en todas las fases de ejecución de la obra, creando un compromiso en todos los involucrados en la obra, con el fin de reducir al mínimo los tiempos no contributivos (TNC) y aumentar la productividad y confiabilidad.

Se deben identificar claramente las (CNC) antes de realizar cualquier implementación, debido a que es la raíz de cualquier deficiencia en productividad con el fin de eliminarlos o reducirlos con una correcta gestión y planificación en obra, teniendo en cuenta que la implementación no lo hace un involucrado sino todos los involucrados en la ejecución de la obra.

Es importante la interpretación de los indicadores del EVM en especial el CPI y SPI, ya que en ya que el EVM considera valores acumulados y en obras de montos altos puede esconder el verdadero desempeño, es decir a nivel global la obra puede estar dentro de los límites de desempeño, pero existan algunos componentes o semanas de evaluación en situación crítica.

Es de suma importante la realización permanente de las reuniones semanales, diarias con el fin afianzar los compromisos de todos los trabajadores involucrados y buscar mantener liberadas las restricciones que pudieran aparecer semana a semana o durante todo el desarrollo de la obra, de esta manera las programaciones semanales podrán alcanzar los porcentajes de plan cumplido (PAC) más alto.

VIII. REFERENCIAS

- B, A. S., & R, R. V. (1990). Análisis de operaciones mediante cartas de balance. *Revista Ingeniería de Construcción*.
<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:uoC6jjTOUWgJ:https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/download/337/280&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe>
- Botero, L. F., & Alvares, M. (2004). Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda. *REVISTA Universidad EAFIT*, 40(136), 50–64. <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/864/770>
- Chávez, R., & García, E. (2021). Análisis de la implementación de la metodología Last Planner System para optimizar la planificación de la fase de superestructura del edificio principal del Hospital Regional de Huancavelica. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*.
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/661173>
- Gastelo Orlandini, V. E. (2022). *Implementación del sistema Last Planner en el proyecto edificio multifamiliar Kenko Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título de Ingeniero Civil. Piura - Perú*.
<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/5523>
- Gutierrez, A. A. (2017). *IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER EN EDIFICACIÓN EN ALTURA EN UNA EMPRESA CONSTRUCTORA: Estudio de casos de dos edificios en las comunas de Las Condes y San Miguel*.
<https://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/4601>

- Hoyos, M. F., & Botero, L. F. (2021). Implementation del sistema del último planificador en el sector constructor colombiano: Caso de estudio. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 29(4), 601–621.
http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052021000400601&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Ibañez, F. I. (2018). ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DEL LEAN CONSTRUCTION EN CHILE. *Bitkom Research*, 63(2), 1–3.
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168246>
- Lyon Vial, A. (2018). Aplicación Del Enfoque Lean a La Dirección De Proyectos En La Industria De La Construcción. *Universidad De Chile Facultad*.
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168691>
- Melendes, I. (2019). *Metodología de la Gestión del Valor Ganado (EVM) para medir el desempeño de los proyectos* / INGENIEROS TOP. Dirección de Publicaciones.
[https://ingenierostop.com/articulos/3-Metodología-de-la-Gestión-del-Valor-Ganado-\(EVM\)-para-medir-el-desempeño-de-los-proyectos](https://ingenierostop.com/articulos/3-Metodología-de-la-Gestión-del-Valor-Ganado-(EVM)-para-medir-el-desempeño-de-los-proyectos)
- Peres, R. (2019). *EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD USANDO LAST PLANNER SYSTEM EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA INSTITUCIÓN EDUCATIVA*. <http://www.repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1106>
- Pértegas, S., & Pita, S. (2002). *Guía: Determinación del tamaño muestral para calcular la significación del coeficiente de correlación lineal*.
<https://www.fisterra.com/formacion/metodologia-investigacion/determinacion-tamano-muestral-para-calculer-significacion-coeficiente-correlacion-lineal>
<https://www.questionpro.com/blog/es/coeficiente-de-correlacion-de-pearson/>

Pons, J. F. (2014). Introducción a Lean Construction Introduccion a ean construction. In *Fundación Laboral de la Construcción*. <http://www.juanfelipepons.com/wp-content/uploads/2017/02/Introduccion-al-Lean-Construction-1.pdf>

Pons, J. F., & Rubio, I. (2019). Lean Contruction y la planificacion colaborativa METODOLOGÍA DEL LAST PLANNER SYSTEM. In *Consejo General de la Arquitectura Tecnica de España* (Vol. 4, Issue 1). https://www.cgate.es/pdf/LEAN_CONSTRUCTION_PDF_Web.pdf

Project Management Institute. (2017). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK) / Project Management Institute. In *Sexta Edición* (Vol. 1).

Quispe, D. (2021). SERVICIO DEL MANTENIMIENTO BÁSICO DEL PABELLÓN DEL HOSPITAL PNP LUIS N. SAENZ, IMPLEMENTANDO EL LAST PLANNER (ULTIMO PLANIFICADOR) PARA REDUCIR PÉRDIDA DE MANO DE OBRA. *Universidad Ricardo Palma*, 149. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/URPU_b0d6b225a03f30287760fa0c4b142b49

ALARCÓN, Luis y PELLICER, Eugenio. Un nuevo enfoque en la gestión de la construcción sin pérdidas. *Revista de Obras Públicas* [en línea]. Febrero 2009, en. 3.496. [Fecha de consulta: 16 enero 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/28249238_Un_nuevo_enfoque_en_la_gestion_la_construccion_sin_perdidas

BOTERO, Luis. Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. *Revista Universidad EAFIT* [en línea]. Octubre – diciembre 2002, en. 128. [Fecha

de consulta: 15 mayo 20]. Disponible en:

<https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/843/751>

BULEJE, Kenny. Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía Lean Construction. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2012. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1691>

CHAVEZ, J. y DE LA CRUZ, C. Aplicación de la filosofía Lean Construction en una obra de edificación (Caso: Condominio casa club Recrea – El Agustino). Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad San Martín de Porres, 2014. Disponible en:

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/USMP_523ee14f73883878d10b502817d7dd3f/D
etails](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/USMP_523ee14f73883878d10b502817d7dd3f/Details)

GRUPO S10, COSTOS Construcción, Arquitectura e Ingeniería. Lima Perú. Publicación mensual del grupo S10, 2016.

Loayza, H. Boletín técnico CAPECO. Lima Perú, mayo 2020.

Loayza, H. Boletín técnico CAPECO. Lima Perú, ABRIL 2021.

GRUPO S10, COSTOS Construcción, Arquitectura e Ingeniería. Lima Perú. Publicación mensual del grupo S10, noviembre 2020.

GRUPO S10, COSTOS Construcción, Arquitectura e Ingeniería. Lima Perú. Publicación mensual del grupo S10, diciembre 2020.

GUZMAN, Abner. Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014. Disponible en:

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/5778>

IBARRA, Luis. LEAN CONSTRUCTION. Tesis (Especialista). México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, 2011. Disponible en:

http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/4652/tesis%20completa_.pdf?sequence=1

MALCA, Luis. Estudios para la construcción de un proyecto de edificación de viviendas. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú,

2011. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/.../Malca-Alcantara-Luis-Proyecto-Edificación-Viviendas>

MORAN, Leoncio y QUISPE, Hermann. Estudio de la productividad en la partida de estructuras 1° - 3° piso, de la construcción del edificio multifamiliar residencial Heredia en la ciudad de Trujillo. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2014. Disponible en: http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/639/1/MORAN_LEONCIO

IX. ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO “IMPLEMENTACION DEL SISTEMA LAST PLANNER PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD Y LA CONFIABILIDAD EN LA COSTRUCCION DE EDIFICACIONES

HOSPITALARIAS: APLICADO EN EL CENTRO DE SALUD “BOCANEGRA”.

| Problema general | Objetivo general | Hipótesis | Variables | Dimensiones | Indicadores | METODOLOGÍA E INSTRUMENTOS |
|--|---|--|--|---|---|---|
| ¿De qué manera la implementación del sistema Last Planner mejorará la productividad y la confiabilidad en la construcción de edificaciones hospitalarias: aplicado en el centro de salud “Bocanegra” - Callao? | Analizar si la implementación del sistema Last Planner mejorará la productividad y la confiabilidad en la construcción de edificaciones hospitalarias: aplicado en el Centro de Salud “Bocanegra” - Callao” | La implementación del sistema Last Planner mejora la productividad y la confiabilidad en la construcción de edificaciones hospitalarias: aplicado en el Centro de Salud “Bocanegra” - Callao” | I: Sistema Last Planner | -Plan maestro - Lookahead planning -Método de valor ganado | -Índices de desempeño CPI, SPI -Porcentaje de Plan Cumplido (%PPC). -Causas de no cumplimiento (%CNC) - Resultados de Cartas Balance cartas balance (TP, TC Y TNC). | METODOLOGÍA El diseño de la investigación es Cualitativa; por tanto, es una investigación donde no es necesario contrastar los resultados. no experimental: las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir en ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos |
| problema secundario | objetivo secundario | | Variables | | | |
| ¿Cuáles son las causas que generan pérdidas en la productividad de la mano de obra y como mejorarán con la implementación del sistema Last Planner en la construcción de edificaciones hospitalarias: aplicado | Identificar las causas que generan pérdidas en la productividad de la mano de obra y su mejora con la implementación del sistema Last Planner en la construcción de edificaciones hospitalarias: aplicado | La implementación del Sistema Last Planner ayudará a identificar las causas que generan pérdidas en la productividad de la mano de obra y los mejorará en la construcción de edificaciones hospitalarias: aplicado en el centro de salud “Bocanegra” – Callao. | D: Productividad D: Confiabilidad | -Productividad en Mano de Obra -Productividad en Maquinarias | -Causas de no cumplimiento (%CNC) | INSTRUMENTOS |

| | | | | | | |
|--|---|---|-------------------------|---|--|--|
| <p>en el centro de salud “Bocanegra” - Callao?</p> | <p>hospitalarias: aplicado en el centro de salud “Bocanegra” – Callao.</p> | | | <p>-cronogramas y plazos de ejecución</p> | | <p>-Formato de carta Balance -Fichas ITE -Formatos PPC Y CNC -Formatos CPI y SPI</p> |
| <p>¿En qué medida la implementación del sistema Last Planner mejorará la productividad en la construcción de edificaciones hospitalarias: aplicado en el centro de salud “Bocanegra” - Callao?</p> | <p>Determinar si la implementación del sistema Last Planner mejorará la productividad en la construcción de edificaciones hospitalarias: aplicado en el centro de salud “Bocanegra” – Callao.</p> | <p>La implementación del Sistema Last Planner mejora la productividad en la construcción de edificaciones hospitalarias: aplicado en el centro de salud “Bocanegra” – Callao.</p> | <p>D: Productividad</p> | <p>-Productividad en gastos reales de obra -Productividad en Mano de Obra -Productividad en Maquinarias</p> | <p>-Relación PAC-CPI, PAC-SPI -Porcentaje de Plan Cumplido (%PPC).</p> | <p>--filmaciones y fotografías -cuestionarios ANALISIS E INTERPRETACION DE DATOS Microsoft Excel Y Ms Project para procesamiento de datos (Tablas de frecuencia, gráficos estadísticos) y Elaboración de reportes de PAC, CNC, EVM y registros de índices de productividad.</p> |

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

| VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICION OPERACIONAL | Dimensiones | INDICADORES | ESCALA % |
|-------------------------|---|---|--|---|---|
| I: Sistema Last Planner | El Last Planner System (Sistema del último planificador) es una de las herramientas más importantes con las que cuenta la filosofía Lean Construction. Se compone por: la planificación maestra (Main Planning), planificación por fases, planificación intermedia (Lookahead Planning), plan semanal, porcentaje de plan cumplido PAC y causas de no cumplimiento CNC. | Los procesos que incluyen son: planificación, identificación, análisis cualitativo, análisis cuantitativo, respuesta y control de la programación en obra. Teniendo como objetivo aumentar la productividad en las obras de saneamiento, disminuir las causas de no cumplimiento y lograr los porcentajes de planes completados según la planificación. | -Plan maestro - Lookahead planning -Método de valor ganado | -Carta balance -Dependencia de actividades -Actividades de ruta Crítica -Costo Actual AC, valor ganado EV y -valor planeado PV -Índices de desempeño CPI, SPI, EAC -Relación PAC-CPI, PAC-SPI -Porcentaje de Plan Completado PAC -Causas de no Cumplimiento CNC -Análisis de Restricciones, ITE y plan semanal. | Escala de medición en porcentaje de influencia del Last Planner para mejora de productividad. |
| Variables | | | | | |
| D: Productividad | La productividad es una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un | Las principales metas de una obra son cumplir el alcance establecido dentro del costo y tiempo programado, y así evitar ampliaciones en sus presupuestos y en sus plazos. En las obras | -Productividad en gastos reales de obra -Productividad en | -Costos reales de ejecución -Costos planificados -Trabajo contributorio (TC), Trabajo | |

| | | | | |
|-------------------------|---|---|--|---|
| | <p>producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado.</p> | <p>generalmente un indicador es la productividad que se genera tanto en los gastos de obra en general, mano de obra y maquinaria.</p> | <p>Mano de Obra</p> <p>-Productividad en Maquinarias</p> | <p>no contributivo (TNC) y Trabajo productivo (TP).</p> <p>-Horas Hombre valorizadas en Proyecto</p> |
| <p>D: Confiabilidad</p> | <p>El objetivo del diseño de la programación es lograr reducir los fallos del cumplimiento de metas de tal manera que permita aumentar la productividad y responsabilidad de los colaboradores.</p> | | <p>-Confiabilidad de la programación.</p> <p>-Productividad en gastos reales de obra</p> <p>-Productividad en Mano de Obra</p> <p>-Productividad en Maquinarias.</p> | <p>-Registro diario de uso de Maquinarias</p> <p>-Costos de Maquinaria en campo</p> <p>-Costos de Maquinaria valorizados en el proyecto</p> |