



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Aplicación de la metodología Last Planner en la construcción de la institución educativa Máximo Alvarado Romero - Loreto”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Christian Lothar Reyna Hidalgo. (ORCID: 0000-0002-1456-6174)

Giancarlo Sales Ruiz (ORCID: 0000-0002-3012-1175)

ASESOR:

Mg. Requis Carbajal, Luis Villar. (0000-0002-3816-7047)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño estructural y sísmico

LIMA – PERÚ

(2022)

Dedicatoria

Se lo dedicamos en primer lugar a Dios, quien nos da la fortaleza para seguir día a día luchando por nuestros sueños y a nuestra familia que son las personas que siempre están ahí brindándonos su apoyo incondicional.

Agradecimiento

Agradecemos a Dios, a nuestros padres que son los que siempre están ahí dándonos las fuerzas necesarias para poder seguir adelante, agradecemos a la Universidad Cesar Vallejo, al Ingeniero Luis Villar y al Ing. Diego López por el asesoramiento y quienes nos guían en este camino para lograr una excelente investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Situación Problemática	1
1.2. Formulación del Problema	3
1.2.1. Problema General.....	3
1.2.2. Problemas Específicos	3
1.3. Justificación e Importancia de la Investigación	3
1.3.1. Justificación	3
1.3.2. Importancia y Conveniencia del Estudio	4
1.4. Objetivos de la Investigación	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos	5
II.MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes de la Investigación	6
2.2. Bases teóricas	10
2.2.1. Modelo Tradicional	11
2.2.2. Pensamiento Lean	12
2.2.3. Lean Production.....	14
2.2.4. Lean Construction.....	20
2.2.5. Last Planner System (LPS) o sistema del último planificador	23
2.3. Definiciones y Términos básicos	35
III. METODOLOGÍA	39
3.1. Tipo, nivel y diseño de investigación	39

3.1.1. Tipo de Investigación.....	39
3.1.2. Nivel de Investigación.....	39
3.1.3. Diseño de Investigación.....	39
3.1.4. Tiempo de Investigación.....	40
3.2. Variables y operacionalización.....	40
3.2.1. Identificación de variables.....	40
3.3. Población y muestra de investigación.....	41
3.3.1. Población de estudio.....	41
3.3.2. Muestra de estudio.....	41
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	42
3.4.1. Fuentes técnicas.....	42
3.4.2. Instrumentos.....	42
3.5. Procedimientos.....	43
3.5.1. Fase 1 - Inducción.....	44
3.5.2. Fase 2 – Aplicación del Sistema Last Planner.....	50
3.5.3. Fase 3 – Evaluación.....	58
3.6. Método de análisis de datos.....	59
3.7. Aspectos éticos.....	59
IV. RESULTADOS.....	61
4.1. Análisis e interpretación de los resultados.....	61
4.1.1. Diseño de cuadrillas y productividad.....	61
4.1.2. Porcentaje de Plan de Cumplimiento.....	64
V. DISCUSIONES.....	6081
VI. CONCLUSIONES.....	6083
VII. RECOMENDACIONES.....	6085

REFERENCIAS	6086
ANEXOS	6090

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla N° 1. Principios de Management</i>	15
Tabla N° 2. Los 5 principios básicos de la filosofía Lean.	19
Tabla N° 3. Variable dependiente - Operacionalización	40
Tabla N° 4. Población del Proyecto General.	41
Tabla N° 5. Muestra del proyecto.	41
Tabla N° 6. Presupuesto y metrados de los módulos A, B y C.	41
Tabla N° 7. Matriz de instrumentos Lean	43
Tabla N° 8. Procedimiento Last Planner.	43
Tabla N° 9. Áreas de funcionamiento del proyecto.	52
Tabla N° 10. Áreas de funcionamiento del proyecto	53
Tabla N° 11. Secuencia de actividades a ejecutar.	55
Tabla N° 12. Metrado por sector de los módulos A, B y C.	61
Tabla N° 13. Dimensionamiento de cuadrillas.	62
Tabla N° 14. PPC - Semana 03 - Sector 01	63
Tabla N° 15. PPC - Semana 04 – Sector.....	63
Tabla N° 16. PPC – Semana 03 – Sector 02	64
Tabla N° 17. PPC – Semana 04 – Sector 02	64
Tabla N° 18. PPC – Semana 05 – Sector 02	64
Tabla N° 19. Resumen PPC – Modulo A	65
Tabla N° 20. Resumen PPC Acumulado – Módulo A	66
Tabla N° 21. PPC – Semana 03 – Sector 03	67
Tabla N° 22. PPC – Semana 04 – Sector 03	68
Tabla N° 23. PPC – Semana 05 – Sector 03	68

Tabla N° 24.	Resumen PPC – Modulo B	68
Tabla N° 25.	Resumen Acumulado del Bloque B	70
Tabla N° 26.	PPC – Semana 03 – Sector 04	71
Tabla N° 27.	PPC – Semana 04 – Sector 04	71
Tabla N° 28.	PPC – Semana 05 – Sector 04	71
Tabla N° 29.	PPC – Semana 03 – Sector 05	71
Tabla N° 30.	PPC – Semana 04 – Sector 05	72
Tabla N° 31.	PPC – Semana 05 – Sector 05	72
Tabla N° 32.	Resumen PPC – Sector 05	72
Tabla N° 33.	Resumen Acumulado del Bloque C	74
Tabla N° 34.	Causas de Incumplimiento más incidentes	75
Tabla N° 35.	Trabajo Productivo - comparativo	76
Tabla N° 36.	Trabajo Contributorio	77
Tabla N° 37.	Trabajo no contributorio	78

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura N° 1.	<i>Resumen Cronológico del Lean Construction y LPS</i>	10
Figura N° 2.	Porcentaje de predecesoras	11
Figura N° 3.	<i>Enfoque Tradicional vs enfoque Lean</i>	13
Figura N° 4.	<i>Lean Production - Modelo de flujo de producción.</i>	16
Figura N° 5.	Los 7+1 desperdicios principales.	19
Figura N° 6.	Círculo de la improductividad de una empresa.	21
Figura N° 7.	Beneficios obtenidos con la implantación Lean	22
Figura N° 8.	Flujos sucesivos	23
Figura N° 9.	Sistema Last Planner	24
Figura N° 10.	Procedimiento del Sistema Last Planner	25
Figura N° 11.	Cuadro de resumen del Sistema Last Planner	25
Figura N° 12.	Sesión de planificación a largo plazo – Plan maestro.	27
Figura N° 13.	Ejemplo de Plan de Fases de un proyecto.	27
Figura N° 14.	Semana de la planificación Look Ahead.	28
Figura N° 15.	Ejemplo de la planificación Look Ahead.	29
Figura N° 16.	Principales áreas donde podemos identificar las restricciones.	30
Figura N° 17.	Ejemplo de Plantilla para análisis de restricciones	32
Figura N° 18.	Ejemplo de Plan semanal o corto plazo	33
Figura N° 19.	Ejemplo del indicador del PPC.	33
Figura N° 20.	Porcentaje de Plan Completado (PPC)	34
Figura N° 21.	Rutina de la reunión semanal del LPS - Ejemplo	35
Figura N° 22.	Enfoque del sistema Last Planner	44
Figura N° 23.	Organigrama del Proyecto	45
Figura N° 24.	Diapositiva para la Inducción a la Filosofía Lean.	46
Figura N° 25.	Diapositiva de valor pérdida	46
Figura N° 26.	Diapositiva de ejemplo de sectorización.	47
Figura N° 27.	Diapositiva Pull System	47
Figura N° 28.	Diapositiva de diseño de operaciones	48
Figura N° 29.	Diapositiva ejemplo LAP y Análisis de restricciones	48

Figura N° 30.	Diapositiva ejemplo LAP y PPC	49
Figura N° 31.	Reuniones Semanales realizadas por Groupfrd	49
Figura N° 32.	Ubicación del Proyecto	51
Figura N° 33.	Planta general del proyecto.....	52
Figura N° 34.	Sectorización del Proyecto	53
Figura N° 35.	Master Plan del Proyecto	54
Figura N° 36.	Cronograma del proyecto	54
Figura N° 37.	LookAhead Planning Obra IEPSM N° 60623	55
Figura N° 38.	Reuniones semanales de producción por Groupfrd	56
Figura N° 39.	Porcentaje de Plan de Cumplimiento	63
Figura N° 40.	PPC – Modulo A – Sector 01 y 02.	65
Figura N° 41.	PPC Acumulado del módulo A	67
Figura N° 42.	PPC – Modulo B – Sector 03	69
Figura N° 43.	PPC Acumulado del Módulo B	70
Figura N° 44.	PPC – Modulo C – Sector 04 y 05.	73
Figura N° 45.	PPC Acumulado del Módulo C	74
Figura N° 46.	CNC – Módulos A, B y C.	75
Figura N° 47.	Trabajo Productivo	77
Figura N° 48.	Trabajo Contributorio	77
Figura N° 49.	Trabajo no contributorio	78
Figura N° 50.	Carta Balance – Comparativo	78
Figura N° 51.	Curva S – Máximo Alvarado Romero	79
Figura N° 52.	Histograma – Máximo Alvarado Romero.....	80

RESUMEN

Esta investigación da a conocer el impacto positivo que tiene la implementación de una herramienta de gestión de productividad, control y mejora continua en un proyecto de construcción a través de un sistema de producción eficiente.

Según (M. Andrade y B. Arrieta 2014), “Con la aplicación del Sistema Last Planner los flujos van mejorando periódicamente con respecto a su eficacia, apuntando a incrementar la fiabilidad de la planificación y como consecuencia mejorar considerablemente los desempeños.”

Se tiene como objetivo principal reducir de tiempo de ejecución, lo que beneficiará al proyecto en cuanto a su ritmo de avance, debido a los constantes problemas climáticos que se tiene en la zona, teniendo como problema principal las lluvias torrenciales constantes y calor extremo que afectan directamente el rendimiento de la mano de obra, trayendo como consecuencia retrasos considerables por las innumerables interrupciones del flujo de trabajo.

Se utilizarán las herramientas: planificación maestra, LookAhead, análisis de restricciones, porcentaje de plan de cumplimiento, las capacitaciones al personal obrero, las reuniones de cada semana para así poder cumplir con los objetivos del mismo.

Esta investigación demostró que implementando este sistema se logró mitigar el tiempo y optimizar recursos, permitiendo cumplir con los plazos contractuales.

Palabras claves: Last Planner, LookAhead, planificación, restricciones, sectorización.

ABSTRACT

This research shows the positive impact of the implementation of a productivity management, control and continuous improvement tool in a construction project through an efficient production system.

According to (M. Andrade and B. Arrieta 2014), "With the application of the Last Planner System, the flows are periodically improved with respect to their efficiency, aiming to increase the reliability of the planning and as a consequence improve considerably the performances".

The main objective is to reduce the execution time, which will benefit the project in terms of its rate of progress, due to the constant climatic problems in the area, having as main problem the constant torrential rains and extreme heat that directly affect the performance of labor, resulting in considerable delays due to the countless interruptions in the work flow.

The following tools will be used: master planning, LookAhead, constraint analysis, percentage of compliance plan, training of labor personnel, and weekly meetings in order to meet the objectives of the plan.

This research showed that by implementing this system it was possible to mitigate time and optimize resources, allowing to meet the contractual deadlines.

Key words: Last Planner, LookAhead, planning, restrictions, sectorization.

I. INTRODUCCIÓN.

1.1. Situación Problemática

Una de las principales falencias en Latinoamérica y el mundo que presentan los proyectos de obra hoy en día son las dificultades que tienen las empresas contratistas para poder cumplir con los plazos que previamente ya están establecidos (Montecino Díaz, 2017, p.7).

En el Perú, se han encontrado múltiples problemas en la ejecución de las obras, entre los más destacados se encuentran las programaciones deficientes. Esto es, debido a que la planificación tradicional basado en realizar un plan con fechas establecidas, reflejando la duración entre partidas y el plazo de ejecución; no garantiza el cumplimiento con dichos plazos programados, ya que el profesional a cargo de establecer dichas duraciones, lo hace de acuerdo a la experiencia obtenida hasta el momento, definiendo el inicio y terminación de las partidas según su criterio, utilizando las herramientas como; PDM (método de diagramas de precedencias), CPM (método de la ruta crítica) y PERT (método de programación, evaluación y revisión). La deficiencia de estas programaciones se genera debido a que no se tiene en consideración el uso óptimo de recursos, dimensionamientos reales de cuadrillas, secuencia de actividades mediante un diseño de producción, liberaciones de restricciones que impidan la ejecución de las partidas y factores adicionales que son determinantes para la ejecución de una obra de construcción; lo que trae como consecuencia causas de no cumplimiento conllevando al retraso, entregas fuera del plazo y pérdidas económicas considerables para las empresas constructoras.

En Arabia Saudí, los proyectos de construcción se enfrentan a importantes retrasos y desperdicio de recursos. Aunque la construcción ajustada se considera una poderosa herramienta para mejorar la productividad reduciendo el despilfarro. Las técnicas de construcción ajustada no se aplican tanto en Arabia Saudí como en comparación con el resto del mundo. Se llevó a cabo una amplia encuesta con 282 de la industria de la construcción para identificar los principales tipos de residuos, los beneficios de la construcción ajustada, los niveles de implementación de las herramientas ajustadas y las etapas en las que se aplican los métodos ajustados en el sector de la construcción de Arabia Saudí. Los tipos de despilfarro más

comunes en el sector de la construcción, en orden ascendente son la espera, la realización de tareas, las correcciones, el transporte, el movimiento, el sobre procesamiento, el inventario y la sobreproducción. (Sarhan, Xia, Fawzia, 2017, p.19).

Según (Ghannoum, Antar, Daoud y Hamzeh,2019, p.118), afirma que algunos de los beneficios innegables de la adopción de la filosofía Lean en el sector de la construcción son la obtención de un mejor control de los proyectos, la maximización del valor, la reducción de los residuos y la finalización con éxito del proyecto a tiempo y por debajo del coste previsto.

Desde inicios de los años 90, el sistema Lean a nivel mundial se encuentra inmerso a un cambio, que se originó primero en lo que concierne al sector automovilístico (Lean Manufacturing) y posteriormente se fue adaptando a otras industrias y demás sectores.

La aplicación del SLP (Sistema Last Planner) en una obra de construcción, aumenta significativamente la confiabilidad de su programación. Lo que permite al ingeniero encargado, en conjunto con su equipo, reducir significativamente una cantidad considerable de pérdidas que son originadas por la incertidumbre y alta variabilidad que normalmente se presentan en los procesos constructivos (Orihuela y Ulloa, 2011, p.4).

Por este motivo elegimos el siguiente problema de investigación, lo cual nos va permitir poner en práctica las herramientas que trae consigo el Sistema Last Planner System (Sistema del Ultimo Planificador) en la obra de construcción de la institución educativa Maximo Alvarado Romero – Loreto; con la finalidad de obtener resultados que puedan constatar los beneficios que trae consigo esta metodología de planificación en comparación con la tradicional. Para ello aplicaremos a las partidas correspondientes a la especialidad de Estructura: (Movimiento de tierra, mortero simple y mortero armado en zapatas, cimiento corrido y vigas de cimentación de los módulos A, B y C). El motivo por el que se aplicará en dichas partidas es para acelerar la duración de ejecución de éstos, debido a las constantes lluvias que se presentan por la zona.

De esta manera, ante lo expuesto; este proyecto de investigación surge para facilitar la implementación de las herramientas, conocer los indicadores de esta metodología y ser acopladas a las exigencias de este proyecto.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo los indicadores del sistema Last Planner System influyen en la planificación, control y gestión de la producción en la construcción de los módulos A, B y C de la institución educativa Maximo Alvarado Romero – Loreto?

1.2.2. Problemas Específicos

¿En qué medida influye la implementación del Master Plan en el sistema Last Planner para la ejecución de las partidas de estructuras (Cimentación), del módulo A, B y C de la institución educativa Máximo Alvarado Romero – Loreto?

¿En qué medida influye la implementación del LookAhead Planning en el sistema Last Planner para la ejecución de las partidas de estructuras (Cimentación), del módulo A, B y C de la institución educativa Máximo Alvarado Romero – Loreto?
¿En qué medida influye el porcentaje de Plan de Cumplimiento (PPC) y las Causas de No cumplimiento (CNC) en el sistema Last Planner para la ejecución de las partidas de estructuras (Cimentación), de los módulos A, B y C de la institución educativa Máximo Alvarado Romero – Loreto?

1.3. Justificación e Importancia de la Investigación

1.3.1. Justificación

En esta investigación se propone la implementación del sistema Last Planner en la obra “Máximo Alvarado Romero – Loreto” enfocado en optimizar recursos y reducir el tiempo de ejecución durante la etapa de construcción correspondiente a la especialidad de estructura de las siguientes partidas: (Movimiento de tierra, mortero simple y mortero armado en zapatas, cimiento corrido y vigas de cimentación de los módulos A, B y C). Dentro del panorama que se pretende es, no solo conocer los conceptos y herramientas de este sistema, si

no aplicarlos y obtener los resultados deseados con el compromiso de cada uno de los involucrados.

Se justifica debido a que en esta zona de la región todas las obras que se ejecutan se encuentran con el reto de afrontar las condiciones climáticas frecuentes como temperaturas muy elevadas que reducen a gran escala el rendimiento del personal obrero sobre todo en la ejecución de las partidas ya mencionadas; también se tiene el reto de afrontar las lluvias tormentosas que muchas veces son impredecibles, retrasando el flujo de producción que van afectando la ruta crítica. Este sistema busca mitigar los efectos negativos que se encuentran en el avance de la obra, tomando en cuenta sus lineamientos entre las que destacan el Master Plan y “Lookahead Plannig”.

1.3.2. *Importancia y Conveniencia del Estudio*

A raíz de la falta de comunicación y coordinación que muchas veces se dan entre los encargados de la ejecución del proyecto y la práctica usual de no anticiparse ante los problemas presentados durante la ejecución, la siguiente investigación va permitirnos solucionar los problemas mencionados, buscando anticiparse antes estos eventos a través de la planificación previa semanal, reduciendo así las futuras restricciones que puedan interrumpir el flujo de los trabajos; los beneficios que traerán consigo es la optimización de recursos y reducir el plazo de ejecución lo que nos va permitir cumplir con los plazos que ya estaban establecidos.

1.4. *Objetivos de la Investigación*

1.4.1. *Objetivo General*

Evaluar los indicadores del sistema Last Planner System en la planificación, control y gestión de la producción en la construcción de los módulos A, B y C de la institución educativa Máximo Alvarado Romero – Loreto.

1.4.2. Objetivos Específicos

Determinar la influencia del Master Plan en el sistema Last Planner para la ejecución de las partidas de estructuras (Cimentación), de los módulos A, B y C de la institución educativa Máximo Alvarado Romero – Loreto.

Determinar la influencia del LookAhead Planning en el sistema Last Planner para la ejecución de las partidas de estructuras (Cimentación), de los módulos A, B y C de la institución educativa Máximo Alvarado Romero – Loreto.

Determinar la influencia del porcentaje de Plan de Cumplimiento (PPC) y las Causas de No cumplimiento (CNC) en el sistema Last Planner para la ejecución de las partidas de estructuras (Cimentación), de los módulos A, B y C de la institución educativa Máximo Alvarado Romero – Loreto.

II.MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Durante la década del año 1950, en el sector de industria de automóviles, compañía Toyota Motor añadió con éxito el enfoque Lean. Dicho pensamiento aporta técnicas actuales para realizar eficientes los proyectos teniendo la misma perspectiva de gestión; cuyo objetivo es mitigar actividades que no aportan valor en la producción” (Rojas, Henao y Valencia, 2017, p.117).

(Ponz, Cerveró y Alarcón, 2013), en su proyecto “Parque Espoz” manifiestan como objetivo principal la fundamentación teórica y práctica, a modo de guía de consulta de las principales herramientas Lean aplicables en este proyecto. La metodología aplicada fue a través de programa de fases, pull sesión, lookahead, y planificación semanal. Los resultados que obtuvieron fueron mejoras en el uso de las herramientas, adaptación del sistema a las necesidades de su proyecto, conocimientos teóricos y prácticos y aprendizaje del sistema constructivo. Las conclusiones a la que llegaron fueron la falta de tiempo de los jefes para ver la programación, susceptibilidad de los capataces, falta de cumplimiento de compromisos de los subcontratos, dos de los plazos de sus proyectos con atrasos a la fecha de entrega.

(Aranguren, Ortiz, Quiroga y Solano, 2018), en su proyecto “evaluación de la aplicación de la metodología Last planner en proyectos de interés prioritario utilizando herramientas informáticas”, aplicaron la metodología planteada en su proyecto de construcción que esté en las 3 etapas, en la planeación, programación como el control y su vez compararon resultados con la forma que se estaba llevando. Plantearon una metodología en el que converja el LPS y el uso de herramientas informáticas que les permita optimizar las etapas del proyecto de construcción. Teniendo como resultados evidencia que durante la ejecución de su obra no existió una constante de avance, tuvieron fuertes variaciones entre semanas por lo que no pudieron sostener un trabajo continuo, sin embargo; concluyen que, por ser meses de fiestas en la zona de ejecución, tuvieron reiteradas complicaciones para la adquisición de mano de obra calificada para el proyecto.

Manifiestan que la implementación fue satisfactoria para los interesados en la ejecución del proyecto, obtuvieron mayor integración de la entidad contratante, del contratista, subcontratistas y el personal de trabajo.

(Díaz, Oliveira, Pucharelli y Pinzón, 2019), en la revista publicada manifiestan que tuvieron como objetivo analizar la integración del sistema de planificación y control de la producción LPS y el método de la mejora continua del sistema de gestión de calidad por lo que buscaron identificar los pro y contra de su integración, por lo que muestran como resultado que estos sistemas involucran la gestión de plazos de la obra a través del intercambio de información entre cada uno de los procesos. De los datos obtenidos sobre la integración de los sistemas SIG y LPS observaron que estos tienen un conjunto de ítems que trabajan conectados ya que en la realización de la planificación a corto, medio y largo plazo estos niveles utilizan el manual de calidad para que se verifique cada una de los materiales, especificaciones, métodos constructivos, etc. Concluyen que al implementar el LPS en las obras, las actividades a ejecutar se vuelven repetitivas lo que indica la mejora continua de aprendizaje, por lo tanto; existe una reducción de errores y esto a su vez representa menos costos por reprocesos.

(Lagos y Alarcon 2017), en la publicación de la revista manifiestan que tuvieron como objetivo analizar la relación entre el nivel de implementación last planner system y el desempeño de 6 proyectos, en el que puntualmente buscaban verificar que existe un mejoramiento considerable en el desempeño de esos proyectos y cuantificar ese incremento de desempeño. La metodología utilizada fue a través de la gestión a corto plazo y el análisis de causas de no cumplimiento, la gestión del lookahead, la preparación efectiva a través de los análisis de restricciones y la gestión de la mejora continua a través de acciones correctivas. Los resultados mostrados de los proyectos evaluados parten de un nivel por sobre el grado de inicio esperado, por lo que implica que éstos incorporan, aunque sea de forma informal, componentes de la metodología. También muestran que el aumento de grado de implementación es mucho mayor los primeros meses y que estos logran a alcanzar niveles esperados por lo contrario durante los meses 3 y 4

muestran un crecimiento más lento. Concluyeron que la investigación les permitió entender qué componentes se implementan de forma más rápida, cuáles toman más tiempo y cuál es el grado de contribución al mejoramiento del desempeño.

Según la tesis publicada por (Tuco Pinedo, 2017), manifiesta que realizaron la aplicación de la filosofía Lean construction y last planner system en una obra ubicada en la región San Martín, con el objetivo de transmitir los conceptos teóricos – prácticos del sistema last planner como herramienta de planificación para el proyecto mencionado. La metodología utilizada fue de manera escalonada y por fases, iniciando por talleres de capacitación y haciendo uso de las herramientas como el master plan, lookahead, análisis de restricciones, porcentaje de plan cumplido y causas de no cumplimientos. Obteniendo como resultado de la implementación de los PPCS que midieron durante 16 semanas un 70% que representa el cumplimiento de lo planificado en comparación con lo que realmente se ejecutó, concluyendo que pudieron tener un horizonte más claro de las restricciones en las actividades a corto y mediano plazo. Adicionalmente en base a las herramientas establecidas para el proyecto generaron una memoria o back-up de obra, lo que podrá contribuir para futuros análisis operativos y lecciones de aprendizaje de cada proceso ejecutado.

Luego de que la producción en masa alcanzara su auge, impulsado a principios del siglo XX, por el norteamericano Henry Ford y su compañía de autos, apareció un nuevo paradigma en esta industria que contaba con la ideología basada en la producción de mayor-creciente variedad de productos con la utilización de una menor cantidad de recurso. Este paradigma se desarrolló desde la década de los cincuenta, el famoso término “lean”, tomando este término como un sistema productivo que genera valor, reduce pérdidas y mejora la confiabilidad del flujo en la ejecución de los trabajos (Hoyos y Botero, 2018, p.189).

Lean construction o también denominado “construcción sin pérdida” tiene como origen, en el año 1992, en donde el finlandés Lauri Koskela escribe en referencia a la filosofía lean y establece ciertos fundamentos teóricos, que serían

clave para el desarrollo de una línea de investigación en la aplicación de la filosofía lean en el sector de la construcción (Pons Achell, 2014, p.5).

El pensamiento Lean sigue algunos conceptos clave basados en el sistema de producción de la marca Toyota (TPS). Lo propuesto por Womack y Jones (1996) sigue siendo una referencia útil para comprender el concepto. Este pensamiento surgió en la industria automotriz y demostró tener impacto positivo en la mejora de productividad centrándose en la eliminación de residuos y la aportación de valor al cliente final. Su aplicación se ha extendido a diferentes sectores, incluida la construcción, con décadas de estudios y casos (Mariz y Picchi, 2021, p.310).

La filosofía o pensamiento lean dio inicio a principios de los noventa en el sector automovilístico, para luego adaptarse a diferentes tipos de industrias. De manera que, 20 años atrás, a nivel académico y de implementación surge el nuevo modelo productivo a la construcción denominado "Lean Construction", que a partir del año 2007 se manifestaría de forma intensa en Estados Unidos. De los diversos estudios y análisis que se realizaron, se obtuvo que, aquellas empresas que aplican esta filosofía lograron óptimos resultados en la reducción de costes, incremento en la producción, entre otros (Achell et al. 2014, p.7).

Last Planner System se origina como herramienta enraizada en los comienzos de esta filosofía denominada lean construction, y sugiere un método de planificación y control de producción en obra, cuya finalidad es mejorar el valor del proceso constructivo y mitigar la variabilidad en el flujo de los trabajos de tal manera poder alcanzar compromisos confiables (Hoyos et al. 2018, p.189).

El sistema LPS busca cambiar el enfoque y/o mentalidad sobre la forma de planificar y controlar adecuadamente un proyecto; cuyo objetivo principal es plantear estrategias necesarias para la implementación de dicho sistema en empresas de ingeniería. (Ponz et al. 2013, p.147).

(Juan Felipe Pons e Iván Rubio 2019, p.29), el sistema last planner busca ser implementado en el sector de la construcción, con el objetivo de planificar y llevar el control adecuado de la producción de los proyectos; el sistema se dio origen gracias a Glenn Ballard y Greg Howell en los años 90, para luego ser teorizado por Glenn Ballard en su tesis doctoral en los años 2000. Viene desarrollándose como

una herramienta clave para el enfoque lean construction en el sector de la construcción; donde busca estandarizar la planificación colaborativa y planificación pull.

Figura N° 1. Resumen Cronológico del Lean Construction y LPS

RESUMEN CRONOLÓGICO DE LC Y LPS	
1913	Henri Ford. Cadena de montaje móvil.
Mediados de los 50	Taiichi Ohno tiene operativo el Toyota Production System.
1950 1970	Deming, Juran, Shewhart, Shigeo Shingo, Kaoru Ishikawa, etc. desarrollan sus teorías sobre la Calidad y Mejora Continua que hoy forma parte de LEAN.
Década de los 70	Crisis energética. Toyota destaca por encima de las demás compañías.
Década de los 80	Estudio del MIT que da origen a Lean Production como concepto. John Krafcik acuña Lean Production.
1992	Lauri Koskela fundamenta la teoría de Lean Construction.
1993	Se funda el International Group for Lean Construction IGLC.
1996	Se publica el libro "Lean Thinking" de James Womack y Daniel Jones.
1997	Se funda el Lean Construction Institute (LCI) USA.
2000	Glenn Ballard. Publica su Tesis Doctoral "The Last Planner System of Production Control".
2011	Primer Evento oficial de Lean Construction en España en la Universidad Politécnica de Valencia.
2013	16 Conferencia del European Group for Lean Construction en Valencia.
2014	Inicio de la recuperación en el sector de la construcción de España. Se publica en España la Guía "Introducción a Lean Construction".
2015	Conferencia Lean in Public Sector Construction (LIPS) 2015 Barcelona.
2017	Primer Congreso organizado por ITeC enfocado a que empresarios españoles presenten de manera oficial sus casos de éxito en LC y LPS.

Fuente: Juan Felipe Pons & Iván Rubio

2.2. Bases teóricas

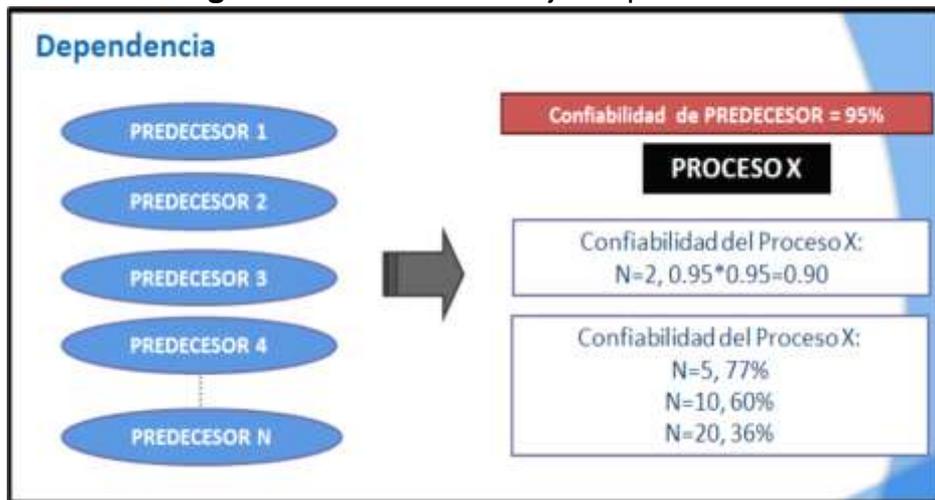
Tradicionalmente, el trabajo de construcción se basa en una división del trabajo distribuida en la que cada disciplina de diseño produce sus respectivos diseños. Los constructores de diferentes campos se encargan de las obras de construcción basadas en esos diseños. Sin embargo, la realización de proyectos de construcción es una actividad de colaboración que requiere experiencia multidisciplinar, intercambio de conocimientos y colaboración más allá de los límites de los distintos campos. La colaboración suele llevarse a cabo y coordinarse en diferentes reuniones del proyecto durante las fases de diseño y construcción (Mäki y Kerosuo, 2020, p.132).

La filosofía "Lean construction" trata de buscar mejorar la manera de gestionar y construir sugiriendo migrar de una modalidad convencional, donde encontramos planificaciones deficientes a un proceso constructivo gestionado desde el origen del proyecto tomando en cuenta un modelo con conceptos definidos que se darán a conocer a continuación:

2.2.1. Modelo Tradicional

Según (Aplicaci y Filosof 2017, p.17), indica que las construcciones tradicionales se presentan un listado de actividades llamadas las predecesoras lo cual cuyo orden de confiabilidad para cada predecesora es del 95%, en dos predecesoras se obtendrá el 90% y esto se irá disminuyendo conforme se vayan incrementando. Encontramos proyectos con muchas de estas que vuelven poco probables el cumplimiento.

Figura N° 2. Porcentaje de predecesoras



Fuente: Aplicaci y Filosof

Los problemas comunes del modelo tradicional desde la fase inicial de su diseño hasta la ejecución de la misma, incluyen:

- La limitada formación como experiencia en gestión y planificación de obras.
- El poco rigor en cuanto al cumplimiento de medidas de seguridad.

- El Ineficaz control de calidad que se basan en métodos estadísticos que no garantizan al 100% de la calidad.
- La poca coordinación entre los principales actores intervinientes.
- La falta de comunicación y transparencia entre las partes interesadas.
- Las omisiones y errores que se presentan en el proyecto.
- El poco interés en la capacitación y formación de los trabajadores.
- La pobre productividad en comparación con otras industrias.

Los problemas mencionados anteriormente traen como consecuencia entrega de obras fuera de plazo, sobrecostos para los contratistas y la entidad, baja calidad de los trabajos, cantidad excesiva de accidentes, variabilidad y toda la incertidumbre con respecto a lo establecido al inicio del contrato.

2.2.2. *Pensamiento Lean*

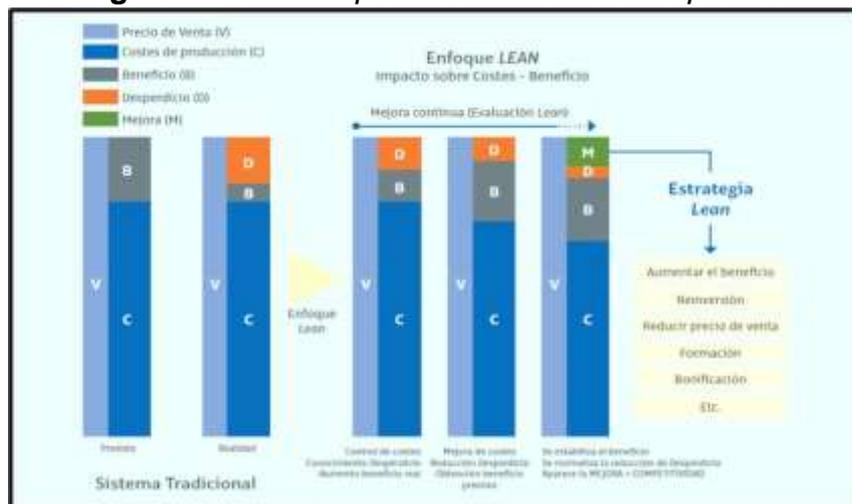
El término Lean se entiende como la eliminación de desperdicios, quiere decir; que define como una filosofía que tiene como objetivo mejorar la forma de producción, reduciendo en lo posible los desperdicios y mejorando la productividad. Esta filosofía se inició a principios del siglo XIX en el sector de la industria, puntualmente en la fábrica automovilística de Henry Ford. La fábrica mencionada es quien contaba con el modelo de producción de forma masiva y equipos industriales con la capacidad suficiente de producir piezas a un costo bajo. Esto indicaba que el modelo de producción era óptimo en el flujo de producción de pieza por pieza. No obstante, contaban con un único modelo de producción, lo cual no se podía cumplir con las diferentes necesidades de todos los clientes.

En base al modelo de producción mencionado por los ingenieros Taichi Ohno y Shigueo Shigo, llegaron a la conclusión de que la línea de montaje norteamericana no era 100% efectiva, encontraron en el sistema productivo de Ford cantidad contraproducente de desperdicio, sobre producciones, entre otros tipos de factores; por lo que lo tomaron como una oportunidad para mejorarlo. A raíz de esto los ingenieros implementaron el sistema de producción de Toyota en 1950, lo que brindaba principalmente un enfoque en añadir valor al producto terminado, reducir considerablemente los desperdicios, implementar un sistema muy flexible entre

procesos, de tal manera se pueda crear un sistema productivo en el que se pueda crear diversos productos a un bajo costo y de calidad, aplicando una mejora continua y por encima de todo tener satisfecho al cliente.

Ya con el pasar del tiempo, dicho modelo de Toyota generó un impacto positivo dando resultados muy notorios y brindando expectativas grandes en todo el mundo, trayendo como consecuencia el incremento a gran escala de ventas en comparación con otras empresas automovilísticas de aquellos tiempos, es por ello que en 1980 un grupo de investigadores de Massachusetts Institute of Technology (MIT) fueron a Japón a poder investigar sobre este sistema, lo cual fue denominado "Lean Production" y conocido también como "Lean Manufacturing" para después poder ser propagada en todo el mundo.

Figura N° 3. Enfoque Tradicional vs enfoque Lean



Fuente: Juan Felipe Pons Achell.

Hoy en día, el pensamiento "lean" se ha introducido en muchos otros países y en muchos otros sectores. Una organización puede desarrollar ventajas competitivas mediante la adopción del pensamiento ajustado como estrategia innovadora (Meng, 2019, parr.3).

El concepto de "fabricación ajustada" se considera la revolución más importante entre todos los modos de organización organizativa; aportando importantes contribuciones a la empresa, mejorando el rendimiento en términos de

seguridad, tiempo de entrega, calidad coste, mejorando la ergonomía de los puestos de trabajo, las condiciones laborales y la participación de los empleados. Y desde hace bastante tiempo, las empresas de los países desarrollados lo han implantado, y hoy en día está presente incluso en los países menos desarrollados. (Arabi et al. 2021, p.1).

2.2.3. *Lean Production*

Lean Production (Producción ajustada), se define como un sistema de negocio, que fue desarrollado al inicio por Toyota posterior a la Segunda Guerra Mundial, para poder organizar y también gestionar el desarrollo de un determinado producto, que requiere menos esfuerzo de mano de obra, menos capital, menos espacio, y menos tiempo para poder fabricar productos mitigando defectos según los deseos del cliente.

Esta filosofía sugiere que la producción es un flujo de información y/o materiales, desde la materia prima hasta obtener el producto terminado, es considerado que dicho material transformado, es inspeccionado para la espera del siguiente proceso.

Se considera un punto de partida para la implantación de la producción ajustada en el ámbito otras publicaciones importantes de Ohno (1988), Womack, Jones y Roos (1990), Liker (2004) o recientemente Hopp (2018), en el que contribuyeron sin duda a que la gestión ajustada se convirtiera en el método preferido para impulsar la eficiencia operativa, especialmente en la industria del automóvil, donde la presión para reducir los costes y los plazos de entrega, al tiempo que se mejora la calidad es de suma importancia. (Roth, Deuse y Biedermann 2020, p.1).

Paralelamente, la implementación de la producción ajustada como enfoque de gestión para mejorar continuamente el rendimiento operativo de la empresa mediante la participación activa de los empleados ha ganado terreno, llamando la atención en todos los sectores industriales. El (LPS) abarca un enfoque sociotécnico para reducir sistemáticamente los residuos y añadir valor a los clientes (internos o externos) y a las partes interesadas a través del compromiso de las personas. (Tortorella et al. 2020, p.2).

(Alarcón y Fuentes, 2007, p.3), las empresas mediante esta filosofía adoptan una perspectiva de gestión, que busca la mejora continua de los procesos para obtener buenos resultados y que involucra a toda la organización; es decir, todos los niveles que lo integran.

A lo largo de los años, la mayoría de las industrias han aplicado tradicionalmente políticas de empuje en sus sistemas de producción, especialmente en los países no desarrollados. Hoy en día existe una tendencia creciente a aplicar políticas de control que hagan que los sistemas más ágiles sean estudiados a fondo; pero no se han documentado muchas aplicaciones reales de los procedimientos de control/programación. (Paternina-Arboleda, Llinás y Ortiz 2006, p.65).

Cuando se considera la implantación del enfoque Lean en un proyecto de construcción, es necesario alinear al equipo del proyecto con una visión y una estrategia común mediante el desarrollo de una estrategia Lean a nivel de proyecto. Este plan debe desarrollarse de forma colaborativa, utilizando un enfoque holístico y un enfoque sistemático para obtener la máxima ventaja del enfoque Lean. (Bhawani, Messner y Leicht 202, p.18).

(Alarcón et al. 2007, p.4), presenta algunos factores principales, como la condición que se necesita para el cumplimiento de los objetivos en calidad, flexibilidad y productividad que se alinea en la filosofía Lean Production. Los siguientes factores denominados principios de Lean Management se agrupan en función a la incidencia sobre la producción según la siguiente tabla.

Tabla N° 1. Principios de Management

PRINCIPIOS QUE AFECTAN A LA PRODUCCIÓN	PRINCIPIOS QUE AFECTAN AL PRODUCTO
Producción en pequeños lotes (JIT).	Rápida sustitución de modelos de productos.
Mínimo inventario en proceso.	Expansión frecuente de modelos y productos.
Concentración geográfica de plantas de ensamblaje y producción de componentes.	Fases de desarrollo solapadas y comprimidas.
Sistema tipo "pull" y utilización de tarjetas kanban.	Alto nivel de ingeniería en proveedores.
Nivelación de la producción.	Jefe de proyecto de alta representatividad.
Cambio rápido de útiles.	Continuidad en equipos de diseño y dirección.
Racionalización de maquinaria y líneas.	Riguroso plan de ingeniería y disciplina de trabajo.
Estandarización del trabajo.	Sistemas de comunicación adecuados.
Dispositivos automáticos a prueba de errores.	Uso experto de diseño de útiles asistido por ordenador.
Trabajadores multidisciplinares.	Mejora continua incremental del producto.
Alto nivel de subcontratación.	
Uso selectivo de automatización,	
Proceso continuo de mejora incremental.	

Frente a estos principios mencionados en la tabla anterior, otros autores se basan a un menor número de aspectos para definir los principios de Lean Production. Como lo menciona.

- Identificar, suprimir funciones y procesos que no son necesarios.
- Reducir el costo de estructura para una mejoría en la comunicación reduciendo la burocracia.
- Aminorar diseño y los ciclos de fabricación.
- Optimizar considerablemente la calidad.
- Incluir asiduamente modelos nuevos.
- Aumentar en gran medida la flexibilidad.
- Mejorar, continuamente la interacción con el mundo exterior.

El modelo de flujo de procesos, tiene como propósito eliminar los desperdicios y como consecuencia minimizar las pérdidas y plazos de ejecución de las actividades, por consiguiente, se representa en el siguiente gráfico:

Figura N° 4. *Lean Production - Modelo de flujo de producción.*



Fuente: Koskela 1992.

De la imagen anterior, se observa la variabilidad entre los procesos de producción, interfiriendo el proceso como el transporte, espera, entre otros.

Por tal motivo que existen los principios de Lean Production como se mencionan en la Tabla 01, todo ello para reducir aquello que no genera valor al producto final.

Para tener éxito con la implantación de un programa lean en una empresa, los directivos deben comprometerse e implicarse en las actividades de

implantación. Este liderazgo activo debe mantenerse -e incluso intensificarse- a medida que avanza la implantación. El desarrollo de los conocimientos y la competencia en materia de Lean mediante la educación y la formación continuas, tanto para los directivos como para los empleados, es fundamental para el éxito. (Economics 2015, p.11.).

2.2.3.1. Definición de Muda o Desperdicio

De acuerdo a la filosofía Lean, aquello que no es valor para el cliente es desperdicio o muda que tiende a poder ser minimizado o eliminado. La palabra “Muda” es de origen japonés que tiene como significado “desperdicio”, es decir toda actividad humana realizada que usa recursos, pero no crea valor alguno. Asimismo, se diferencian los tipos de desperdicios de la siguiente manera:

- **Sobreproducción:** Es aquella producción de mayores cantidades de las que se requiere o que se realiza antes de lo necesario. Por ejemplo, planos adicionales que no son esenciales, son pocos prácticos o que contienen detalles de manera excesiva, como otro ejemplo tenemos la adquisición y uso de equipamiento muy sofisticado para lo que se necesita, pudiendo hacer uso de equipos más simples que serían suficiente para obtener la calidad que se espera.
- **Tiempo de espera o de inactividad:** Son aquellas interrupciones de trabajo, tiempo de espera o tiempo de inactividad que se genera debido a diversos factores; falta de información, planos, especificaciones, aprobación, órdenes, equipos, materiales, algún área de trabajo inaccesible, demora en resultados de laboratorio, financiamiento, escasez de equipos, repetición de trabajos a causa de revisiones o cambios de diseño, etc.
- **Transporte innecesario:** Esto es referente al transporte innecesario relacionado con el movimiento de recursos como datos, materiales, en la obra. Generalmente esto está relacionado a la distribución incorrecta y a la falta de planificación de flujo de información y materiales; trayendo como consecuencia la pérdida de tiempo de trabajos, pérdidas de espacio, pérdida de energía, y la

probabilidad de que haya más desperdicios de materiales a la hora de transportar innecesariamente.

- **Sobre proceso:** Son procesos adicionales o instalación de aquellos elementos que generan el uso excesivo equipos, materia prima, energía, etc. Como por ejemplo la monitorización y control excesivo de los trabajos.

- **Exceso de Inventario:** Son los inventarios innecesarios, excesivos o realizados antes de tiempo que traen como consecuencia posibles pérdidas de material ya sea por deterioro, robo, vandalismo, pérdidas por condiciones inadecuadas del stock en obra, costes financieros por la adquisición anticipada, etc.

- **Movimientos innecesarios:** Nos referimos a aquellos Movimientos innecesarios o ineficientes que son realizados por los trabajadores durante su trabajo que puede ser originado por el uso de equipo inadecuado, mal acondicionamiento del lugar a trabajar. Trayendo como consecuencia pérdida de tiempo y bajas laborales.

- **Defectos de calidad:** Existen muchos defectos de calidad como errores en el diseño, los planos, mediciones, incompatibilidad entre diferentes especialidades de los planos, incorrectos métodos de trabajos, mano de obra no calificada, repeticiones de los trabajos y la insatisfacción del cliente.

- **Talento desaprovechado:** Una de las consecuencias principales del talento desaprovechado es que se pierden ideas, tiempo, aptitudes, mejoras y sobre todo oportunidades de aprendizaje y de conseguir altos rendimientos a raíz de no motivar o escuchar a los empleados y por contar con mano de obra poco calificada, poco informada, con falta de motivación y estímulos para la mejora continua y la resolución de los problemas que se presenten.

Figura N° 5. Los 7+1 desperdicios principales.



Fuente: Chung & Tong Ingenieros.

2.2.3.2. Los principios Lean.

La filosofía Lean tiene 5 principios básicos que fueron establecidos por Womack y Jones en 1996. Por otra parte, tenemos a Liker (2006), quién definió los 14 principios del Sistema de Producción Toyota. A continuación, describiremos los 5 principios básicos de la filosofía Lean, más transparencia y la capacitación:

Tabla N° 2. Los 5 principios básicos de la filosofía Lean.

PRINCIPIOS LEAN	CARACTERISTICA
1. Valor	Crear valor para el cliente, entender la necesidad del cliente.
2. Flujo de valor	Identificar la cadena de valor, que son las actividades necesarias para la transformación de materiales e información en su servicio terminado.
3. Flujo	Hacer que fluyan las operaciones creadoras de valor que quedan.
4. Sistema Pull	Crear un sistema de control de producción que busca eliminar el exceso de inventario y sobreproducción.
5. Perfección	Proceso que proporciona puro valor tal y como lo exige el cliente.

Fuente: Chung & Tong Ingenieros.

2.2.4. Lean Construction.

Filosofía que aporta otra perspectiva al pensamiento convencional de trabajo en el sector de la construcción a través de métodos de gestión que tienen la característica de ser innovadoras, argumentado en análisis de pérdidas, planificando la ejecución de partidas con el propósito de mejorar considerablemente la producción en la obra de construcción, mitigando en lo posible actividades que no añaden valor al resultado final del proyecto (López et al. 2017, p.5).

Según (Giovanny, Alberto y Yerson, 2017, p.48), si se aplica los principios de Lean construction es posible reducir las pérdidas debidas a una mala planificación y aumentar la seguridad y la calidad de la planificación de la construcción.

La filosofía “lean construction” adopta el enfoque de “lean production”, en el cual se producen variaciones en el desarrollo de adaptación, ya que, el enfoque de lean production está ligado al sector de manufacturación y/o sector industrial.

La aplicación de esta metodología debe ser afrontada desde dos diferentes enfoques pero inseparables, el cualitativo que establece objetivos y principios a partir de las falencias detectadas en los modelos convencionales y el otro enfoque cuantitativo mediante la programación óptima de la producción (Ponz, Benlloch, romano y Senabre, 2011,p.93).

Lean construcción busca ser implementado de forma sustancial en las obras de construcción como: edificaciones, carreteras, saneamiento, entre otras; donde pretende maximizar el valor agregado del producto y minimizar los desperdicios.

Al referirse del término “Valor”, se entiende que, son todos los procesos definidos por el cliente y generados por el constructor-Contratista; de tal manera la perdida es toda aquella actividad que tiene un costo, pero no agrega valor al producto. Sin embargo, es importante diferenciar las siguientes actividades:

- Actividad Productiva: aquellas que tienen valor agregado y que se encuentran en cambios según requiera el cliente. Ejemplo: vaciado de alguna estructura de concreto armado.
- Actividad Contributaria: aquellas que no tienen valor agregado y representan perdidas necesarias que se encuentran dentro del proceso. Ejemplo:

Charlas de Seguridad.

- Actividad No Contributoria: aquellas que no tienen valor agregado y que representan solo perdida, ya que consumen recursos y tienen un costo sin valor agregado que no aporta al producto terminado.

Se ha comprobado que el tiempo, el coste y la calidad se ven influidos de forma significativa por la construcción ajustada. En comparación con los resultados de tiempo y calidad, la construcción ajustada tiene un mayor impacto en los resultados de costes. Sin duda, la aplicación de los principios de los principios lean desempeña un papel fundamental en la mejora de los resultados del proyecto y en el éxito del mismo (Meng, 2019, p.7).

Figura N° 6. Círculo de la improductividad de una empresa.



Fuente: Juan Felipe Pons Achell

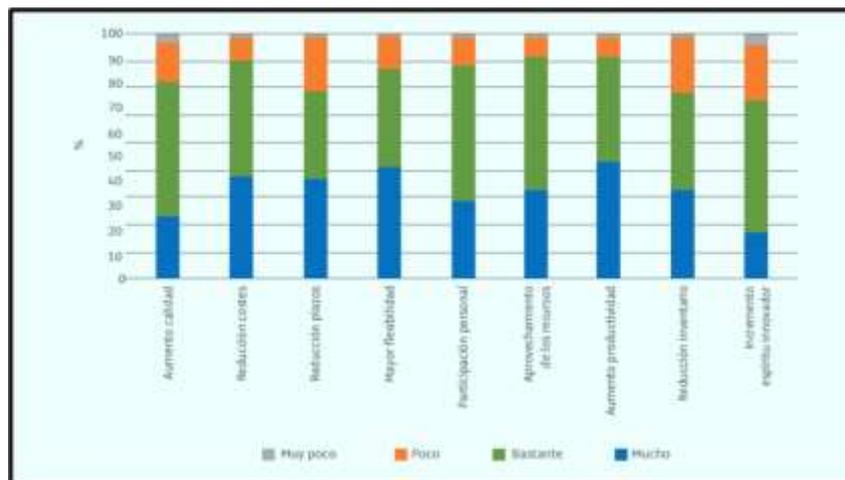
Esta filosofía está enfocada en la reducción de desperdicios, mejoría y aumento de productividad y mejora el ámbito en la salud ocupacional en obra, ya que la prevención de riesgos, tipos de accidentes y seguridad del trabajador también es considerada en gran medida dentro de la implementación de esta filosofía.

El coste y el calendario de los proyectos de construcción son difíciles de predecir con exactitud debido a la complejidad de los procedimientos y la presencia de diversas variables inciertas a lo largo de un proyecto. En consecuencia, la previsión y la visión de las medidas de rendimiento del coste y el calendario del

proyecto son complicados incluso para los expertos y profesionales de la construcción. Por ello, muchos investigadores han intentado de encontrar y recomendar los factores que pueden influir en el coste y el calendario del proyecto, (Nguyen y Akhavian 2019, p.1).

Para este proceso, la metodología "lean" busca la reducción de los "desperdicios", comúnmente en siete categorías: La sobreproducción, el tiempo de espera, el transporte, el exceso de procedimientos, el inventario, movimientos, defectos y la no contribución del operario en la obtención de ideas que puedan mejorar los procesos. Como puede verse, estos residuos producidos en la industria manufacturera son fácilmente extrapolables al sector de la construcción, ya que el proceso de construcción se considera un proceso industrial o proceso productivo (Awad y Fra, 2021, p.1).

Figura N° 7. Beneficios obtenidos con la implantación Lean



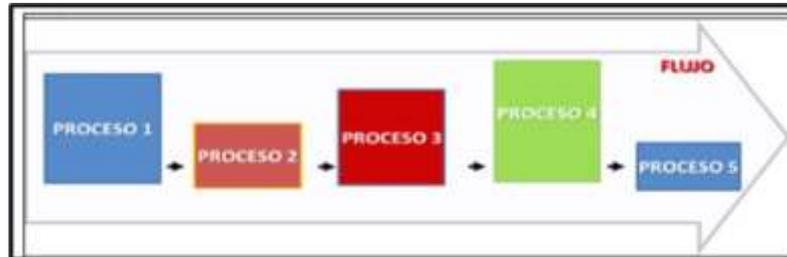
Fuente: Juan Felipe Pons Achell

La finalidad de esta filosofía es obtener un diseño de producción que sea practica y sencilla, de tal forma que se pueda cumplir con los plazos, niveles de productividad elevados y calidad; por lo que se mencionaran los siguientes puntos que deben tomarse en cuenta:

- **Asegurar que los flujos no paren:** Da a entender que la ejecución de las actividades sea continua, la finalidad de esta etapa es que la

ejecución de dichas actividades o partidas no deben parar y que los desperdicios tengan que minimizarse o eliminarse en gran magnitud.

Figura N° 8. Flujos sucesivos



Fuente: Collachagua

El trabajo de los controles del proyecto consiste en establecer objetivos de costes y plazos en de acuerdo con el alcance del proyecto, y supervisar el progreso hacia esos objetivos. Por el contrario, el trabajo del control de la producción es dirigir los objetivos; hacer lo que se puede hacer para avanzar por el camino previsto y, cuando eso sea imposible, buscar una forma alternativa de alcanzar los objetivos. Ambas cosas son necesarias. Son las dos caras de una moneda. El control del proyecto sin el control de la producción es como conducir mirando por el espejo retrovisor. El control de la producción sin control de proyectos es como conducir sin destino y sin conocer la distancia restante o el combustible (Ballard y Tommelein, 2021, p.56).

2.2.5. Last Planner System (LPS) o sistema del último planificador.

Es una herramienta de planificación, que está diseñado para poder llevar un control de la productividad de la obra de construcción, tomando como base en la filosofía de Lean construction.

(Power, Sinnott y Lynch 2021, p.153), indica que la presencia del facilitador LPS parece mejorar sustancialmente el éxito del proyecto, ya que contribuyó positivamente al aumento de la PPC, a un flujo de trabajo más fluido y a una mayor productividad. Los patrocinadores del proyecto (clientes y propietarios) deben mostrar un apoyo visible y compromiso con el proceso LPS.

Las herramientas como el Lookahead planning, Master plan, Porcentaje de plan de cumplimiento (PPC), análisis de restricciones, análisis de causa y raíz se diseñaron con el objetivo de disminuir considerablemente esta variabilidad que se presenta en los proyectos de construcción para poder incrementar la parte productiva, así como el nivel de confiabilidad en dicha programación. De esta manera la función principal del sistema Last Planner se describe en la siguiente figura.

Figura N° 9. Sistema Last Planner



Fuente: Ballard G.

En la construcción, el LPS se basa en las tareas (establece una secuencia de tareas y luego mide el compromiso del equipo de producción para completar las tareas, tirando hacia atrás desde un LPS 2.0 en diseño reconoce que esto no funciona para el diseño debido a la naturaleza no secuencial/iterativa del diseño y en la fase de ideación redefine el proceso para ser un proceso basado en resultados. Un proceso basado en resultados es un proceso cíclico de combinar y reducir los objetivos del subsistema. Aunque el objetivo es encontrar la respuesta correcta, es fundamental formular las preguntas adecuadas (Chiu y Cousins, 2020, p.88).

Este sistema no consiste únicamente en obtener un nivel de planificación detallado, en comparación con la planificación convencional que define un nivel de planificación macro, en este no existe un porcentaje alto de incertidumbre por cumplir con las fechas establecidas en la programación, ya que este permite obtener niveles de planificación tomando en cuenta colchones de producción por si se presenta casos fortuitos o se paralicen actividades por causa de fuerza mayor,

minimizando la variabilidad del proyecto de obra logrando cumplir con los hitos planificados.

La introducción del LPS requiere un cambio cultural y la consiguiente educación y formación en materia de LC y LPS ayudaría a integrar la "mentalidad Lean" en los participantes del proyecto, lo que permitiría una implementación más completa de las herramientas de LC como LPS y TVD.(Power y Taylor 2019, p.13).

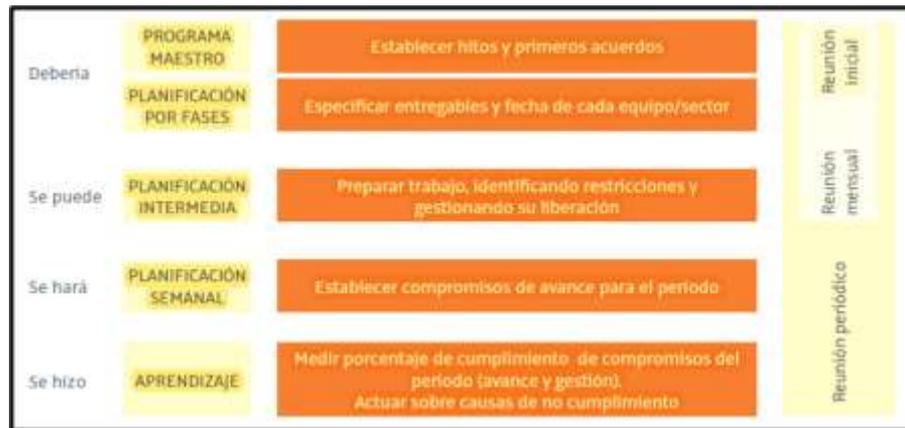
Figura N° 10. Procedimiento del Sistema Last Planner



Fuente: Juan Felipe Pons Achell

Según (Power, Sinnott y Lynch, 2021, p.142), la presencia del facilitador LPS parece mejorar sustancialmente el éxito de un proyecto, ya que introducir una estructura LPS semanal, garantiza la aplicación de todo el conjunto de funciones de planificación y control de la producción LPS, y contribuye positivamente al aumento de la PPC, a un flujo de trabajo más fluido y a una mayor productividad.

Figura N° 11. Cuadro de resumen del Sistema Last Planner



Fuente: Juan Felipe Pons Achell

En la siguiente figura se esquematiza las siguientes fases, los que más adelante serán explicados a detalle:

Dentro de las herramientas para la implementación del sistema Last Planner en una obra de construcción, tenemos las siguientes:

2.2.5.1. Planificación a largo plazo: Gestionando el “DEBERÍA”

En esta etapa de planificación a largo plazo es cuando definiremos el “debe”, quiere decir, qué es lo que debiera ocurrir en el proyecto. Esta etapa se divide en 2 subetapas:

2.2.5.1.1. Planificación Maestra o Master Plan

Es aquella herramienta que se aplica a través de los trenes de trabajo; consiste en la programación de actividades y/o partidas a ejecutar a ritmo continuo por las cuadrillas, similar al metrado de rendimiento diario, esto fomenta una mejora en la producción en la curva de aprendizaje.

En esta etapa la finalidad es dejar en claro el alcance y todas las expectativas del proyecto, así como los hitos más importantes. Es vital asegurar que el equipo de trabajo mantenga una misma comprensión de lo que se hará, alineando intereses y las necesidades.

Algunos de componentes que se tienen que tomar en cuenta en el programa maestro son las siguientes:

- Definición del objetivo.
- Definición de la estructura organizacional del proyecto.
- Los análisis de riesgos.
- La estrategia de trabajo que se aplicará.
- La identificación de los recursos críticos tanto materiales, equipos y mano de obra.
- La identificación de los hitos.
- La programación general de la obra; es decir las secuencias de actividades principales, las duraciones reales, etc.)
- Costo de las actividades.
- Etc.

Figura N° 12. Sesión de planificación a largo plazo – Plan maestro.

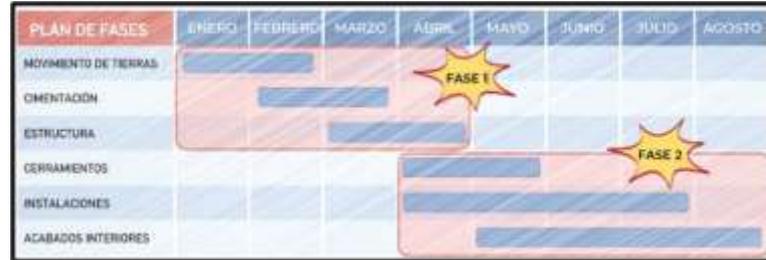


Fuente: Juan Felipe Pons & Iván Rubio.

2.2.5.1.2. Planificación de Fases

La finalidad de esta etapa es validar y definir el trabajo que se va a realizar para poder cumplir con cada fase del proyecto. Por eso, es fundamental que todos los responsables de cada partida y áreas del proyecto se entiendan y alineen los objetivos y las estrategias que se van a ejecutar de acuerdo a lo planificado. Al culminar esta etapa se va tener un plan de trabajo comprometido y consensuado en que adicionalmente se va identificar las restricciones con mas incidencias o restricciones estructurales del proyecto.

Figura N° 13. Ejemplo de Plan de Fases de un proyecto.



Fuente: Juan Felipe Pons & Iván Rubio.

2.2.5.2. Planificación a Medio Plazo: Gestionando el “SE PUEDE”

Para el control de la planificación a Medio Plazo encontramos las siguientes herramientas:

2.2.5.2.1. Look Ahead

Es aquella herramienta aplicada en el sistema Last Planner, que tiene el objetivo de planificar a nivel intermedio, es decir, realizar una proyección del desarrollo de actividades en las semanas próximas. Esta planificación busca proyectar las actividades, el uso de recursos necesarios, procesos a desarrollar y la detección de restricciones de actividades que no se puedan ejecutar. De tal manera, para este tipo de planificación se debe involucrar a todos los que integran el proyecto (maestros de obras, capataces, subcontratistas, ingenieros de campo, ingenieros de calidad, entre otros); con la finalidad de determinar mediante reuniones programadas de producción, el plan a futuro, para de esta forma alertar con el requerimiento de recursos.

La planificación a Medio Plazo (**Look Ahead Plan**) es en realidad un plan de producción en el que se puede identificar cada tarea en específico que tiene la necesidad de ser completada. Nos permite mantener el control de un plan realizable en el medio plazo, en donde se identificará nuevas restricciones y las condiciones que son necesarias para que dichas tareas puedan ser ejecutadas en dicho plazo.

Figura N° 14. Semana de la planificación Look Ahead.



Fuente: Ballard G.

Esta herramienta es uno de los elementos del Last Planner que consiste en realizar una planificación a corto-medio plazo, que se extrae de la pull sesión o Plan Hitos, que puede identificar todas las actividades que se realizarán en las próximas 4 a 8 semanas por lo que idealmente sería a 6 semanas. Este plan se actualiza cada semana siempre que se vaya identificando nuevas actividades para las siguientes 6 semanas, de tal manera que todo el equipo que dirige el proyecto pueda efectuar las medidas o correcciones pertinentes que puedan asegurar que dicho trabajo estará listo libre de restricciones para llevarse a cabo en la semana indicada.

El Lookahead tiene que estar bien claro para todos los participantes involucrados, ya que deberán comprometerse y responsabilizarse de cada actividad que se les encomienda se deban cumplir en los plazos establecidos. Por eso es necesario identificar todas las restricciones que se puedan eliminar con la finalidad de que estas actividades se ejecuten sin ningún inconveniente (Brioso, 2017, p.25)

Esta herramienta es realmente una planificación de producción en el que se identificara cada tarea concreta que es necesario ser completada y las asignaciones con otras tareas. En esta parte es donde se gestiona el conocido "PUEDE" o en la que se "prepara el trabajo". Esto nos permite mantener controlado un plan de trabajo que se pueda realizar en el medio plazo, identificando nuevas restricciones y nuevas condiciones que serán necesarias para que esas tareas puedan ser ejecutadas realmente en el plazo que ya se había previsto.



Fuente: Juan Felipe Pons & Iván Rubio.

2.2.5.2.3. Análisis de restricciones.

La finalidad de esta herramienta es la de analizar todas las condiciones que sean necesarias para que dicha actividad pueda ejecutarse, de tal manera se pueda identificar cuáles son aquellas restricciones que impidan poder concretarla.

Según (Hinostraza y Manosalva 2015, p.34), indica que el objetivo principal es eliminar las restricciones de la organización propia de la naturaleza de dicha producción, por ejemplo: la reducción del tiempo de transporte para provisión de los materiales o el almacenaje de las herramientas próximas al lugar de construcción, etc.

Para esto, cada participante que participarán en las reuniones de la planificación deben ser los responsables de las cuadrillas que van a ejecutar, ya que son las personas que mejor conocen la realidad de lo que pasa con sus equipos.

Cada restricción deberá ser incorporada en la Lista o en el registro de restricciones, lo cual permita el seguimiento del estado de las tareas planificadas, es recomendable que la tabla contenga la siguiente información como mínima:

- Identificación (ID).
- Descripción.

- Acción o compromiso.
- El responsable de la liberación.
- Fecha comprometida para liberar la restricción.
- Fecha en el que se identifica la restricción.
- Fecha real de liberación.

Figura N° 17. Ejemplo de Plantilla para análisis de restricciones

LISTADO DE RESTRICCIONES									
OBRA:					FECHA CONTROL:				
ID	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN/PROBLEMA	IMPACTO / ACTIVIDAD QUE SE VE AFECTADA	ACCIÓN	Prioridad	RESPONSABLE DE LIBERARLA		FECHA COMPROMISO	FECHA REAL LIBERACIÓN	ABIERTA / CERRADA
					EMPRESA	PERSONA			
01	Urbanación zona piscina. Aunba/DF/Beta konkret (P111)	Invasión de zonas con riesgo de caída de objetos.	La dirección facultativa pactará con los vecinos como acomodar con la urbanación y se marcará fecha de entrega de su zona.				15-ago.	20-ju.	CERRADA
02	Barandilla est. F110 esc. 3 Cabezas. Disponibilidad/entrega de plataformas de descarga.	Imposibilidad de realización.	Se avanzará todo lo posible a falta de colocar la barandilla donde este la plataforma.				22-ago.	22-ago.	CERRADA
03	No tenemos definido el color de la carpintera de alumnio y por lo tanto no podemos realizar el pedido.	Imposibilidad de realizar el pedido del alumnio y de poder planificar esta actividad.	Solicitar a la Dirección Facultativa y al arropieria la referencia de color del alumnio.				27-ago.	13-ago.	ABIERTA
04									
05									

Fuente: Juan Felipe Pons & Iván Rubio.

2.2.5.3. Planificación a corto Plazo: Gestionando el “SE HARÁ”

En esta etapa del plan a corto plazo es cuando los últimos planificadores asumen compromisos de avance en obra, quiere decir cuando se comprometen con metas específicas en tareas productivas.

Para el control de la planificación a corto Plazo encontramos las siguientes herramientas:

2.2.5.3.1. Plan Semanal

Para una gestión efectiva, se recomienda hacer uso de formatos que dejen claro el plan a corto plazo comprometido con el equipo. En el siguiente formato se debe tener en cuenta al menos:

- Actividad a ejecutar.
- Responsable de la actividad.
- Compromiso – cantidad o porcentaje.

- Avance Real.
- Diagrama de Gantt (Si es necesario).

Figura N° 18. Ejemplo de Plan semanal o corto plazo

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

Fuente: Juan Felipe Pons & Iván Rubio.

2.2.5.3.2. PPC (Porcentaje de Plan Completado)

Es una herramienta que tiene la finalidad de poder controlar y medir el porcentaje de efectividad de la programación utilizando el indicador denominado como PPC, asimismo se debe realizar un análisis indicando las razones del por qué no se cumplió con las actividades planificadas, no ejecutadas o retrasadas.

El porcentaje de actividades completadas mejora cuanto más se apliquen los procesos de trabajo semanales; cuanto más se apliquen los procesos, mayor será el porcentaje de actividades completadas; Todos los jefes de proyecto, supervisores y contratistas deben tener un papel proactivo en el control del desarrollo del proyecto; todos ellos deben analizar las razones por las que el trabajo no se ha completado e identificar los prerrequisitos básicos y/o las herramientas necesarias para completar una actividad (Nieto-Morote y Ruz-Vila 2012, p.293).

Figura N° 19. Ejemplo del indicador del PPC.



Fuente: Juan Felipe Pons & Iván Rubio.

Se tienen en consideración la Causa Raíz de dicho problema para poder aplicar la medida de corrección para mejorar las siguientes actividades de las próximas semanas y poder tener una mejora continua. Esto a través de reuniones semanales que se van analizando el ratio de elementos cumplidos en comparación con los elementos planificados.

Figura N° 20. Porcentaje de Plan Completado (PPC)

$$PPC (\%) = \frac{N^{\circ} DE TAREAS COMPROMETIDAS COMPLETADAS}{N^{\circ} TOTAL DE TAREAS COMPROMETIDAS PLANIFICADAS} \times 100$$

Fuente: Rubio 2019

2.2.5.3.3. Causas de No cumplimientos (CNC)

Cuando ya pasa el tiempo de plazo corto comprometido y se analiza el cumplimiento para dichos compromisos, por cada compromiso que no se haya finalizado al 100% se debe hacer un análisis para identificar cual fue la causa raíz de no haber podido cumplir con dicha actividad. El objetivo de este análisis no es buscar culpables si no encontrar la respuesta al por qué no se pudo ejecutar lo planificado, de esta manera se podrán tomar acciones correctivas en base a lo identificado.

2.2.5.3.4. La reunión semanal de planificación

Un punto importante en esta aplicación del sistema last planner son las reuniones de planificación que generalmente son semanales. En esta etapa es donde se reúnen los últimos planificadores que evaluarán el desempeño del anterior

periodo, poder analizar tanto el periodo a medio plazo y comprometer y validar dicho plan que será ejecutado para la semana que sigue.

Según (A. Constanza, 2017, p.41) indica que la asistencia del personal involucrado a estas reuniones es de carácter obligatorio, ya que esto hará que todos tengan conocimiento de las tareas que se programan y tendrían la oportunidad de exponer cualquier inconveniente que se pueda presentar.

En esta etapa es fundamental la participación de los últimos planificadores. En caso de que uno de ellos no pueda ser participe, tendrá que enviar a alguien que lo represente (que generalmente podría ser otro participante) con la información necesaria para poder dar cuenta de los compromisos que ya se han adquirido en la anterior reunión y pueda asumir compromisos para el periodo próximo.

Figura N° 21. Rutina de la reunión semanal del LPS - Ejemplo

Rutina para reunión SEMANAL de LPS	
 <p>DURACIÓN: 30 - 90 minutos. FRECUENCIA: Semanal DÍA: Jueves, Viernes o Lunes mañana. HORA: 10:00 de la mañana. LUGAR: En la obra o local próximo.</p>	<p>PARTICIPANTES</p> <p>Quién lidera la reunión: Jefe de obra (en su ausencia un encargado). O un facilitador experimentado las primeras veces. Asistentes a la reunión: Con carácter general los responsables de las tareas (subcontratistas o industriales), y siempre que sea posible, el equipo de gestión de proyecto: DF, Propietario, etc.</p>
<p>OBJETIVOS / ORDEN DEL DÍA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluar la cantidad real de trabajo realizado frente a lo planificado (PPC). 2. Analizar la causa raíz de las NO Conformidades. 3. Tomar acciones para mitigar las "Razones de No Cumplimiento". 4. Actualizar el Plan Intermedio. Qué actividades nuevas entran en el Plan. 5. Actualizar listado de restricciones. 6. Actualizar cronograma y nueva fecha de terminación. 7. Promover nuevas acciones de mejora para recuperar o adelantar el plan. 8. Determinar nuevo Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE). 9. Definir plan de producción para la siguiente semana. 10. Actualizar el Plan de Acción y diagrama de Pareto. 11. Revisión de indicadores generales de la obra (avance parcial y general, seguridad, calidad, etc.). 	<p>HERRAMIENTAS Y PLANTILLAS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Software de Planificación. 2. Visualizador BIM 3. Plantillas en Excel: plan de acción, rutinas, indicadores clave, restricciones, Pareto de razones de no cumplimiento, etc.
<p>ENTRADAS:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lista de los Problemas inmediatos. 2. Estado actual de la situación. <p>SALIDAS:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Compromiso de la gente. 2. Actualización de la lista de los Problemas inmediatos. 3. Actualización de la planificación a corto, medio y largo plazo. 	<p>COMPORTAMIENTOS Y ACTITUD ESPERADOS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cada subcontratista escribirá sus propias tarjetas según el estándar facilitado, y las colocará en el panel. 2. No conversaciones Paralelas. No interrumpiré. 3. Pediré mi turno y daré comentarios constructivos. 4. No uso de móviles ni otro tipo de distracciones. 5. Me involucraré, apoyaré a mi equipo y me abriré a nuevas ideas. 6. Analizaré la causa raíz y pensaré en el plan de recuperación. 7. Reconoceré y celebraré el éxito con los miembros del equipo. 8. Pediré ayuda si no puedo solucionar un problema o no puedo cumplir con el plan. 9. Haré frente a cualquier problema relacionado con el rendimiento, plazos de entrega, recursos disponibles, etc. 10. Que cada participante prepare la información con anticipación.

Fuente: Rubio 2019

2.3. Definiciones y Términos básicos

Sera necesario conocer los términos básicos que serán utilizados en la implementación del Sistema Last Planner en la obra IEPSM N° 60623 Máximo Alvarado Romero.

Cronograma

Representación gráfica de actividades.

Just in Time

Herramienta del Sistema Last Planner en donde se requiere la llegada de los recursos en el tiempo exacto de acuerdo a lo planificado.

LookAhead Planning

Herramienta del Sistema Last Planner en donde se realiza una planificación a 4-6 semanas en la ejecución de actividades. Se actualiza en las reuniones semanales.

Lean Construction

Término también conocido como “construcción sin pérdidas” en donde se busca optimizar los recursos en la ejecución de la obra.

Porcentaje de Plan de Cumplimiento (PPC)

Herramienta del Sistema Last Planner, que sirve de medición de las actividades que fueron planificadas para su cumplimiento.

Valor

Se refiere a lo que ayude al cliente a obtener una mejora del producto que este adquiriendo.

Perdidas

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

Esperas

Se refiere en cada parada del producto o personas.

Movimientos

Se refiere al movimiento de material o información que será necesario llevar a cabo en alguna operación.

Trabajos Rehechos

Son denominados errores en el proceso, producto o servicio y deberán ser ejecutados nuevamente

Actividades de Valor Agregado

Aquellas actividades que aportan en la elaboración del producto.

Actividades que no agregan Valor – Actividad Contributoria

Aquellas actividades que no generan valor al producto, pero son necesarias para su desarrollo.

Actividades que no agregan valor – Actividad No contributoria

Aquellas actividades que no generan valor al producto, ni es necesario en la elaboración.

Sobrepocesamiento

Producir sobre los limites requeridos y/o realizar pasos innecesarios de producción.

Esfuerzos

Se refiere a movimiento de personas e incluye viajes que no necesariamente sean actividades productivas.

Pull

Termino también interpretado como “Jalar” en donde se refiere a producir la cantidad necesarias en el momento preciso y por primera vez.

Diseño de Operaciones

Plan detallado de cómo realizarse una labor específica, desarrollado de manera colaborativa por todos involucrados. Generalmente, se involucran diagramas de proceso y diagramas de dimensionamiento de áreas de trabajo. Así también se generan tablas de balance de personal.

Lote de Produccion

Cantidad total de productos terminados por una actividad en un sector y que luego pasan a una siguiente actividad.

Reunión Semanal de Producción

Es la actividad donde se desarrolla el LookAhead Planning y se construye con el análisis de restricciones y demás compromisos que adquieren los involucrados.

Indicador de Confiabilidad ITE - PPC

Es la relación de porcentaje de trabajos realizados y trabajos programados del plan semanal de producción; cuyo objetivo es obtener conocimiento del nivel de cumplimiento de las actividades y en caso de encontrarse incumplimientos se realice las acciones correctivas para la siguiente semana.

III. METODOLOGÍA

La metodología empleada en la investigación tiene un enfoque **cuantitativo**, ya que los resultados obtenidos podrán medirse en base a cifras estadísticas de forma sucesiva y comprobante, dichos resultados nos van a permitir mejorar el nivel de planificación del proyecto. Como menciona (Binda y Benavent 2013, p.186), la investigación cuantitativa se usa cuando se busca dar una explicación a fenómenos de causa y efecto. Ya que este enfoque requiere procedimientos ya estructurados de investigación, con la finalidad de ratificar o negar teorías a consecuencia de los resultados obtenidos, con los que se obtienen conclusiones en base a datos estadísticos. Su aplicación es de preferencia cuando ya existe la teoría suficiente, que permitan analizar y cuantificar de forma concreta.

3.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

3.1.1. *Tipo de Investigación*

El presente proyecto se califica como una **Investigación aplicada**. Según (Vargas, 2009, p.159), Esta investigación se singulariza porque se requiere la aplicación o uso de conocimientos que ya se han adquirido, a la vez que se van adquiriendo otros, después de implementar y sistematizar las prácticas basadas en la investigación, lo que da como resultado una manera organizada, rigurosa y sistemática de conocer la realidad.

3.1.2. *Nivel de Investigación.*

El presente proyecto constituye una **investigación descriptiva**. Los estudios descriptivos tienen la finalidad de desarrollar una leal representación (descripción) de dicho fenómeno investigado tomando en cuenta sus características. Se miden conceptos o variables con la finalidad de especificar las propiedades importantes del fenómeno bajo un análisis.

3.1.3. *Diseño de Investigación.*

El siguiente diseño para este proyecto es **No experimental**, según (Agudelo,

Aigner y Ruiz, 2008, p.39)., “La investigación no experimental es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, es investigación donde no hacemos variar intencionalmente las variables independientes”.

3.1.4. *Tiempo de Investigación.*

La clasificación del diseño no experimental para este proyecto de investigación corresponde al **Diseño Transversal**, de acuerdo con (Agudelo et al. 2008, p.41), indica que el diseño transversal son diseños de investigación en el que se reúne datos en un momento único, dado en un determinado tiempo establecido. El objetivo es describir las características, variables, analizando su incidencia en el momento efectuado.

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. *Identificación de variables*

Se plantearon las siguientes variables:

3.2.1.1. **Variable dependiente**

Tomaremos como variable dependiente a nuestra planificación de la obra Máximo Alvarado Romero – Loreto, específicamente de las partidas correspondientes a la especialidad de Estructura: (Excavación, relleno y compactación, Acero y mortero en zapatas, mortero en cimiento corrido, acero, encofrado y mortero en vigas de cimentación de los módulos A, B y C) debido que sobre ella se va a evaluar los resultados y efectos de este proyecto de investigación a través de la integración del LPS.

Tabla N° 3. Variable dependiente - Operacionalización

Variable	Indicadores	Indices	Instrumentos
Planificación De la obra Máximo Alvarado Romero	Mano de Obra	Movimiento de Tierra	Formatos
		Estructura de Mortero simple	
		Estructura de mortero armado.	
	Materiales	Cemento, madera, acero, arena.	Formatos
		Equipos de protección personal	
		Equipos y herramientas	
	Ratios de Productividad	Plan de mejora de productividad-Implementación.	Formatos
		Cálculo y medición de ratios durante ejecución.	

Medición de ratios después de implementar plan.

Fuente: Elaboración Propia del Proyecto.

3.3. Población y muestra de investigación

3.3.1. Población de estudio

Según (Gómez, Keever y Novales, 2016, p.3), define a la población: “Es un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de muestra que cumple con una serie de criterios predeterminados”.

En consecuencia, este presente proyecto de investigación tomó como población al proyecto de construcción de la Institución Educativa Máximo Alvarado Romero – Loreto.

Tabla N° 4. Población del Proyecto General.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	MONTO EN SOLES SIN IGV
“Mejoramiento de la IEPSM N° 60623 Máximo Alvarado Romero de la Localidad de Bagazán del distrito de Saquena – Provincia de Requena- Departamento de Loreto”	S/. 8'281,631.99

Fuente: Expediente técnico de obra.

3.3.2. Muestra de estudio

La muestra estuvo conformada por el personal operativo, staff técnico de obra, operarios, oficiales, personal logístico; quienes estuvieron involucrados directa e indirectamente en la ejecución de las partidas correspondientes a la especialidad de Estructura: (Excavación, relleno y compactación, solado, Zapatas, cimiento corrido y vigas de cimentación de los módulos A, B y C) durante un determinado periodo.

Tabla N° 5. Muestra del proyecto.

MODULOS A, B Y C.	MONTO EN SOLES SIN IGV
TRABAJOS PRELIMINARES	S/. 5,389.86
MOVIMIENTO DE TIERRA	S/. 69,221.62
OBRAS DE MORTERO SIMPLE	S/. 28,702.91
OBRAS DE MORTERO ARMADO	S/. 292,454.22
TOTAL	S/. 395,468.61

Fuente: Expediente técnico de obra.

Tabla N° 6. Presupuesto y metrados de los módulos A, B y C.

PRESUPUESTO DE PARTIDAS DE CIMENTACIÓN DE LOS MÓDULOS A, B Y C							
		MOD.A	MOD.B	MOD.C	METRADO TOTAL	P.U.	P.TOTAL
TRABAJOS PRELIMINARES							S/5,389.86
TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO	m2	323.47	336.22	470.26	1129.95	S/4.77	S/5,389.86

MOVIMIENTO DE TIERRA							S/69,221.62
EXCAVACION DE ZANJA PARA CIMIENTO CORRIDO	m3	46.62	47.31	64.08	158.01	S/60.10	S/9,496.40
EXCAVACION DE ZANJA PARA ZAPATA	m3	75.60	94.50	113.40	283.50	S/59.52	S/16,873.92
REFINE, NIVELACION Y APISONADO EN TERRENO NORMAL	m2	323.47	336.22	470.26	1129.95	S/11.63	S/13,141.32
RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	51.84	64.80	77.76	194.40	S/7.34	S/1,426.90
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXEDENTE	m3	70.38	77.01	99.72	247.11	S/16.76	S/4,141.56
CAMA DE APOYO DE ARENA (Arena e=0.1m.)	m2	260.47	268.72	398.26	927.45	S/26.03	S/24,141.52
OBRAS DE MORTERO SIMPLE							S/28,402.91
SOLADO PARA ZAPATAS (C:A) 1:8 e=2	m2	54.00	67.50	81.00	202.50	S/33.42	S/6,767.55
CIMIENTO CORRIDO, MORTERO 1:8; C:A	m3	7.59	14.59	16.56	38.74	S/329.23	S/12,754.37
SOBRECIMIENTO, MORTERO 1:6; C:A	m3	3.05	3.72	5.27	12.04	S/271.61	S/3,270.18
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA SOBRECIMIENTOS	m2	40.63	49.88	51.86	142.37	S/39.41	S/5,610.80
OBRAS DE MORTERO ARMADO							
ZAPATAS							S/292,454.22
MORTERO f _c =210 Kg/cm ² PARA ZAPATAS	m3	21.60	27.00	32.40	81.00	S/603.99	S/48,923.19
FIERRO CORRUGADO Ø1/2" - fy=4200 Kg/cm ²	kg	791.68	989.60	1187.52	2968.80	S/6.49	S/19,267.51
VIGAS DE CIMENTACION							
MORTERO f _c =210 Kg/cm ² PARA VIGAS DE CIMENTACION	m3	9.71	10.64	14.56	34.91	S/603.99	S/21,085.29
FIERRO CORRUGADO Ø1/2" - fy=4200 Kg/cm ²	kg	583.22	643.50	875.48	2102.20	S/6.51	S/13,685.32
FIERRO CORRUGADO Ø3/8" para estribos	kg	471.61	527.21	707.41	1706.23	S/6.19	S/10,561.56
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CIMENTACION	m2	64.70	70.93	97.06	232.69	S/64.50	S/15,008.51
COLUMNAS							
MORTERO f _c =210 Kg/cm ² PARA COLUMNAS	m3	18.40	17.08	23.65	59.13	S/603.99	S/35,713.93
FIERRO CORRUGADO Ø5/8" - fy=4200 Kg/cm ²	kg	3236.35	3005.18	4161.02	10402.55	S/7.22	S/75,106.41
FIERRO CORRUGADO Ø3/8" para estribos	kg	806.56	748.95	1037.01	2592.52	S/6.19	S/16,047.70
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNAS	m2	245.28	227.76	315.36	788.40	S/47.00	S/37,054.80
PTO. TOTAL							S/395,468.61

Fuente: Expediente técnico de obra.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.4.1. Fuentes técnicas

Respecto a las fuentes que proporcionan los datos mostrados en esta tesis, se trata de fuente primaria, debido a que recolección de datos se tomaron insitu; es decir en la obra misma de manera diaria a través de formatos que ya están preestablecidos como los análisis de causa raíz, causas de incumplimientos, controles de productividad, las cartas balances, etc., esto con respecto a las actividades programadas semanalmente.

3.4.2. Instrumentos

El proyecto está centrado en el estudio y evaluación de la aplicación de los instrumentos del sistema last planner en el proyecto de construcción de la institución educativa Máximo Alvarado Romero. En la siguiente tabla, se observa la matriz de

instrumentos disponibles que proporciona este sistema y adicionalmente se indican los instrumentos que se usaron en este proyecto.

Tabla N° 7. Matriz de instrumentos Lean

INSTRUMENTOS DEL SISTEMA		MATRIZ DE INSTRUMENTOS - LEAN														
		5M	5S	6S	7S	8S	9S	10S	11S	12S	13S	14S	15S	16S	17S	18S
PENSAMIENTO LEAN	1. CONOCER LOS PRINCIPIOS LEAN	X	X													
	2. ENTENDER LAS HERRAMIENTAS DE LEAN CONSTRUCCION	X	X													
	3. IDENTIFICACION DE PERDIAS															
	4. MANTENER FLUJOS CONTINUOS				X											
	5. ASEGURAR PROCESOS EFICIENTES				X											
	6. PASAR A LA MEJORA CONTINUA															
	7. REDUCIR VARIABILIDAD															
	8. REDUCIR TIEMPO DEL CICLO															
	9. HACER EL PRODUCTO															
	10. INTEGRACION DE LOS INVOLUCRADOS EN OBRA															
	11. INTEGRACION DISEÑO - CONSTRUCCION															
	12. INTEGRACION OBRA - LOGISTICA - FINANC															
	13. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA															
	14. ASEGURAR TRANSPARENCIA															

Fuente: Elaboración Propia del Proyecto.

3.5. Procedimientos.

El procedimiento de este proyecto de investigación se realiza a través de la metodología Last planner teniendo en cuenta las siguientes fases:

Tabla N° 8. Procedimiento Last Planner.

FASES	DESCRIPCION DE ACTIVIDAD
FASE 1 - INDUCCION	Capacitación de todo el personal obrero involucrado.
	Identificación de todos los procesos
	La elaboración del organigrama para definir responsabilidades.
	Elaboración de formatos para el Sistema Last Planner
FASE 2 - APLICACIÓN DEL LPS	Elaboración del Plan maestro o Master plan
	Elaboración del LookAhead
	Reuniones semanales
	Análisis de Restricciones
FASE 3 - EVALUACION	Evaluación de los resultados a través de los PPC
	Evaluación de restricciones y no cumplimientos
	Evaluación del avance de obra
	Curvas de producción

Fuente: Elaboración Propia del Proyecto.

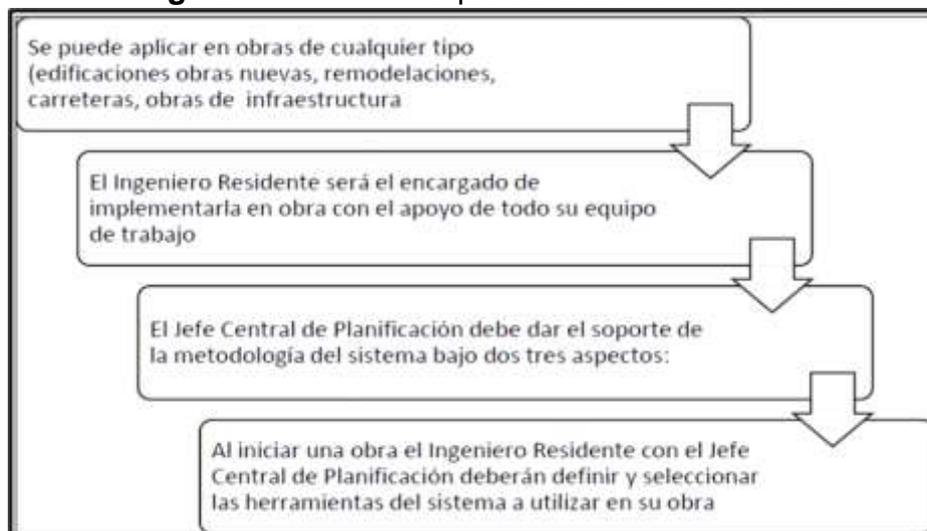
3.5.1. Fase 1 - Inducción

Como primera fase, se procedió a la implementación del Sistema Last Planner en la obra "Mejoramiento de la IEPSM N° 60623 Máximo Alvarado Romero de la localidad de Bagazan del Distrito de Saquena - Provincia de Requena - Departamento de Loreto"; para el inicio de inducción de esta nueva filosofía se reunió a todo el staff que integra la obra.

Fue necesario la presentación de diapositivas en formación a una breve introducción a lean construction y a una prolija explicación del Sistema Last Planner para que el staff de obra pueda comprender su desarrollo en la realización del proyecto.

Para la aplicación del Sistema Last Planner es necesario conocer todos los procesos que se contemplan en el desarrollo del proyecto, y de tal manera asumir responsabilidades al staff según la realización de sus funciones.

Figura N° 22. Enfoque del sistema Last Planner



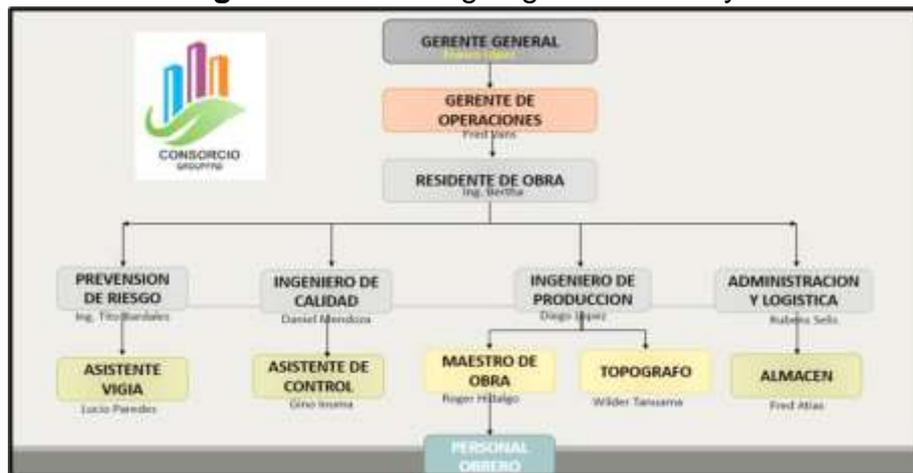
Fuente: Chung & Tong Ingenieros

Se consideró necesario la implementación de este sistema para mejorar o estandarizar los flujos de producción agregando formatos de control de obra; con la finalidad de realizar el seguimiento de cada una de las actividades a ejecutar, identificando y resolviendo en el proceso las restricciones. De tal manera, identificar

la causa raíz de los problemas para generar trenes de actividad que mantengan un flujo continuo.

Luego de designar las responsabilidades y definir los procesos, se elaboró el organigrama y el tren de trabajo; donde, se implementarán los formatos de control de obra con la finalidad de realizar un monitoreo eficaz en la producción.

Figura N° 23. Organigrama del Proyecto



Fuente: Elaboración Propia del Proyecto.

3.5.1.1. Objetivos de la Inducción

Los objetivos a explicarse durante esta etapa de inducción son los siguientes:

- Generar un equipo organizado de obra en donde se designen responsabilidades para cumplir la implementación del Sistema Last Planner.
- Generar una mejora en la planificación de obra, enfocándose en el pensamiento “PULL” y no “PUSH”; con la finalidad que las actividades sean jaladas para ser ejecutadas.

3.5.1.2. Charlas de Inducción

Las charlas de inducción ayudaran a comprender el enfoque e implementación de este sistema planificador en la obra. Las charlas de inducción fueron divididas en 8 capítulos mencionados a continuación:

a) Capítulo 01: Inducción.

Se dio explicación de los principios básicos que permitirán comprender los conceptos del enfoque lean; también denominado como “Lean Thinking”.

Figura N° 24. Diapositiva para la Inducción a la Filosofía Lean.



Fuente: Elaboración Propia del Proyecto.

b) Capítulo 02: Teoría Lean, Valor y pérdida.

Se dio explicación sobre las actividades que agregan valor, actividades que no agregan valor que son parte del proceso y actividades que no agregan valor y solo representan pérdidas.

Figura N° 25. Diapositiva de valor pérdida

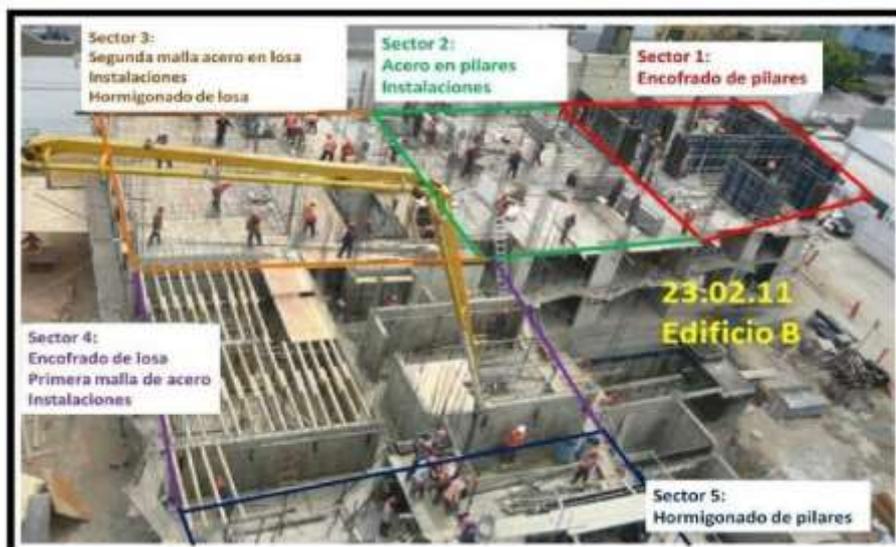


Fuente: Elaboración Propia del Proyecto.

c) Capítulo 03: Teoría Lean, lotes de producción.

Se dio explicación de como generar un tren de avance con características similares entre sí; realizando la sectorización, con la finalidad de estandarizar las cuadrillas y materiales a utiliza; generando flujos similares de producción.

Figura N° 26. Diapositiva de ejemplo de sectorización.

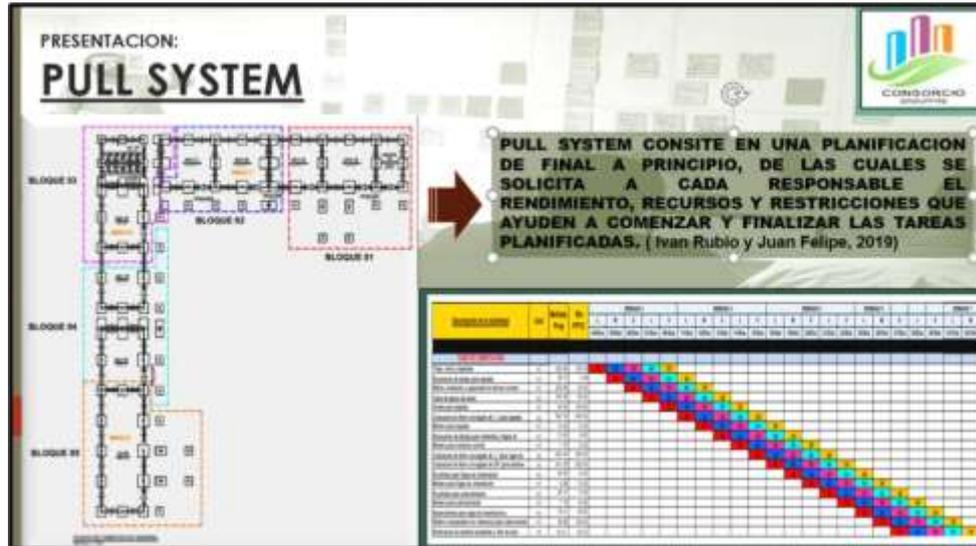


Fuente: Elaboración Propia del Proyecto.

d) Capítulo 04: Teoría Lean, Pull System.

Se dio explicación de cómo debe ser el flujo de producción para las cuadrillas.

Figura N° 27. Diapositiva Pull System



Fuente: Elaboración Propia del Proyecto.

e) **Capítulo 05: Diseño de operaciones.**

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

Figura N° 28. Diapositiva de diseño de operaciones

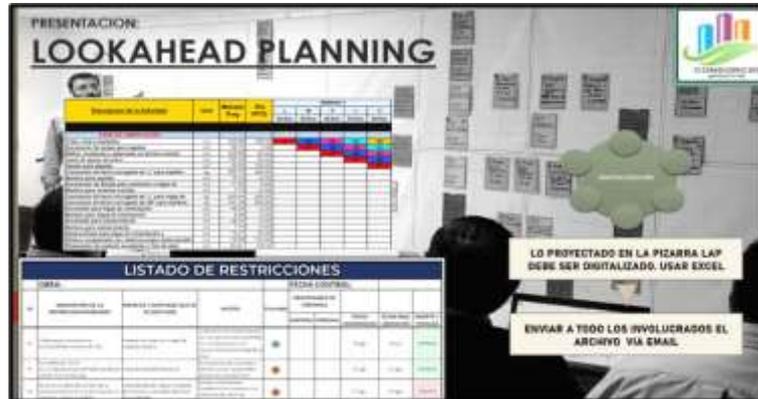


Fuente: Elaboración Propia del Proyecto.

f) **Capítulo 06: LookAhead Planning.**

Se dio explicación de la herramienta LAP para visualizar una proyección a 6 semanas en donde se busca estar sin restricciones o conforme avance la obra ir liberándolas.

Figura N° 29. Diapositiva ejemplo LAP y Análisis de restricciones



Fuente: Elaboración Propia del Proyecto.

g) Capítulo 07: Control de Obra.

En este capítulo se dio explicación del control de avance de obra por medio del porcentaje del plan de cumplimiento (PPC); lo cual permite el seguimiento del cumplimiento de las actividades proyectadas a ser ejecutadas. En el caso de tener deficiencias en el desarrollo de las actividades, se buscará la raíz del problema y por qué ocurrió, con fines de evitar ocurrencias similares a futuro.

Figura N° 30. Diapositiva ejemplo LAP y PPC



Fuente: Elaboración Propia del Proyecto.

h) Capítulo 08: Reuniones semanales de producción. Se dio explicación que, para el seguimiento y control de las actividades a cumplir según lo propuesto inicialmente; se deberían

realizar reuniones semanales con la finalidad de revisar el avance de obra.

Figura N° 31. Reuniones Semanales realizadas por Groupfrd



Fuente: Elaboración Propia del Proyecto.

Por medio de las diapositivas en las charlas de inducción, se busca concientizar la implementación del Sistema Last Planner al staff de obra. A comparación con la metodología tradicional, este sistema consiste en un nivel de planificación a detalle con la finalidad de crear colchones de producción, manteniendo el flujo de sus procesos logrando cumplir lo planificado.

3.5.2. Fase 2 – Aplicación del Sistema Last Planner

Una vez de haber realizado las charlas de inducción e identificar la situación actual del proyecto, se procedió a la implementación del Sistema Last Planner en obra.

3.5.2.1. Descripción del proyecto

3.5.2.1.1. Descripción de la empresa

El proyecto en ejecución es "Mejoramiento de la IEP SM N° 60623 Máximo Alvarado Romero de la localidad de Bagazan del Distrito de Saquena - Provincia de Requena - Departamento de Loreto" y está siendo ejecutado por el "Consortio GROUPFRD".

El consorcio GROUPFRD se encuentra ubicada en Jr. Progreso Nro. 350 (Loreto-Maynas-Iquitos), tiene como actividad y rubro principal actividades especializadas en construcción.

3.5.2.1.1. Contrato del proyecto piloto

Contrato : Contrato de ejecución N 054-2020-GRL-GRI.
Fecha de Firma de Contrato : 26 de marzo del 2019.
Monto Contratado : S/. 8'281,631.99. (Inc IGV)
Presupuesto Referencias : S/. 7'528,761.81 SIN IGV.
Sistema de contratación : A suma alzada.
Plazo de Ejecución por Contrato : 270 días calendarios.

3.5.2.2. Situación actual del proyecto

Debido a la ubicación geográfica del lugar, el proyecto se encuentra en una zona tropical del Perú, donde los factores climáticos representan un retraso inminente en el plazo de entrega de la obra. Por tal, la implementación del último sistema planificador, desde el inicio del proyecto; busca mejorar el flujo de la productividad, evitando incidencias, tales como:

- Retraso en la logística de los recursos.
- Descoordinación y falta de comunicación entre subcontratistas.
- Errores repetitivos en procesos similares.
- Restricciones no evaluadas con anticipación.
- Falta de gestión en el control y desarrollo del proyecto.

a) Ubicación y distribución del proyecto

El proyecto se encuentra ubicado en la localidad de Bagazán, distrito de Saquena y provincia de Requena del Departamento de Loreto, como se muestra en la siguiente Figura N°30.

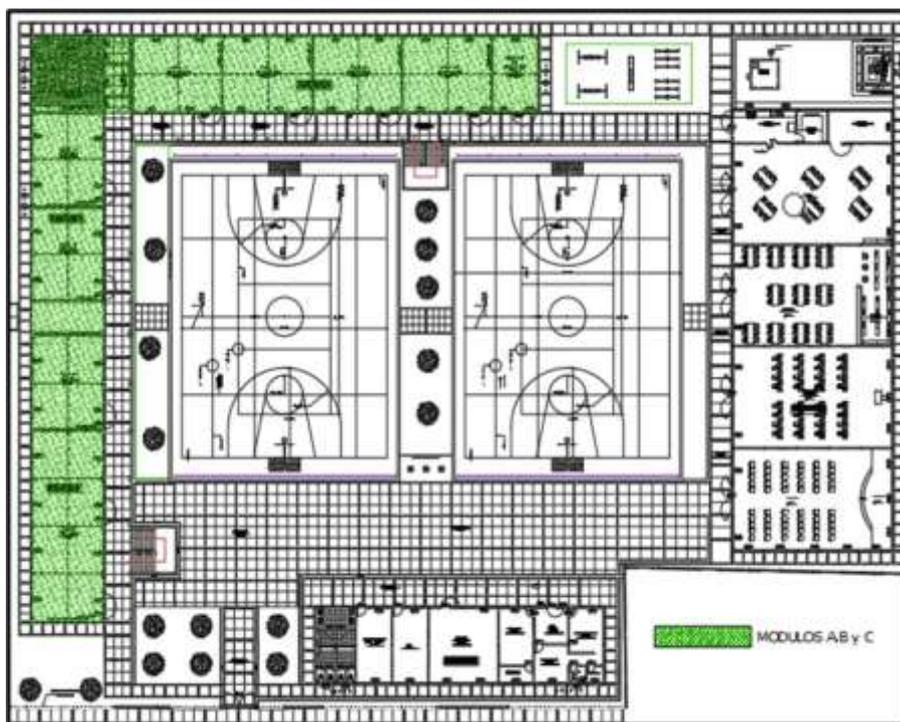
Figura N° 32. Ubicación del Proyecto



Fuente: Expediente técnico de obra.

La parte del proyecto que vamos a evaluar comprende la ejecución de los módulos A, B y C; que abarca un área de 643.07m². El módulo A esta comprendido por el taller creativo y el aula 03 – primaria; El módulo B, contiene el aula 01 – primaria, aula 02 – primaria y los servicios higiénicos de hombre y mujeres; mientras que el módulo C comprende el aula 01 – secundaria, aula 02 – secundaria, aula 03 – secundaria, aula 04 – secundaria y el depósito de educación física. La división de estos módulos se puede apreciar en la Figura 32.

Figura N° 33. Planta general del proyecto.



Fuente: Expediente técnico de obra.

La distribución de áreas de los módulos se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla N° 9. Áreas de funcionamiento del proyecto.

UNIDADES PRODUCTORAS DE SERVICIOS	AREA (m2)
MODULO A	
Taller Creativo	127.41
Aula 03 - Primaria	62.63
MODULO B	
Aula 02 - Primaria	58.98
Aula 01 - Primaria	58.98
S.H. (H) y S.H. (M)	51.12
MODULO C	
Aula 01 – Secundaria	62.63
Aula 02 – Secundaria	62.63
Aula 03 - Secundaria	62.63
Aula 04 – Secundaria	62.63
Depósito de Educación Física	33.43
TOTAL, DE AREAS	643.07

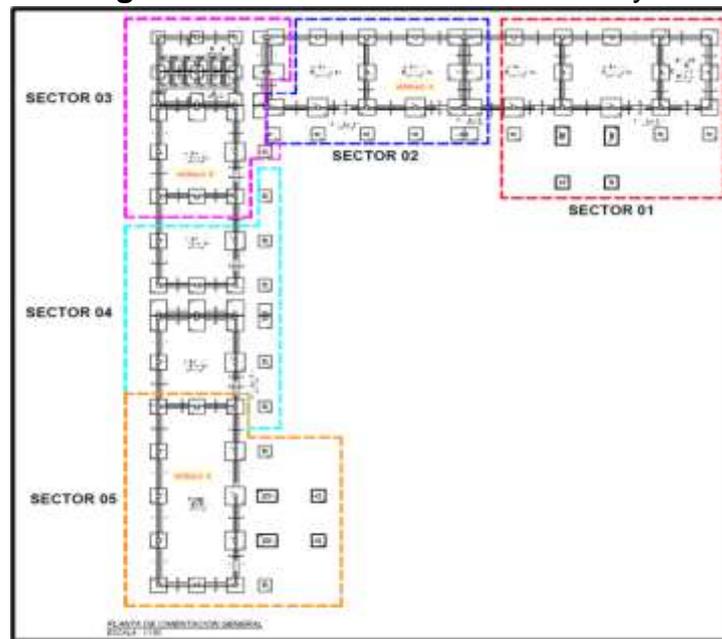
Fuente: Expediente técnico de obra.

b) Sectorización del proyecto

El proyecto estuvo a cargo por el Consorcio Supervisor Saquena y como contratista el Consorcio GROUPFRD. El plazo de ejecución será de 270 días calendarios.

Previo ejecución del proyecto se planteó la sectorización por sectores, de las cuales, esto permitiría generar un tren de avance continuo, en la evaluación de nuestra tesis sólo especificaremos la sectorización de los Módulos A, B y C tal como se muestra en la figura 33.

Figura N° 34. Sectorización del Proyecto



Fuente: Elaborado por los autores.

Los módulos se encuentran conformado por 5 sectores, tal y como se observa en la siguiente tabla.

Tabla N° 10. Áreas de funcionamiento del proyecto

SECTORIZACIÓN	N° DE SECTORES
Modulo A	2
Modulo B	1
Modulo C	2
TOTAL, DE SECTORES	5

Fuente: Elaborado por los autores.

d) Reuniones Semanales de Producción

Se realizó la primera reunión semanal, en donde, se designó mediante un organigrama las responsabilidades al staff según su función que corresponda.

Figura N° 38. Reuniones semanales de producción por Groupfrd



Fuente: Elaborado por los autores.

Una vez identificado cada responsable de obra y generado el plan maestro de obra, se realizó la primera reunión semanal, convocando a todo el equipo involucrado, entre ellos: staff de obra, subcontratistas, capataces y maestros; en donde se coordinó lo siguiente:

- Asignación de las actividades a ejecutarse por el personal, por lo que se deberá realizar metrados, dimensionamiento de cuadrillas, secuencia de trabajos y requerimientos.
- Evaluación y análisis de restricciones que son identificados en el LookAhead Planning a 6 semanas.
- Inicio de planificación de la primera semana, se debe tener claro los objetivos y alcances del proyecto. No debe existir restricciones en la primera semana que pueda generar incumplimiento.

Se deberán realizar reuniones semanales para evaluar resultados de lo proyectado, donde luego será generado una nueva planificación para la siguiente semana LookAhead Planning. Así mismo se deberá evaluar las causas de no cumplimiento y generar el PPC.

Será necesario considerar algunos criterios en cada reunión semanal, las cuales se mencionan a continuación:

- Revisar el cumplimiento de las actividades programadas mediante el formato del PPC.
- Realizar un análisis del porque algunas actividades no se cumplieron mediante el formato análisis causa – raíz. Así mismo, mediante esta herramienta se busca evitar que las razones de incumplimientos vuelvan a repetirse.
- Identificación de restricciones y acciones para subsanarlos
- Realizar un análisis de los compromisos cumplidos y los que se plantearon al inicio.
- Levantamiento de restricciones para la ejecución de actividades proyectadas de la siguiente semana.
- Elaboración del plan de trabajo semanal para la semana próxima.

3.5.3. Fase 3 – Evaluación

Los resultados fueron evaluados semana a semana por medio del PPC, verificando el porcentaje de cumplimiento de las actividades planificadas. Así mismo, se revisó razones de no cumplimiento de las actividades programadas.

Se realizó una evaluación del PPC a 6 semanas para verificar el desarrollo de la obra durante la primera proyección del LookAhead; de esta manera se busca verificar que el sistema implementado funciona y mejora los flujos de producción.

Sera necesario identificar puntos en la evaluación, tal como se mencionan:

- Verificar que el staff de obra se encuentra familiarizado con la implementación de este sistema y a su vez comprenda la filosofía lean.
- Generar trenes de avances que permiten un flujo continuo de producción sin restricciones.
- Control y seguimiento de actividades mediante la implementación de formatos.
- Verificar que las metas propuestas en las reuniones semanales sean cumplidas.

3.6. Método de análisis de datos

Se utilizarán formatos ya mencionados para la recopilación de datos en campo. Esta información será procesada para posteriormente ser presentado en tablas y figuras estadísticas que contribuirán a poder justificar las hipótesis que se plantearon.

Esta información se presentará utilizando los métodos de LookAhead Plannig, el Porcentaje de Plan de Cumplimiento (PPC) y Just in Time.

Los materiales y software utilizados para el procesamiento de información fueron los siguientes:

- Una Laptop Ryzen 7 con el programa Microsoft Office Excel. (Hojas de cálculo y gráficos elaborados en base a técnicas estadísticas).
- Microsoft Project (MS Project) que será el recurso para el análisis de la programación.

3.7. Aspectos éticos.

Este trabajo de investigación ha sido elaborado con información y datos recolectados de la ejecución de la obra de construcción de la “Institución educativa Maximo Alvarado Romero - Loreto”; cuyo expediente técnico y ejecución fueron supervisados por el “CONSORSIO SUPERVISOR SAQUENA”, que ganó el

concurso público. La empresa contratista que se encargó de la ejecución de la obra es el consorcio "GROUPEFRD" después de ganar la licitación pública.

En el presente proyecto de investigación, conforme a las normas ISO 690, se proporcionará referencias y citas de diferentes autores, respetando los derechos del autor y cumpliendo con los protocolos de investigación por lo que se tomará en cuenta la veracidad de la información y resultados obtenidos, respetando la propiedad intelectual.

Asimismo, para poder tomar toda la información necesaria de la ejecución de la obra se solicitó permiso al área de infraestructura del Gobierno Regional de Loreto (GOREL) para el acceso a campo y su vez al expediente técnico.

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de los resultados.

En este capítulo se mostrarán los resultados de la implementación del sistema “Last Planner” en la construcción de los módulos A, B y C de la institución educativa Máximo Alvarado Romero – Loreto. El siguiente análisis se hará por medio de los “PPC” y la curva “S” del avance del proyecto.

4.1.1. *Diseño de cuadrillas y productividad*

Después de realizar la respectiva sectorización del proyecto, se procedió a realizar el metrado de cada sector para poder generar las cuadrillas y sus dimensionamientos. Esta es una de las etapas más importantes ya que se podrá conocer la cantidad de trabajo a realizar por cada partida.

Todas las actividades a considerar en la ejecución de este proyecto, se encuentra en la Norma Técnica Peruana – Metrados para obras de edificaciones y habilitaciones urbanas. Todas las actividades que se ejecutarán para la fase del casco estructural de cada módulo del proyecto serán solo para obras civiles. Dichas actividades comprenden de 21 partidas en total, las cuales son:

- a) **Trabajos Preliminares**
 - Trazo, Nivel y replanteo.

- b) **Movimiento de Tierra:**
 - Excavación de Zanjas para cimientos y Vigas de cimentación.
 - Excavación de zanjas para zapatas
 - Refine Nivelación y apisonado en terreno normal.
 - Relleno compactado con material propio seleccionado
 - Eliminación de material excedente a 1km de obra
 - Cama de apoyo de arena $e=0.10m$.

- c) **Obras de mortero simple:**
 - Solado para zapatas (c:a) 1:8 $e=2$

- Cimiento corrido, mortero 1:8; c:a
- Sobrecimiento, mortero 1:6; c:a
- Encofrado y desencofrado para sobrecimiento

d) Obras de mortero Armado:

- Mortero f`c=210 kg/cm² para zapatas
- Fierro corrugado de $\varnothing \frac{1}{2}$ " para zapatas
- Mortero f`c=210 kg/cm² para vigas de cimentación
- Fierro corrugado de $\varnothing \frac{1}{2}$ " para vigas de cimentación
- Fierro corrugado de $\varnothing \frac{3}{8}$ " para vigas de cimentación
- Encofrado y desencofrado para Vigas de cimentación
- Mortero f`c=210 kg/cm² para columnas
- Fierro corrugado $\varnothing \frac{5}{8}$ " - fy=4200 kg/cm²
- Fierro corrugado $\varnothing \frac{3}{8}$ " para estribos
- Encofrado y desencofrado de columnas

Con el metrado calculado de cada sector se procedió a realizar los dimensionamientos de cada cuadrilla, con el que podrá hacer la comparación entre los rendimientos reales y los rendimientos presupuestados en obra, dicho esto será analizado durante el desarrollo de la tesis.

A continuación, se observa en la figura los metrados extraídos de los 5 sectores correspondientes sólo a los módulos A, B y C.

Tabla N° 12. Metrado por sector de los módulos A, B y C.

DESCRIPCIÓN	METRADO TOTAL	SECTOR 01 MODULO A	SECTOR 02 MODULO A	SECTOR 03 MODULO B	SECTOR 04 MODULO C	SECTOR 05 MODULO C
Trazo, nivel y replanteo	1129.95	220.00	225.00	228.00	230.00	226.95
Excavación de zanjas para zapatas	158.01	55.45	56.7	57.23	56.25	57.87
Refine, nivelación y apisonado en terreno normal	1129.95	220	225	228	230	226.95
Cama de apoyo de arena	927.45	184.82	188.25	185.57	183.25	185.56
Solado para zapatas	202.5	40.25	42.21	40.02	39.52	40.5
Colocación de fierro corrugado de $\frac{1}{2}$ " para zapatas	2968.8	590.6	595.26	605.23	580.8	596.91
Mortero para zapatas	81	16.45	16.15	16.56	14.89	16.95
Excavación de Zanjas para cimientos y Vigas de cimentación.	158.01	30.25	31.4	33.26	29.42	33.68
Mortero para cimiento corrido	38.74	7.89	8.4	7.6	6.75	8.1
Colocación de fierro corrugado de $\frac{1}{2}$ " para vigas de cimentación	2102.2	425.25	420.58	430.25	405.25	420.87
Colocación de fierro corrugado de $\frac{3}{8}$ " para estribos de vigas de cimentación	1706.23	341.25	340.58	343.18	332.25	348.97
Encofrado para Vigas de cimentación	232.69	46.53	48.25	47.52	43.21	47.18
Mortero para Vigas de cimentación	34.91	7.2	6.8	7.1	6.05	7.76
Desencofrado para vigas de cimentación	232.69	46.53	48.25	47.52	43.21	47.18
Colocación de fierro corrugado de $\frac{5}{8}$ " para columnas	10402.55	2050.69	2080.35	2090.8	2080.25	2100.46

Colocación de fierro corrugado de 3/8" para columnas	2592.52	518.6	520.1	515.18	505.29	533.35
Encofrado para columnas	788.4	158.26	160.54	155.28	152.69	161.63
Mortero para columnas	59.13	11.85	12.02	11.6	11.92	11.74
Desencofrado para columnas	788.4	158.26	160.54	155.28	152.69	161.63
Encofrado para sobrecimiento	142.37	28.45	27.5	28.8	26.78	30.84
Mortero para sobrecimiento	12.04	2.4	2.5	2.38	2.35	2.41
Desencofrado para sobrecimiento	142.37	28.45	27.5	28.8	26.78	30.84
Relleno compactado con material propio seleccionado	194.4	38.5	39	38.42	39.54	38.94
Eliminación de material excedente a 1km de obra	927.45	49.52	48.89	50.21	49.4	49.09

Fuente: Elaborado por los autores.

Una vez obtenido los metrados por sector, se procedió a realizar los dimensionamientos de cada cuadrilla, con rendimientos del presupuesto y los plazos que se estimaron en el LookAhead Planning, lo cual está representado a continuación en la siguiente tabla:

Tabla N° 13. Dimensionamiento de cuadrillas.

DESCRIPCION	UND	METRADO TOTAL	CUADRILLA			ROTO	FACTOR DE CANTIDAD	TALK TIME	RATIO PTO	PERSONAS	SECT.	METRADO DE PRODUCCION DIARIO	
			OPE	OPI	PEO								
ESTRUCTURA													
TRABAJOS PRELIMINARES													
TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO	m2	1128.91	1.00	0.00	1.00	250.00	0.90	1.00	0.08	1.81	2.00	5.00	225.99
MOVIMIENTO DE TIERRA													
EXCAVACION DE ZANJA PARA CEMENTO CORRIDO	m3	358.01	0.00	0.00	4.00	9.00	3.51	1.00	3.59	-14.00	-14.00	5.00	21.54
EXCAVACION DE ZANJA PARA ZAPATA	m3	281.50	0.00	0.00	4.00	9.00	6.30	1.00	3.56	25.20	25.20	5.00	39.70
REFRE ANIVELACION Y APISONADO EN TERRENO NORMAL	m2	1129.95	0.00	0.00	1.00	20.00	11.50	1.00	0.40	11.50	11.50	5.00	225.99
RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	194.40	0.00	1.00	1.00	100.00	0.39	1.00	0.16	0.76	1.00	5.00	38.88
ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	247.11	1.00	0.00	1.00	100.00	0.49	1.00	0.24	1.48	1.00	5.00	49.42
CAMA DE APOYO DE ARENA (arena #3) m	m2	927.45	1.00	0.00	1.00	50.00	3.71	1.00	0.32	3.41	7.00	5.00	185.49
OBRAS DE HONTERO SIMPLE													
COLADO PARA ZAPATA (Caj) 1.5x2	m2	292.50	2.00	1.00	8.00	100.00	0.41	1.00	0.88	4.50	4.00	5.00	40.50
CEMENTO CORRIDO MURTERO 1:1:6	m3	38.74	1.00	1.00	8.00	12.00	0.85	1.00	6.67	6.51	7.00	5.00	7.25
SOBRECIMIENTO MURTERO 1:1:6	m3	12.04	1.00	0.00	0.50	10.00	0.24	1.00	1.20	0.36	0.00	5.00	2.41
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA SOBRECIMIENTOS	m2	142.37	1.00	0.00	1.00	15.00	2.19	1.00	1.21	4.39	4.00	5.00	28.47
OBRAS DE HONTERO ARMADO													
MURTERO (c=210 kg/m3) PARA ZAPATAS	m3	81.00	1.00	1.00	10.00	12.00	1.35	1.00	8.00	-16.34	-16.00	5.00	16.20
FERRO CORRUGADO Ø10" - 4x-600 kg/m3	kg	2968.80	1.00	1.00	1.00	200.00	2.57	1.00	0.12	9.20	9.00	5.00	333.76
MURTERO (c=210 kg/m3) PARA VIGAS DE ORIENTACION	m3	34.51	1.00	1.00	10.00	12.00	0.38	1.00	8.00	6.98	7.00	5.00	6.98
FERRO CORRUGADO Ø12" - 4x-600 kg/m3	kg	2192.20	1.00	1.00	1.00	200.00	2.53	1.00	0.12	6.81	6.00	5.00	420.84
FERRO CORRUGADO Ø8" para entibos	kg	1796.21	1.00	1.00	1.00	200.00	1.71	1.00	0.12	5.12	5.00	5.00	341.25
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CIMENTACION	m2	232.69	1.00	2.00	0.50	12.00	3.88	1.00	2.00	11.63	12.00	5.00	46.54
MURTERO (c=210 kg/m3) PARA COLUMNAS	m3	59.13	1.00	1.00	10.00	12.00	0.89	1.00	8.00	-11.83	-12.00	5.00	11.83
FERRO CORRUGADO Ø20" - 4x-600 kg/m3	kg	18402.55	1.00	1.00	1.00	150.00	13.87	1.00	0.18	41.81	42.00	5.00	2080.51
FERRO CORRUGADO Ø8" para entibos	kg	2592.52	1.00	1.00	1.00	200.00	2.59	1.00	0.11	7.78	8.00	5.00	518.50
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNAS	m2	788.40	1.00	0.00	1.00	12.00	13.14	1.00	1.81	26.20	26.00	5.00	257.88
FIN DE FASE CIMENTACION													

Fuente: Elaborado por los autores.

4.1.2. Porcentaje de Plan de Cumplimiento

El PPC o porcentaje de plan de cumplimiento directamente está relacionado con el avance físico del proyecto y se obtiene por medio de una división, este dato se obtiene de las actividades completadas divididas entre las actividades que se han programado. Las actividades que no fueron completadas al 100% no serán tomadas en cuenta para este análisis, ya que el único requisito para tomarlo en cuenta es que se hayan completado al 100%. En la siguiente figura podemos observar la manera de obtener el PPC:

Figura N° 39. Porcentaje de Plan de Cumplimiento

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

a) Porcentaje de plan completado – Módulo A - Sector 01 y 02

Los resultados finales para este sector serán mostrados en un cuadro de resumen, tomando en cuenta desde el inicio de su ejecución; es decir, desde la 3ra semana.

- Semana 03 y 04: Sector 01

Tabla N° 14. PPC - Semana 03 - Sector 01

PPC -SEMANA 03 - SECTOR 01	
Actividades al 100%	7
Actividades no completadas	6
Actividades programadas	13
% de cumplimiento	54%

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla N° 15. PPC - Semana 04 – Sector

PPC -SEMANA 04 - SECTOR 01	
Actividades al 100%	13
Actividades no completadas	6
Actividades programadas	19
% de cumplimiento	68%

Fuente: Elaborado por los autores.

- Semana 03, 04 y 05: Sector 02

Tabla N° 16. PPC – Semana 03 – Sector 02

PPC -SEMANA 03 - SECTOR 02	
Actividades al 100%	9
Actividades no completadas	8
Actividades programadas	17
% de cumplimiento	53%

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla N° 17. PPC – Semana 04 – Sector 02

PPC -SEMANA 04 - SECTOR 02	
Actividades al 100%	14
Actividades no completadas	6
Actividades programadas	20
% de cumplimiento	70%

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla N° 18. PPC – Semana 05 – Sector 02

PPC -SEMANA 05 - SECTOR 02	
Actividades al 100%	5
Actividades no completadas	2
Actividades programadas	7
% de cumplimiento	71%

Fuente: Elaborado por los autores.

- Resumen del Módulo A:

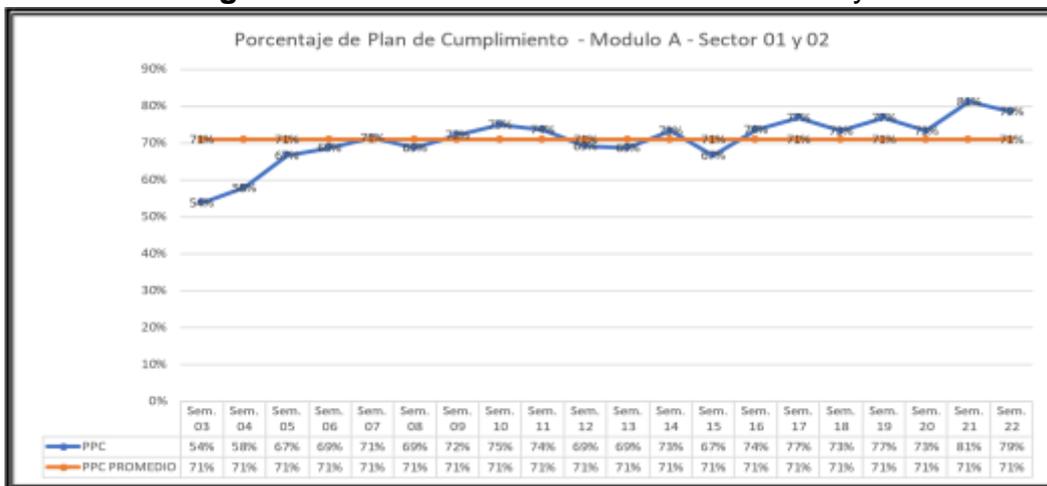
Tabla N° 19. Resumen PPC – Modulo A

ITEM	Actividades completadas	Actividades no completadas	Actividades programadas	PPC
Sem. 03	7	6	13	54%
Sem. 04	11	8	19	58%
Sem. 05	12	6	18	67%
Sem. 06	11	5	16	69%
Sem. 07	10	4	14	71%
Sem. 08	11	5	16	69%
Sem. 09	13	5	18	72%
Sem. 10	12	4	16	75%
Sem. 11	14	5	19	74%
Sem. 12	9	4	13	69%
Sem. 13	11	5	16	69%
Sem. 14	11	4	15	73%
Sem. 15	8	4	12	67%
Sem. 16	14	5	19	74%
Sem. 17	10	3	13	77%
Sem. 18	11	4	15	73%
Sem. 19	10	3	13	77%
Sem. 20	11	4	15	73%
Sem. 21	13	3	16	81%
Sem. 22	11	3	14	79%
Promedio	220	90	310	71%

Fuente: Elaborado por los autores.

Como observamos en la tabla anterior, el promedio de las actividades cumplidas nos resulta un 71% para los trabajos ejecutados en el sector 01 y 02 del módulo “A”. A continuación, podemos observar en el siguiente gráfico la evolución de efectividad de las tareas cumplidas vs la media de avance.

Figura N° 40. PPC – Modulo A – Sector 01 y 02.



Del gráfico anterior se concluye lo siguiente:

□ Como se observa el PPC de la ejecución de los trabajos de las primeras semanas está por debajo del promedio, siendo éste un punto importante desde que se empezó la implementación del LPS, ya que las planificaciones realizadas al comienzo, es información que servirá de base para una mejora de las planificaciones de las semanas siguientes, teniendo en cuenta que una de las características de este sistema es la mejora continua. Y tal cual se observa, las siguientes semanas se alcanzó una estabilidad de mejora, pudiendo asegurar una efectividad de cumplimiento de los trabajos por encima del 70% de lo programado, llegando hasta el punto más alto de 81%.

Tabla N° 20. Resumen PPC Acumulado – Módulo A

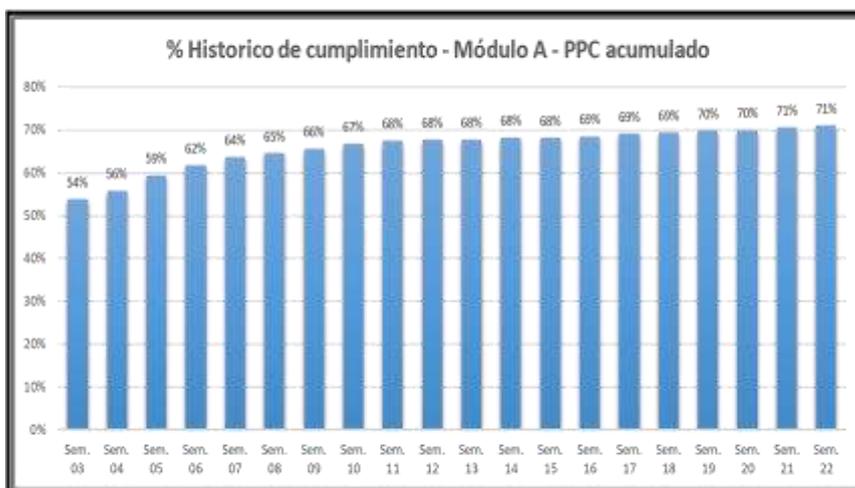
SEMANA	Actividades planificadas	Actividades completadas	PPC ACUM.
Sem. 03	13	7	54%
Sem. 04	19	11	56%
Sem. 05	18	12	59%
Sem. 06	16	11	62%
Sem. 07	14	10	64%
Sem. 08	16	11	65%
Sem. 09	18	13	66%
Sem. 10	16	12	67%
Sem. 11	19	14	68%
Sem. 12	13	9	68%
Sem. 13	16	11	68%
Sem. 14	15	11	68%
Sem. 15	12	8	68%

Sem. 16	19	14	69%
Sem. 17	13	10	69%
Sem. 18	15	11	69%
Sem. 19	13	10	70%
Sem. 20	15	11	70%
Sem. 21	16	13	71%
Sem. 22	14	11	71%

Fuente: Elaborado por los autores.

Como podemos observar, el acumulado da a conocer que el control de los trabajos fue de manera creciente, lo que demuestra que la implementación del LPS afectó en mejoría la planificación de las actividades, tal cual se observa en la siguiente figura.

Figura N° 41. PPC Acumulado del módulo A



Fuente: Elaborado por los autores.

Como se aprecia en la figura desde la semana 10 hubo un mejor control para mantener un crecimiento en cuanto al cumplimiento de las actividades.

b) Porcentaje de plan completado – Módulo B - Sector 03

Para el sector 03 se realizó el mismo procedimiento que el sector 01 y 02. Después de la ejecución de los trabajos se observó el mismo comportamiento en

cuanto al cumplimiento de terminar la mayoría de los trabajos dentro del tiempo programado como se observa a continuación.

- Semana 03, 04 y 05: Sector 03

Tabla N° 21. PPC – Semana 03 – Sector 03

PPC - SEMANA 03 - SECTOR 03	
Actividades al 100%	6
Actividades no completadas	5
Actividades programadas	11
% de cumplimiento	55%

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla N° 22. PPC – Semana 04 – Sector 03

PPC - SEMANA 04 - SECTOR 03	
Actividades al 100%	11
Actividades no completadas	6
Actividades programadas	17
% de cumplimiento	65%

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla N° 23. PPC – Semana 05 – Sector 03

PPC - SEMANA 05 - SECTOR 03	
Actividades al 100%	8
Actividades no completadas	4
Actividades programadas	12
% de cumplimiento	67%

Fuente: Elaborado por los autores.

- Resumen del Sector 03:

Tabla N° 24. Resumen PPC – Modulo B

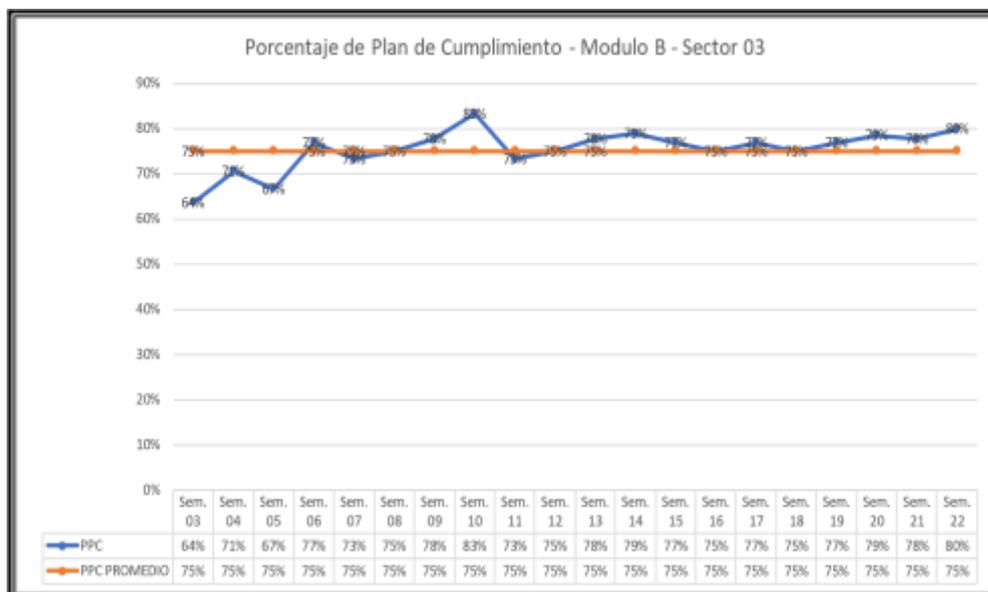
ITEM	Actividades completadas	Actividades no completadas	Actividades programadas	PPC
Sem. 03	7	4	11	64%
Sem. 04	12	5	17	71%
Sem. 05	8	4	12	67%
Sem. 06	10	3	13	77%
Sem. 07	11	4	15	73%
Sem. 08	12	4	16	75%
Sem. 09	14	4	18	78%

Sem. 10	10	2	12	83%
Sem. 11	11	4	15	73%
Sem. 12	12	4	16	75%
Sem. 13	14	4	18	78%
Sem. 14	15	4	19	79%
Sem. 15	10	3	13	77%
Sem. 16	9	3	12	75%
Sem. 17	10	3	13	77%
Sem. 18	12	4	16	75%
Sem. 19	10	3	13	77%
Sem. 20	11	3	14	79%
Sem. 21	14	4	18	78%
Sem. 22	12	3	15	80%
Promedio	224	72	296	75%

Fuente: Elaborado por los autores.

Como volvemos a observar en la tabla, el promedio de las actividades cumplidas nos resulta un 75% para los trabajos ejecutados en el sector 03 del módulo “B”. A continuación, podemos observar en el siguiente gráfico la evolución de efectividad de las tareas cumplidas vs la media de avance.

Figura N° 42. PPC – Modulo B – Sector 03



Fuente: Elaborado por los autores.

Del gráfico anterior se concluye lo siguiente:

□ Como se observa el PPC de la ejecución de los trabajos de las primeras semanas también está por debajo del promedio, por las razones que ya se dieron a conocer. Y tal cual se observa en la figura n° 38, las siguientes semanas se alcanzó también una estabilidad de mejora, pudiendo asegurar una efectividad de cumplimiento de los trabajos por encima del 75% de lo programado, llegando hasta el punto más alto de 83%.

Tabla N° 25. Resumen Acumulado del Bloque B

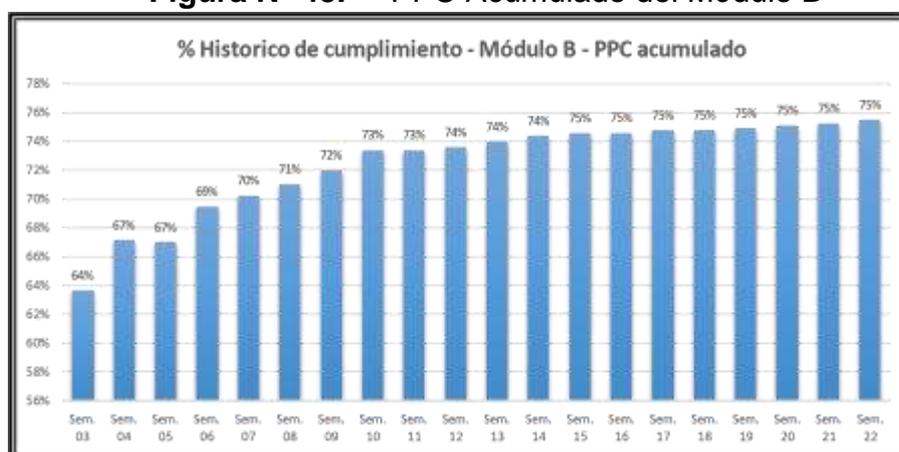
SEMANA	Actividades planificadas	Actividades completadas	PPC ACUM.
Sem. 03	11	7	64%
Sem. 04	17	12	67%
Sem. 05	12	8	67%
Sem. 06	13	10	69%
Sem. 07	15	11	70%
Sem. 08	16	12	71%
Sem. 09	18	14	72%
Sem. 10	12	10	73%
Sem. 11	15	11	73%
Sem. 12	16	12	74%
Sem. 13	18	14	74%
Sem. 14	19	15	74%
Sem. 15	13	10	75%
Sem. 16	12	9	75%
Sem. 17	13	10	75%
Sem. 18	16	12	75%

Sem. 19	13	10	75%
Sem. 20	14	11	75%
Sem. 21	18	14	75%
Sem. 22	15	12	75%

Fuente: Elaborado por los autores.

Como apreciamos, el acumulado da a conocer que el control de los trabajos fue manteniendo un crecimiento llegando al 75%, lo que demuestra que los sectores siguientes fueron deteniendo mejores resultados.

Figura N° 43. PPC Acumulado del Módulo B



Fuente: Elaborado por los autores.

c) Porcentaje de plan completado – Módulo C - Sector 04 y 05.

Tal cual se realizó la planificación, secuencia de actividades del módulo A y B se hizo lo mismo con el módulo C, tomando en consideración los mismos criterios como se muestra a continuación:

- Semana 03, 04 y 05: Sector 04

Tabla N° 26. PPC – Semana 03 – Sector 04

PPC -SEMANA 03 - SECTOR 04	
Actividades al 100%	7
Actividades no completadas	4
Actividades programadas	11
% de cumplimiento	64%

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla N° 27. PPC – Semana 04 – Sector 04

PPC -SEMANA 04 - SECTOR 04	
Actividades al 100%	11
Actividades no completadas	4
Actividades programadas	15
% de cumplimiento	73%

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla N° 28. PPC – Semana 05 – Sector 04

PPC -SEMANA 05 - SECTOR 04	
Actividades al 100%	8
Actividades no completadas	4
Actividades programadas	11
% de cumplimiento	73%

Fuente: Elaborado por los autores.

- Semana 03, 04 y 05: Sector 05

Tabla N° 29. PPC – Semana 03 – Sector 05

PPC -SEMANA 03 - SECTOR 05	
Actividades al 100%	6
Actividades no completadas	3
Actividades programadas	9
% de cumplimiento	67%

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla N° 30. PPC – Semana 04 – Sector 05

PPC -SEMANA 04 - SECTOR 05	
Actividades al 100%	10
Actividades no completadas	4
Actividades programadas	14
% de cumplimiento	71%

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla N° 31. PPC – Semana 05 – Sector 05

PPC -SEMANA 05 - SECTOR 05	
Actividades al 100%	9
Actividades no completadas	3
Actividades programadas	12
% de cumplimiento	75%

Fuente: Elaborado por los autores.

- Resumen del Sector 05:

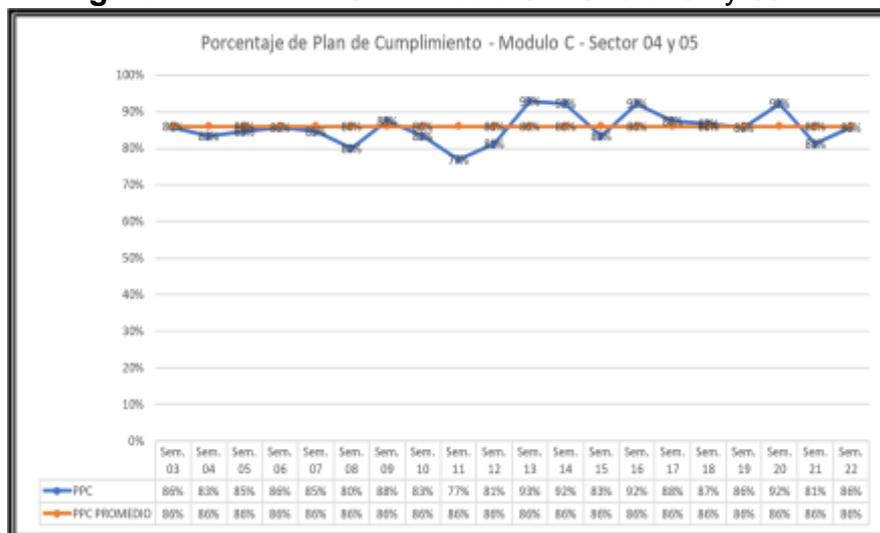
Tabla N° 32. Resumen PPC – Sector 05

ITEM	Actividades completadas	Actividades no completadas	Actividades programadas	PPC
Sem. 03	12	2	14	86%
Sem. 04	10	2	12	83%
Sem. 05	11	2	13	85%
Sem. 06	12	2	14	86%
Sem. 07	11	2	13	85%
Sem. 08	12	3	15	80%
Sem. 09	14	2	16	88%
Sem. 10	15	3	18	83%
Sem. 11	10	3	13	77%
Sem. 12	13	3	16	81%
Sem. 13	13	1	14	93%
Sem. 14	12	1	13	92%
Sem. 15	15	3	18	83%
Sem. 16	12	1	13	92%
Sem. 17	14	2	16	88%
Sem. 18	13	2	15	87%
Sem. 19	12	2	14	86%
Sem. 20	12	1	13	92%
Sem. 21	13	3	16	81%
Sem. 22	12	2	14	86%
Promedio	248	42	290	86%

Fuente: Elaborado por los autores.

A diferencia del promedio de PPC de los módulos A y B, se puede notar en la tabla que hubo una mejora considerable. Para tener la idea más clara se observa la siguiente figura:

Figura N° 44. PPC – Modulo C – Sector 04 y 05.



Del gráfico anterior se concluye lo siguiente:

□ Tal cual se observa en la fig. 44, en comparación con los módulos anteriores, en estos dos sectores se ve una mejoría tanto al comienzo como al final de la ejecución de las actividades, tomando una estabilidad de porcentaje alto de cumplimiento con respecto a los trabajos programados. Esto se dio debido a que las planificaciones se mejoraron considerablemente, teniendo en cuenta los errores cometidos con los sectores anteriores, tomando datos mucho más confiables como los rendimientos actualizados, una mejor logística para abastecer con materiales a obra, mejor compromiso de los involucrados, etc. En esta ocasión tuvimos un promedio de PPC de 86 % llegando al punto más alto de 93%.

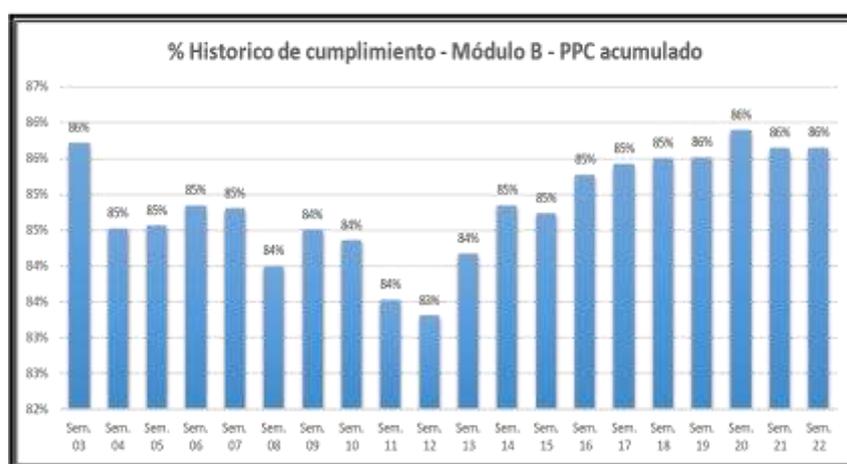
Tabla N° 33. Resumen Acumulado del Bloque C

SEMANA	Actividades planificadas	Actividades completadas	PPC ACUM.
Sem. 03	14	12	86%
Sem. 04	12	10	85%
Sem. 05	13	11	85%
Sem. 06	14	12	85%
Sem. 07	13	11	85%
Sem. 08	15	12	84%
Sem. 09	16	14	84%
Sem. 10	18	15	84%
Sem. 11	13	10	84%
Sem. 12	16	13	83%
Sem. 13	14	13	84%
Sem. 14	13	12	85%
Sem. 15	18	15	85%

Sem. 16	13	12	85%
Sem. 17	16	14	85%
Sem. 18	15	13	85%
Sem. 19	14	12	86%
Sem. 20	13	12	86%
Sem. 21	16	13	86%
Sem. 22	14	12	86%

Fuente: Elaborado por los autores.

Figura N° 45. PPC Acumulado del Módulo C



Fuente: Elaborado por los autores.

De esta manera se puede visualizar en la figura que el promedio acumulado fue manteniendo una estabilidad por en cima del 80% de efectividad desde inicio al final en cuanto a los cumplimientos de los trabajos con respecto a este módulo.

c) Causas de Incumplimiento

Dentro de las causas de incumplimiento daremos a conocer las razones con más incidencia del porqué muchas actividades planificadas no se llegó a concretar a un 100% dificultando poder cumplir con las metas trazadas en los módulos A, B y C. A continuación, se muestran los detalles:

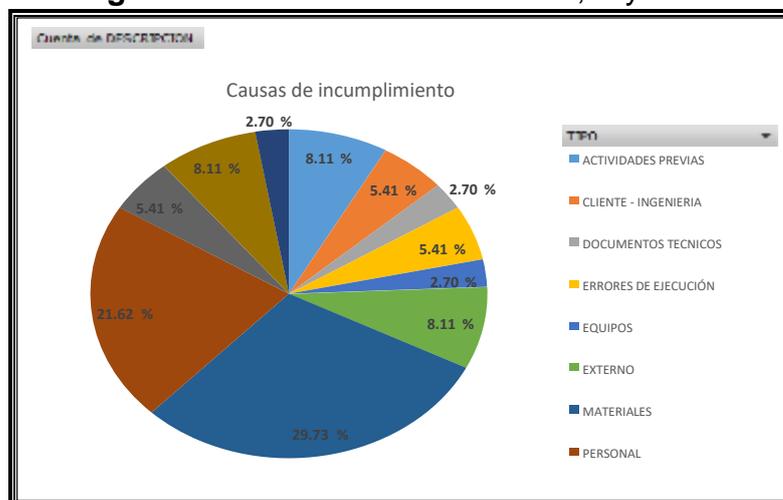
Tabla N° 34. Causas de Incumplimiento más incidentes

COD	DESCRIPCION	CANT.
CLI-MAT	CLIENTE -ALES MATERI	3
CLI-ING	CLIENTE - INGENIERIA	2
CLI-PRI	CLIENTE - PRIORIDADES	0
CLI-CAM	CLIENTE - CAMBIO	3
MAT	MATERIALES	19
DT	DOCUMENTACION TECNICA	3
AP	ACTIVIDADES PREVIAS	3
EXT	EXTERNO	6
EE	ERRORES DE EJECUCION	3
QC	CONTROL DE CALIDAD	1
PER	PERSONAL	10
EQ	EQUIPOS	3
PROG	PROGRAMACIÓN	1
IOF	INCUMPLIMIENTO DE OTRO FRENTE	4
	TOTAL	61

Fuente: Elaborado por los autores.

Como se puede observar en la tabla, una de las causas más incidentes por el que no se pudieron completar ciertos trabajos dentro del límite programado son la falta de materiales y personal calificado en obra en el tiempo debido. A continuación, se observa en la siguiente figura de manera más clara:

Figura N° 46. CNC – Módulos A, B y C.



Fuente: Elaborado por los autores.

Tal cual se observa en la figura anterior, las causas con más incidencia son materiales y personal, obteniendo un porcentaje considerable en comparación con el resto. Una de las razones más relevantes de que se presentó esto es debido a que en la zona donde está ubicada la obra, es una zona muy alejada de la ciudad,

el acceso es limitado dependiendo el tiempo estacional, ya que la única manera de acceder a la ubicación es de Nauta a Bagazán por transporte fluvial y cuando la zona se encuentra en sequía de lluvias, es limitado el acceso de transporte de carga, ya que la entrada al pueblo se reduce y los medios de transporte de gran tamaño ya no tienen acceso.

4.1.2. Carta Balance

Para poder tener un mejor análisis de los trabajos ejecutados se realizó un balance de las actividades, tanto para trabajos productivos, contributarios y no contributarios que se relacionan directamente a una partida determinada. En nuestra situación se procedió a evaluar una de las partidas más críticas e influyentes en la obra, lo cual será el vertido de mortero.

Para lo cual se hizo un comparativo del análisis de la partida mencionada durante las primeras semanas del proyecto y otro durante las semanas más críticas.

En este caso primero se identificó las actividades según su característica productiva, si contribuye o no. Una vez identificado estas características, se empleó la herramienta carta balance para evaluar dicha partida como se muestra a continuación:

Tabla N° 35. Trabajo Productivo - comparativo

Actividad (TP) - Inicial	Actividad (TP) - Final	63%
Producción del mortero	Producción del mortero	45%
Vertido del mortero	Vertido del mortero	35%
Vibración del mortero	Vibración del mortero	20%

Fuente: Elaborado por los autores.

Figura N° 47. Trabajo Productivo



Fuente: Elaborado por los autores.

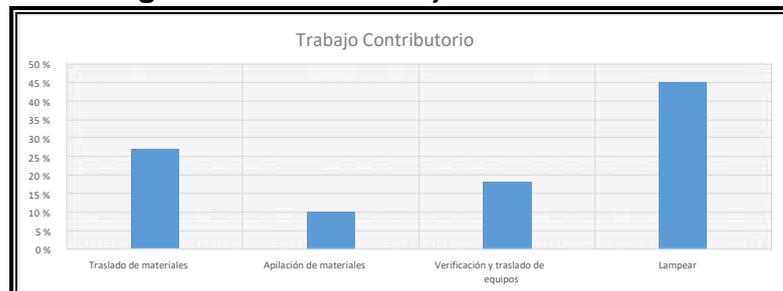
En los anteriores trabajos productivos se puede observar que la actividad con mucha mayor incidencia es la de producción del mortero, en la que intervienen los trabajos como abastecer al trompo de arena, cemento y agua.

Tabla N° 36. Trabajo Contributorio

Actividad (TC) - Inicial	28%	Actividad (TC) - Final	22%
Traslado de materiales	27%	Traslado de materiales	27%
Apilación de materiales	10%	Apilación de materiales	10%
Verificación y traslado de equipos	18%	Verificación y traslado de equipos	18%
Lampear	45%	Lampear	45%

Fuente: Elaborado por los autores.

Figura N° 48. Trabajo Contributorio



Fuente: Elaborado por los autores.

En la figura anterior podemos observar a los trabajos que contribuyen a la ejecución de la partida principal, sin embargo; no representan actividades que están relacionados directamente con la ejecución de ésta, y como podemos observar la

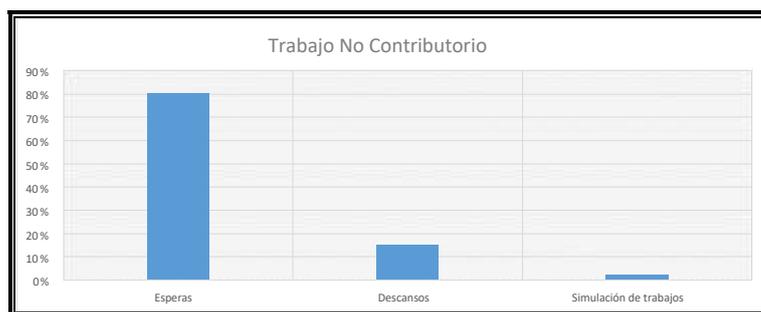
actividad con mayor incidencia representa un 45%, lo que da a entender que el mortero al ser vertido en su posición inicial, no mantiene esa posición hasta el final, si no que se desliza por los lados faltante dentro de los encofrados y se tiene que estar pendiente con uno o dos peones con sus pala, que ayuden a colocar y mover el mortero para mantener la posición y el nivel que se requiere del mortero.

Tabla N° 37. Trabajo no contributorio

Actividad (TNC) - Inicial	Actividad (TNC) - Final	15%
Esperas	80%Esperas	80%
Descansos	15%descansos	15%
Simulación de trabajos	2% simulación de trabajos	2%

Fuente: Elaborado por los autores.

Figura N° 49. Trabajo no contributorio



Fuente: Elaborado por los autores.

Tal cual se puede observar en la figura 49, los trabajos no contributorios representan un porcentaje considerable. Esta actividad es muy incidente y es algo que se tomó en cuenta para poder mejorar el flujo del proceso de ejecución.

Figura N° 50. Carta Balance – Comparativo





Fuente: Elaborado por los autores.

La carta balance indicada en la figura anterior muestra el porcentaje de trabajos tanto productivos, contributorios y no contributorios al inicio de las primeras semanas en la imagen izquierda, lo cual nos permitió identificar el porcentaje de incidencia de los trabajos ya mencionados, con esta información se evaluó y rediseñó el proceso de ejecución de esta partida para así poder reducir la cantidad de trabajo no contributorio, tal cual se observa en la imagen derecha hubo una mejora considerable de un 48% a un 63% en cuanto a trabajos productivos y una reducción de un 24% a un 15% de trabajos no contributarios, permitiendo así tener una mejor productividad en las siguientes semanas.

4.1.2. Curva S y avance de obra

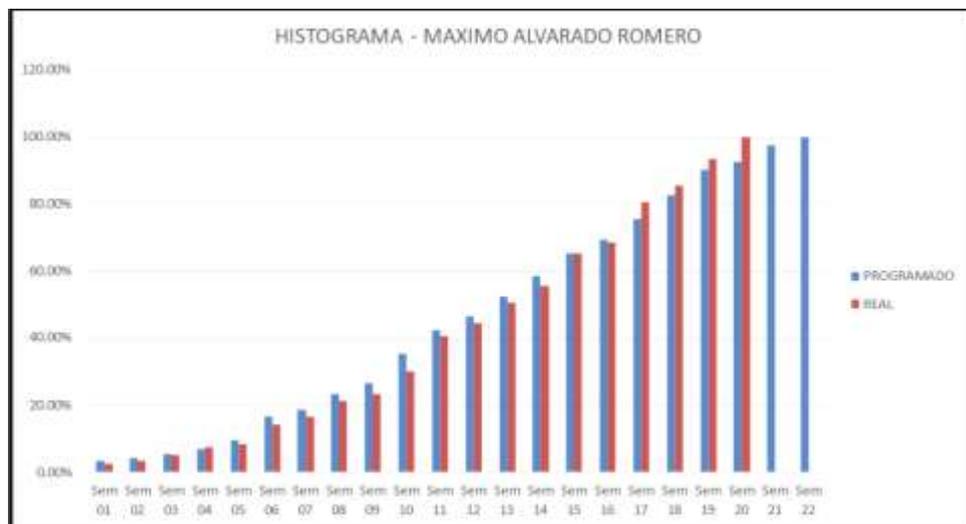
El avance de ejecución del proyecto en su totalidad se verá representado en la siguiente Curva S.

Figura N° 51. Curva S – Máximo Alvarado Romero



Fuente: Elaborado por los autores.

Figura N° 52. Histograma – Máximo Alvarado Romero



Fuente: Elaborado por los autores.

Como se puede observar en los gráficos 51 y 52, tanto en la curva S como en el Histograma se observa que pudimos cumplir con el 100% 2 semanas antes de lo establecido, sin embargo; las expectativas que se tuvieron con la implementación de este sistema fueron mayores a los resultados obtenidos.

V. DISCUSIONES

Para poder realizar una implementación exitosa del Sistema Last Planner se debe contar con ese compromiso y colaboración de todo el equipo involucrado, tanto jefatura como el equipo de staff técnico. Esto se puede llevar a cabo con una adecuada inducción al personal para poder aplicarlo de forma correcta, de esta manera podemos reducir los inconvenientes a la hora de realizar la planificación como lo indica (Díaz Montecinos, 2007), que tuvieron complicaciones para poder mantener las reuniones semanales por la alta demanda de trabajos que exigía el proyecto en esos momentos y les resultó más difícil mantener ese compromiso con los involucrados.

2. Según los datos obtenidos en este proyecto con respecto a la mejoría del rendimiento de los trabajadores, los responsables del proyecto tuvieron que aplicar múltiples estrategias de estímulo para poder mantener al equipo motivado como el reconocimiento a las cuadrillas involucradas que cumplían con la meta diaria trazada, la recompensa mensual significativa a través de regalos de canastas con víveres al personal con mejor rendimiento, tanto al personal en campo, como gabinete, etc., como lo recomiendan (Hinostroza y Manosalva, 2015), que para poder obtener un mayor cumplimiento con las programaciones es necesario mantener a los involucrados motivados.

3. Una de las principales dificultades que se pueden presentar al momento de implementar ese sistema y no generarte lo esperado como lo indica (Constanza A. 2017) en su proyecto, es que no pudieron generar los beneficios, tanto en tiempo de entrega como en reducción de costos porque tuvieron un presupuesto mal calculado lo que les impidió obtener algún tipo de ingreso adicional y no obtener resultados esperados por las limitaciones económicas que tenía la empresa. En el caso de nuestro proyecto “Máximo Alvarado Romero”, se pudo identificar los errores del expediente antes de la ejecución de ésta, adelantándonos a los hechos teniendo en cuenta que se iba a implementar este sistema; por lo que los resultados obtenidos fueron positivos.

4. Una de las causas de incumplimientos más incidentes de acuerdo a nuestros resultados obtenidos en nuestro proyecto fue la de los materiales, con un total de 29.73% con respecto al total de causas de incumplimiento del proyecto, esto debido a las limitaciones de acceso a la ubicación del proyecto, a consecuencia de esto se tuvo muchos problemas con la llegada de los materiales a tiempo en obra y al no tener en consideración dichas restricciones al momento de la planificación semanal se presentaron muchos inconvenientes con las partidas a ejecutar, trayendo como consecuencias principal, no poder cumplir con las metas diarias trazadas y afectar a la meta semanal, como lo indica (Tucto G., 2017), que para lograr un plan semanal eficaz se debe estar condicionado al Inventario del Trabajo ejecutado (ITE) para garantizar las programaciones de las próximas semanas.

VI. CONCLUSIONES

La aplicación de la filosofía de mejora continua del Sistema Last Planner en la obra de construcción del colegio Máximo Alvarado Romero incrementó considerablemente la confiabilidad de la planificación, ya que se pudo corroborar el incremento en diferentes aspectos en el proyecto como los rendimientos de mano de obra que trajo como resultado positivo un mayor compromiso de los involucrados, a pesar de las dificultades que se tuvieron al comienzo del proyecto ya que los resultados no arrojaban datos positivos, esto sirvió como base para una mejora continua mientras se actualizaban las planificaciones de las semanas siguiente, trayendo mejores resultados y como consecuencia cumplir con el objetivo trazado.

2. El Plan maestro fue nuestra herramienta guía durante todo el proyecto ya que nos brindó un panorama más confiable de los trabajos a realizar en el proyecto, por lo que se plantearon hitos y trenes de trabajo de manera general, indicando fechas planificadas de manera mucho más coherente a lo indicado en la programación general del proyecto establecido en el expediente técnico.

3. El LookAhead Planning fue una de las herramientas más fundamentales en el transcurso de la ejecución del proyecto, ya que al ser una planificación a nivel intermedio, nos brindó la facilidad de poder hacer un análisis de manera más detallada, dando lugar a mejorar la planificación extraída del Plan maestro, ya que en cada planificación se establecieron trenes de trabajo por sectores, levantamiento de las restricciones que podrían impedir el flujo de avance de la ejecución, se dimensionó cuadrillas reales, recursos adecuados, cronograma de adquisición de materiales de manera más certera, para que los materiales estén en obra en el momento propicio y sobre todo la retroalimentación para la mejora continua que nos permitió poder mejorar las planificaciones semana tras semana.

4. Los PPC (Porcentaje de Plan de Cumplimiento), fue otra de las herramientas muy importantes en el desarrollo del control del proyecto, esto de la mano con

las reuniones semanales ya que nos permitió medir la fiabilidad de lo que se planificaba y también corroborar la efectividad del sistema. Nos permitió hacer un seguimiento más efectivo a la hora de llevar el control de la ejecución de los trabajos, también nos permitió identificar en el momento preciso los trabajos que no se llegaban a concluir, dando lugar a una siguiente evaluación de buscar y encontrar las causas de raíz del porqué una determinada partida no se concretaba de acuerdo a lo planificado, todo esto nos permitía tener en cuenta criterios para las próximas planificaciones que se hacían y evitar cometer los mismos errores.

VII. RECOMENDACIONES

Implementar el sistema Last Planner ayuda a mejorar de manera considerable la planificación si comparamos con la planificación tradicional, ya que en el método tradicional no se analizan de manera detallada todas las variables que se presentan en obra y que se deben tomar en cuenta a la hora de planificar, lo que genera incertidumbre durante la ejecución de los proyectos, sin embargo; estas planificaciones realizadas con la implementación del LPS, deben ser desarrolladas no sólo por los líderes de la obra, si no; involucrar a todo el equipo técnico, incluido el maestro de obra, ya que estos últimos mencionados son los protagonistas en la parte ejecutiva del proyecto.

2. Para poder realizar un buen Plan Maestro, implica ser coherentes con los datos a tomar en cuenta, tomar datos reales, trenes de trabajos confiables, dimensionamientos reales de las cuadrillas; esto nos va permitir obtener metas alcanzables y fechas reales de entregas.

3. Para poder generar un Look Ahead Planning confiable, hay que ser cuidadosos al momento de realizar las sectorizaciones para los trenes de trabajo, ya que se debe evaluar exhaustivamente si los metrados por cada sector podrán ser ejecutados diariamente sin ningún inconveniente, ya sea económico como logístico por parte de la empresa constructora, debido a esto se debe obtener sectorizaciones que permitan un flujo continuo de las actividades.

4. Los Porcentajes de plan de cumplimiento deben ser evaluadas todas las semanas, se debe tomar muy en serio las reuniones semanales con todas las cabezas involucradas, residente, jefes de área, staff técnico, maestro de obra, jefes de cuadrillas, ya que de esta manera se podrá evaluar de manera detallada las planificaciones de las siguientes semanas, tomando en cuenta las sugerencias y recomendaciones de cada especialista en su área y de esta manera obtener mejores planificaciones, más coherentes y alcanzables.

REFERENCIAS

- ACHELL, J.F., 2014. Introducción a Lean Construction Introducción a lean construction. *Fundación Laboral de la Construcción* [en línea], pp. 74.
- AGUDELO, G., AIGNEREN, M. y RUIZ, J., 2008. Diseños De Investigación Experimental Y No-Experimental. *Centro de Estudios de Opinión* [en línea], pp. 1-46.
- ANDRADE, M. y ARRIETA, B., 2011. Last planner en subcontrato de empresa constructora. *Revista de la Construcción*, vol. 10, no. 1, pp. 36-52.
- GLADYS K. TUCO, 2017. Ingeniero civil. Metodología de la aplicación de la filosofía lean construction y last planner system en la region san martin.
- ARABI, S., CHAFI, A., BAJJOU, M.S. y HAMMOUMI, M. El, 2021. Exploring Lean Production System Adoption in the Moroccan Manufacturing and Non-Manufacturing Industries : Awareness , Benefits and Barriers. , vol. 18, no. 4, pp. 9312-9332.
- ARANGUREN, D., ORTIZ, C., QUIROGA, O. y SOLANO, H., 2018. Evaluación de la aplicación de la metodología Last Planner en proyectos de interés prioritario utilizando herramientas informáticas. [en línea], vol. 0, no. 0, pp. 72.
- ARIAS-GÓMEZ, J., VILLASÍS-KEEVER, M.Á. y MIRANDA-NOVALES, M.G., 2016. The research protocol III. Study population. *Revista Alergia Mexico*, vol. 63, no. 2, pp. 201-206. ISSN 00025151. DOI 10.29262/ram.v63i2.181.
- AWAD, T. y FRA, D., 2021. Sustainable Construction : Improving Productivity through Lean Construction. ,
- BALLARD, G. y TOMMELEIN, I., 2021. *2020 Current Process Benchmark for the Last Planner® System of Project Planning and Control*. S.l.: s.n. ISBN 0000000299.
- BHAWANI, S., MESSNER, J. y LEICHT, R., 2021. Key Planning Steps Enabling Systematic Lean Implementation on Construction Projects. , vol. 227, pp. 204227.
- BINDA, N.U. y BENAVENT, F.B., 2013. Investigación Cuantitativa E Investigación Cualitativa: Buscando Las Ventajas De Las Diferentes Metodologías De Investigación. *Revista de Ciencias Económicas*, vol. 31, no. 2, pp. 179-187. ISSN 2215-3489.

- BRIOSO, X., 2017. Synergies between Last Planner System and OHSAS 18001 – A general overview = Sinergias entre el Last Planner System y la OHSAS 18001 - Una visión general. *Building & Management*, vol. 1, no. 2, pp. 24.
- CHIU, S. y COUSINS, B., 2020. Last planner system® in design. *Lean Construction Journal*, vol. 2020, pp. 78-99.
- DÍAZ, L., OLIVEIRA, M. de, PUCHARELLI, P. y PINZÓN, J., 2019. Integración entre el sistema last planner y el sistema de gestión de calidad aplicados en el sector de la construcción civil. *Revista ingeniería de construcción*, vol. 34, no. 2, pp. 146-158.
- DÍAZ MONTECINOS, D.A., 2007. APLICACIÓN DEL SISTEMA DE PLANIFICACIÓN «LAST PLANNER» A LA CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO HABITACIONAL DE MEDIANA ALTURA. *Lean Construction*, vol. 5, no. 1, pp. 3.
- ECONOMICS, I., 2015. Critical Success Factors for Implementing Lean Production : The Effect of Contingencies. *International Journal of Production Research*, vol. 54, no. 8, pp. 2433-2448.
- EN, E., EN, A. y EMPRESA, U.N.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.
- ESPEJO ALARCÓN, M.; MOYANO FUENTES, J., 2007. Lean Production : Estado Actual Y Desafíos. *investigacion Europea*, vol. 13, no. 1135-2523, pp. 1-202.
- GHANNOUM, C., ANTAR, S., DAOUD, Y. y HAMZEH, F., 2019. Are construction clients ready to lead the lean initiative? *Lean Construction Journal*, vol. 2019, pp. 105-120. ISSN 15551369.
- GIOVANNY, O., ALBERTO, S.J. y YERSON, G.H.P., 2017. BrIM 5D models and Lean Construction for planning work activities in reinforced concrete bridges Modelos BrIM 5D y Lean Construction para planificar actividades de. *Revista Facultad de Ingeniería*, vol. 26, no. 46, pp. 39-50.
- HINOSTROZA, D. y MANOSALVA, O., 2015. Aplicación de Last Planner en edificaciones multifamiliares.
- HOYOS, M.F. y BOTERO, L.F., 2018. Evolution and global impact of the Last Planner System: a literature review. *Ingeniería y Desarrollo*, vol. 36, no. 1, pp.

- 187-214. ISSN 01223461. DOI 10.14482/inde.36.1.10946.
- LAGOS, C. y ALARCON, L.F., 2017. Nivel De Implementación De Last Planner System ® Y El Desempeño. , no. May 2020.
- MÄKI, T. y KEROSUO, H., 2020. Design-related questions in the construction phase: The effect of using the last planner system in design management. *Canadian Journal of Civil Engineering*, vol. 47, no. 2, pp. 132-139. ISSN 12086029. DOI 10.1139/cjce-2018-0382.
- MARIZ, R.N. y PICCHI, F.A., 2021. Implementation of lean practices facilitated by BIM functionalities in the construction phase: advances and opportunities. *Ambiente Construído*, vol. 21, no. 4, pp. 309-328.
- MENG, X., 2019. Lean management in the context of construction supply chains. *International Journal of Production Research*, vol. 57, no. 11, pp. 3784-3798.
- NGUYEN, P. y AKHAVIAN, R., 2019. Synergistic Effect of Integrated Project Delivery, Lean Construction, and Building Information Modeling on Project Performance Measures: A Quantitative and Qualitative Analysis. *Advances in Civil Engineering*, vol. 2019. ISSN 16878094. DOI 10.1155/2019/1267048.
- NIETO-MOROTE, A. y RUZ-VILA, F., 2012. Last Planner Control System Applied to a Chemical Plant Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 138, no. 2, pp. 287-293.
- ORIHUELA, P. y ULLOA, K., 2011. La Planificación de las Obras y el Sistema Last Planner. *Corporación Aceros Arequipa. Construcción Integral*, vol. Boletín N°, pp. 4-7.
- PATERNINA-ARBOLEDA, C.D., LLINÁS, G.A.G. y ORTIZ, A.E.S., 2006. Determining the number of cards for a lean production system of an extrusion process based on resource selection criteria. *Summer Computer Simulation Conference 2006, SCSC'06, Part of the 2006 Summer Simulation Multiconference, SummerSim'06*, pp. 439-445.
- PONZ, J., CERVERÓ, F. y ALARCÓN, L., 2013. Last Planner System. Un Caso de Estudio. [en línea], pp. 1-177.
- PONZ TIENDA, J.L., BENLLOCH MARCO, J., ANDRÉS ROMANO, C. y SENABRE, D.G., 2011. Un algoritmo matricial RUPSP / GRUPSP «sin interrupción» para

- la planificación de la producción bajo metodología Lean Construction basado en procesos productivos. *Revista de la Construcción*, vol. 10, no. 2, pp. 90-103.
- POWER, W., SINNOTT, D. y LYNCH, P., 2021. Evaluating the efficacy of a dedicated last planner® system facilitator to enhance construction productivity. *Construction Economics and Building*, vol. 21, no. 3, pp. 142-158.
- POWER, W. y TAYLOR, D., 2019. Last planner® system and percent plan complete: An examination of trade contractor performance. *Lean Construction Journal*, vol. 2019, pp. 131-146.
- ROJAS LÓPEZ, M.D., HENAO GRAJALES, M. y VALENCIA CORRALES, M.E., 2017. Lean construction – LC bajo pensamiento Lean. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 16, no. 30, pp. 115-128.
- ROTH, N., DEUSE, J. y BIEDERMANN, H., 2020. A framework for System Excellence assessment of production systems , based on lean thinking , business excellence , and factory physics. , vol. 58, no. 4, pp. 1074-1091.
- RUBIO, J.F.P.I., 2019. *Lean Construction y la planificación colaborativa - Metodología del Last Planner System*. S.l.: s.n. ISBN 9788409106097.
- SARHAN, J.G., XIA, B., FAWZIA, S. y KARIM, A., 2017. Lean construction implementation in the Saudi Arabian construction industry. *Construction Economics and Building*, vol. 17, no. 1, pp. 46-69.
- TORTORELLA, G.L., FETTERMANN, D., CAUCHICK MIGUEL, P.A. y SAWHNEY, R., 2020. Learning organisation and lean production: an empirical research on their relationship. *International Journal of Production Research*, vol. 58, no. 12, pp. 3650-3666.
- VARGAS CORDERO, Z.R., 2009. La Investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, vol. 33, no. 1, pp. 155.

ANEXOS

Anexo1. Solicitud de Permiso a entidad para realizar trabajo de investigación

cr

"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ: 200 AÑOS DE INDEPENDENCIA"

SOLICITO: PERMISO PARA REALIZAR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.

CARTA N° 001-2021/CLRH

Iquitos, 05 de noviembre del 2021

Señor:

Ing. Mg. RAUL FLORES AQUEPUCHO

Gerente General De Infraestructura

Gobierno Regional de Loreto



Yo **CHRISTIAN LOTHAR REYNA HIDALGO**, identificado con DNI. N° 47780418 domiciliado en: Jr. Progreso # 350, Jurisdicción del Distrito de Belén, Provincia de Maynas y Departamento de Loreto, ante Ud. con el debido respeto me presento y expongo lo siguiente:

Que, estando actualmente cursando el Taller de Tesis en la Universidad César Vallejo, solicito a Ud. Permiso para realizar el trabajo de investigación en la obra "MEJORAMIENTO DE LA I.E.P.S.M. N° 60623 MAXIMO ALVARADO ROMERO DE LA LOCALIDAD DE BAGAZAN DEL DISTRITO DE SAQUENA-PROVINCIA DE MAYNAS-DEPARTAMENTO DE LORETO" sobre el tema de "APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LAST PLANNER EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MAXIMO ALVARADO ROMERO - LORETO" para optar el Título de Ingeniero Civil.

POR LO EXPUESTO

Considero viable que acepte mi solicitud.

Atentamente,


CHRISTIAN LOTHAR REYNA HIDALGO
DNI. N° 47780418

Anexo2. Carta de respuesta de la entidad



BICENTENARIO
PERÚ 2021

LORETO
GOBIERNO REGIONAL
COMUNIDAD EN ACCIÓN



GERENCIA REGIONAL
DE INFRAESTRUCTURA

Rio Amazonas
Ministerio Nacional de Riego

"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ: 200 AÑOS DE INDEPENDENCIA"

09 de noviembre del 2021

CARTA N°041-2021/RFA-GRI-GORELORETO

Señor:

Franco Felipe López Hidalgo
Representante Legal de Consorcio GroupFrd.

Asunto:

SOLICITUD PERMISO DE TRABAJO DE INVESTIGACION

Referencia:

CARTA N°001-2021/CLRH.

RECIBIDO

10/11/2021

10:34 am

2

Estimado:

El Gobierno Regional de Loreto, mediante la Gerencia Regional de Infraestructura, no está autorizado a dar alguna conformidad de solicitudes de permiso para trabajos de investigación, salvo en aquellos proyectos (obra), donde la administración y ejecución estén plenamente desarrollados por la Gerencia Regional de Infraestructura, a través de la Sub Gerencia Regional de Obras (Administración directa).

El acta de entrega de terreno, es un documento en el que la entidad, le transmite toda responsabilidad Legal, Administrativa, Social y Técnica a la empresa responsable de la ejecución de la Obra.

Mediante el CONTRATO N°054-2020-GRI-GRI-SAQUENA, firmado el 25 de noviembre del 2020, la entidad firmó contrato con el CONSORCIO GROUPFRD, ganadora de la buena pro para la Ejecución de la Obra "MEJORAMIENTO DE LA I.E.P.S.M N° 60623, MAXIMO ALVARADO ROMERO, DE LA LOCALIDAD DE BAGAZAN DEL DISTRITO DE SAQUENA - DEPARTAMENTO DE LORETO".

Así mismo se firmó el ACTA DE ENTREGA DE TERRENO el 08 de diciembre del 2020, entre los representantes de la entidad y el Consorcio GroupFrd.

Por tal motivo, esta GERENCIA, concluye que la institución encargada de emitir la autorización es el CONSORCIO GROUPFRD, como responsable legal, Administrativo, Social y Técnico de la Obra en mención, Por consiguiente, El CONSORCIO GROUPFRD, debe atender la solicitud del interesado, para los fines que este estime conveniente.

Sin más que añadir, le remito mis saludos y deseos de éxito.

Atentamente

GOBIERNO REGIONAL DE LORETO
Gerencia Regional de Infraestructura

SAUL FLORES ACOSTA
Sub Gerente de Supervisión y Control

Anexo3. Carta de respuesta de Consorcio GROUPFRD



CALLE PROGRESO N° 350 - IQUITOS - LORETO

Teléfono: 925123887

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Iquitos, 16 de noviembre 2021.

CARTA N° 010-2021/FFLH/CONSORCIOGROUPFRD

Señor :

Christian Lothar Reyna Hidalgo
DNI: 47780418

Asunto :

ACEPTACIÓN DE LA SOLICITUD DE PERMISO PARA TRABAJO DE INVESTIGACION

Referencia :

a.- CARTA N°001-2021/RFA-GRI-GORELORETO
b.- CARTA N°001-2021/CLRH
c.- "Mejoramiento de la IEPSM N° 60623 Máximo Alvarado Romero de la localidad de Bagazan del Distrito de Saquena - Provincia de Requena - Departamento de Loreto"

De nuestra parte:

La empresa Consorcio GroupFrD, en virtud de los documentos de la referencia "a." y "b.", en donde su persona solicita "Permiso para realizar trabajo de investigación en la obra Mejoramiento de la IEPSM N° 60623 Máximo Alvarado Romero de la localidad de Bagazan del distrito de Saquena - provincia de Requena - departamento de Loreto, sobre el tema APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA LAST PLANNER, para optar el título de INGENIERO CIVIL". Ha acogido el análisis y la conclusión que la entidad a emitido, para los fines que el interesado estime conveniente:

- La institución encargada de emitir la autorización es el CONSORCIO GROUPFRD, como responsable legal, Administrativo, Social y Técnico de la Obra en mención. Por consiguiente, El CONSORCIO GROUPFRD, debe atender la solicitud del interesado, para los fines que este estime conveniente.

Por tales motivos, mi representada **ACEPTA** la solicitud, realizada por el Sr. Christian Lothar Reyna Hidalgo, con DNI N° 47780418, para que ejecute su trabajo de investigación en la "APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA LAST PLANNER" en Obra.

En virtud de la RM N° 377-2020-MINSA y RM N° 835-2021-MINSA, el Sr Christian Lothar Reyna Hidalgo, debe acatar las siguientes normativas:

- 1). Antes de ingresar a obra debe presentar todos los documentos que certifiquen que está ingresando a obra en un buen estado de salud.
- 2). Presentar su carnet de vacunación contra la Covid -19 con las 2 dosis aplicadas.
- 3). Respetar y acatar el Plan para la Vigilancia, Prevención y Control del Covid-19, en el trabajo en obra.

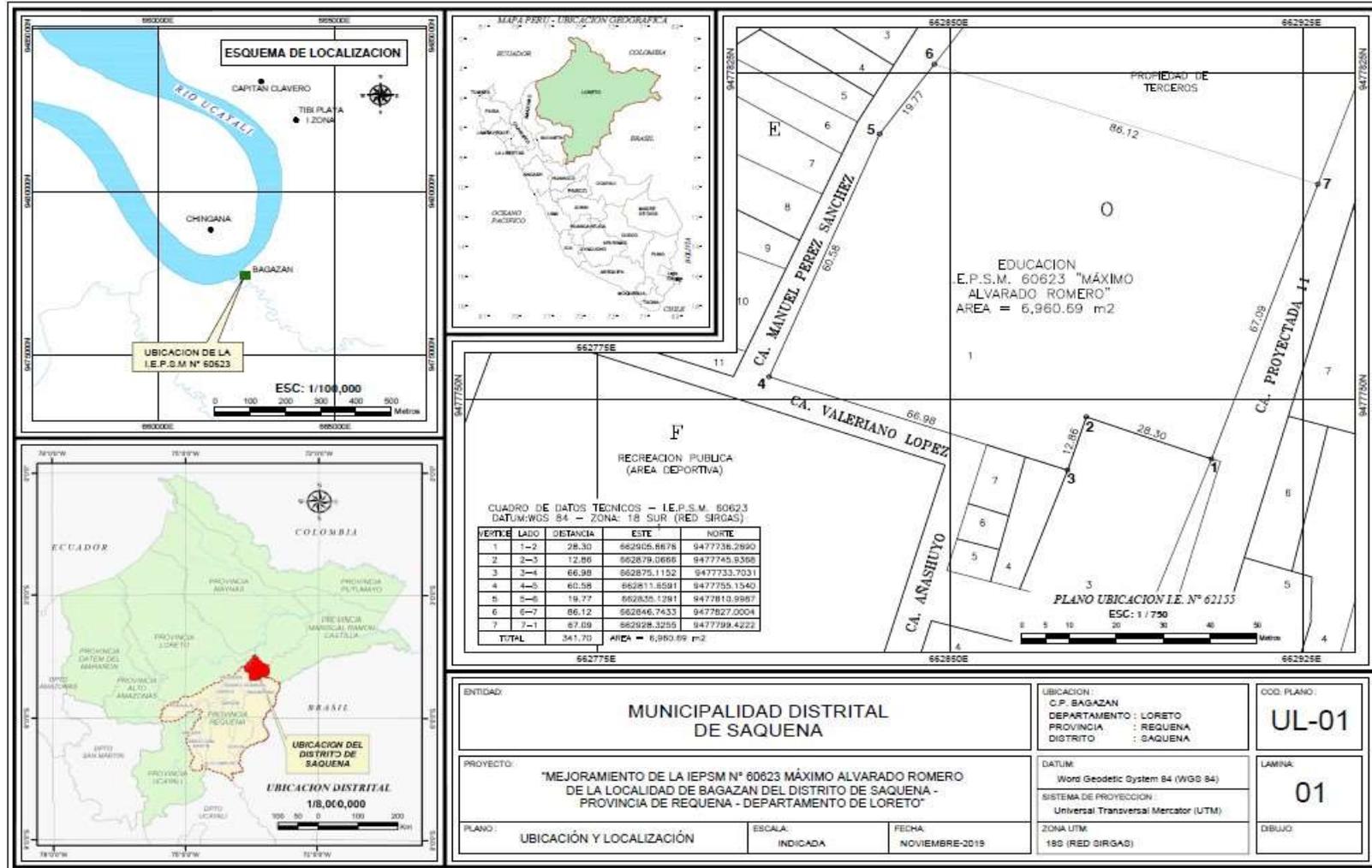
Según el Decreto Supremo N° 039-91-TR, debe respetar el Reglamento Interno de Trabajo, establecido por el Consorcio GroupFrD.

Según D.S.N° 005-2012-TR y Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, deberá ingresar a obra con todos los implementos de seguridad (EPPS) y respetar el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo.

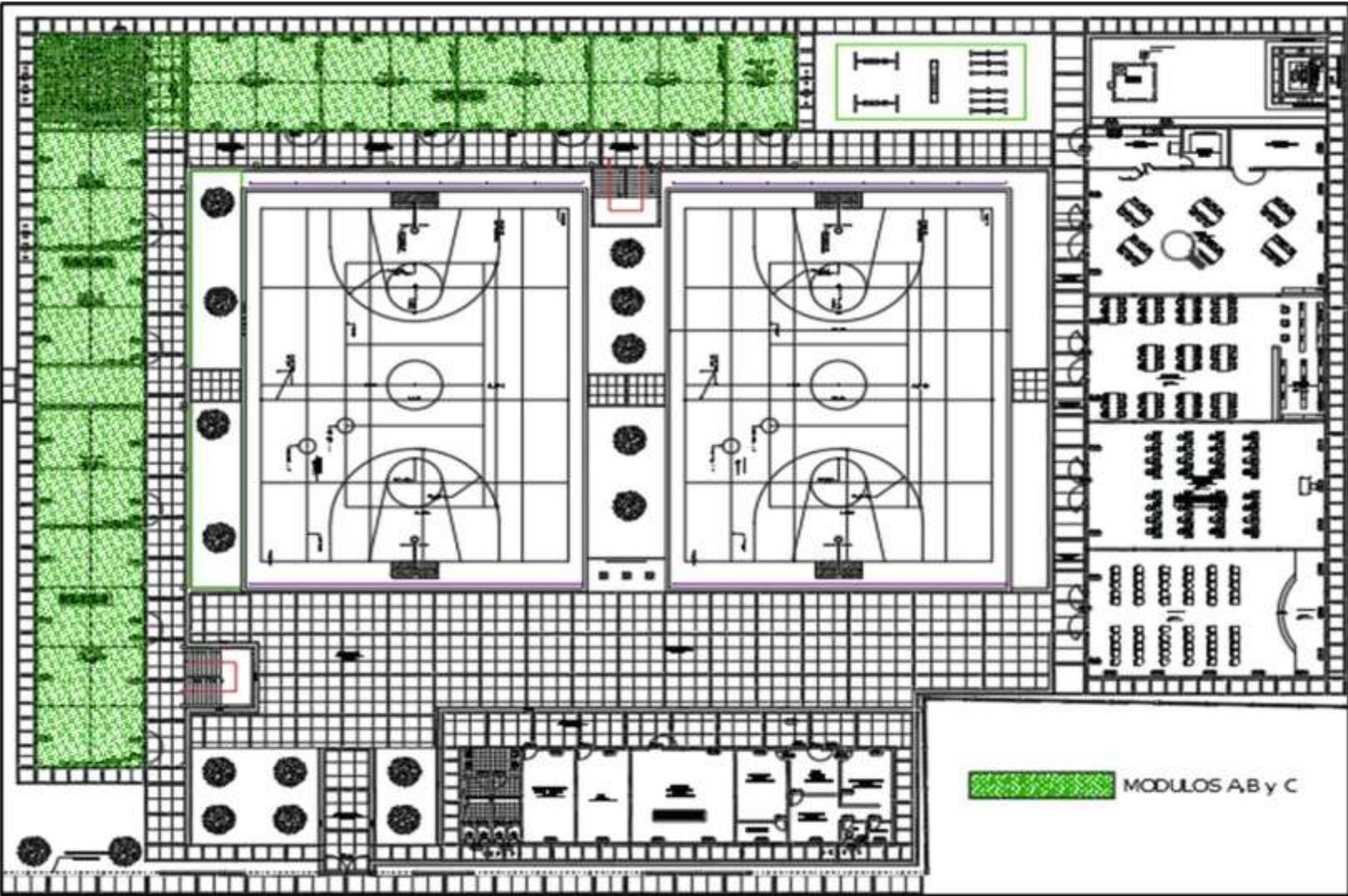
Sin mas que añadir me despido de usted, expresándole mis más sinceros saludos.

Atentamente,
CONSORCIO GROUPFRD
Francisco Felipe López Hidalgo
DNI: 42094529
Representante Legítimo

Anexo4. Plano de Ubicación del proyecto



Anexo5. Planta General del Proyecto.



Anexo6. Matriz de consistencia Proyecto:

Aplicación de la metodología Last Planner en la construcción de la institución educativa Máximo Alvarado Romero - Loreto				
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLE	INDICADORES	METODLOGIA
<p>Problema general: ¿Cómo los indicadores del sistema Last Planner System influyen en la planificación, control y gestión de la producción en la construcción del módulo B-C de la institución educativa Maximo Alvarado Romero – Loreto?</p>	<p>Objetivo general: Evaluar los indicadores del sistema Last Planner System en la planificación, control y gestión de la producción en la construcción de los módulos A, B y C de la institución educativa Maximo Alvarado Romero – Loreto</p>	<p>Planificación De la obra Máximo Alvarado Romero</p>	<p>De la variable dependiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mano de Obra 2. Materiales 3. Ratios de productividad 	<p>1. Tipo de Investigación: El presente proyecto se califica como una Investigación aplicada.</p> <p>2. Nivel de Investigación: El presente proyecto constituye una investigación descriptiva.</p> <p>3. Diseño de Investigación. El siguiente diseño para este proyecto es No experimental.</p> <p>4. Tiempo de Investigación. La clasificación del diseño no experimental para este proyecto de investigación corresponde al Diseño Transversal.</p> <p>5. Población y muestra de investigación. Este presente proyecto de investigación tomó como población al proyecto de construcción de la Institución Educativa Máximo Alvarado Romero – Loreto. La muestra estuvo conformada por el personal operativo, staff técnico de obra, operarios, oficiales, personal logístico; quienes estuvieron involucrados directa e indirectamente en la ejecución de las partidas correspondientes a la especialidad de estructura.</p>
<p>Problema Especifico 1: ¿En qué medida influye la implementación del Master Plan en el sistema Last Planner para la ejecución de las partidas de estructuras (Cimentación), del módulo B-C de la institución educativa Máximo Alvarado Romero – Loreto?</p>	<p>Objetivo Especifico 1: Determinar el grado de influencia del Master Plan en el sistema Last Planner para la ejecución de las partidas de estructuras (Cimentación), de los módulos A, B y C de la institución educativa Máximo Alvarado Romero – Loreto.</p>			
<p>Problema Especifico 2: ¿En qué medida influye la implementación del LookAhead Planning en el sistema Last Planner para la ejecución de las partidas de estructuras (Cimentación), del módulo B-C de la institución educativa Máximo Alvarado Romero – Loreto?</p>	<p>Objetivo Especifico 2: Determinar el grado de influencia del LookAhead Planning en el sistema Last Planner para la ejecución de las partidas de estructuras (Cimentación), de los módulos A, B y C de la institución educativa Máximo Alvarado Romero – Loreto.</p>			
<p>Problema Especifico 3: ¿En qué medida influye el porcentaje de Plan de Cumplimiento (PPC) y las Causas de No cumplimiento (CNC) en el sistema Last Planner para la ejecución de las partidas de estructuras (Cimentación), del pabellón modulo B-C de la institución educativa Máximo Alvarado Romero – Loreto?</p>	<p>Objetivo Especifico 3: Determinar el grado de influencia del porcentaje de Plan de Cumplimiento (PPC) y las Causas de No cumplimiento (CNC) en el sistema Last Planner para la ejecución de las partidas de estructuras (Cimentación), de los módulos A, B y C de la institución educativa Máximo Alvarado Romero – Loreto.</p>			

Anexo7. Matriz de operacionalización de las variables.

Aplicación de la metodología Last Planner en la construcción de la institución educativa Máximo Alvarado Romero - Loreto

INDICADORES DIMENSIONES INSTRUMENTO VARIABLE TIPO

DEFINICION CONCEPTUAL TÉCNICAS

la especialidad de Estructura: (Excavación, relleno y compactación, Acero y mortero en zapatas, mortero en cimiento corrido, acero, encofrado y mortero en vigas de cimentación de los módulos A, B y C) debido que sobre ella se va evaluar los resultados y efectos de este proyecto de investigación a través de la integración del LPS.

- (PPC) Porcentaje plan de Cumplimiento.
- Plan diario.
- Plan Semanal.
- Fichas de inspección visual

De la variable dependiente:

1. Tareas programadas completadas
1. Fichas de control
2. Tareas no controladas
3. Tareas no controladas
1. Mano de Obra
2. Materiales
3. Ratios de productividad programada

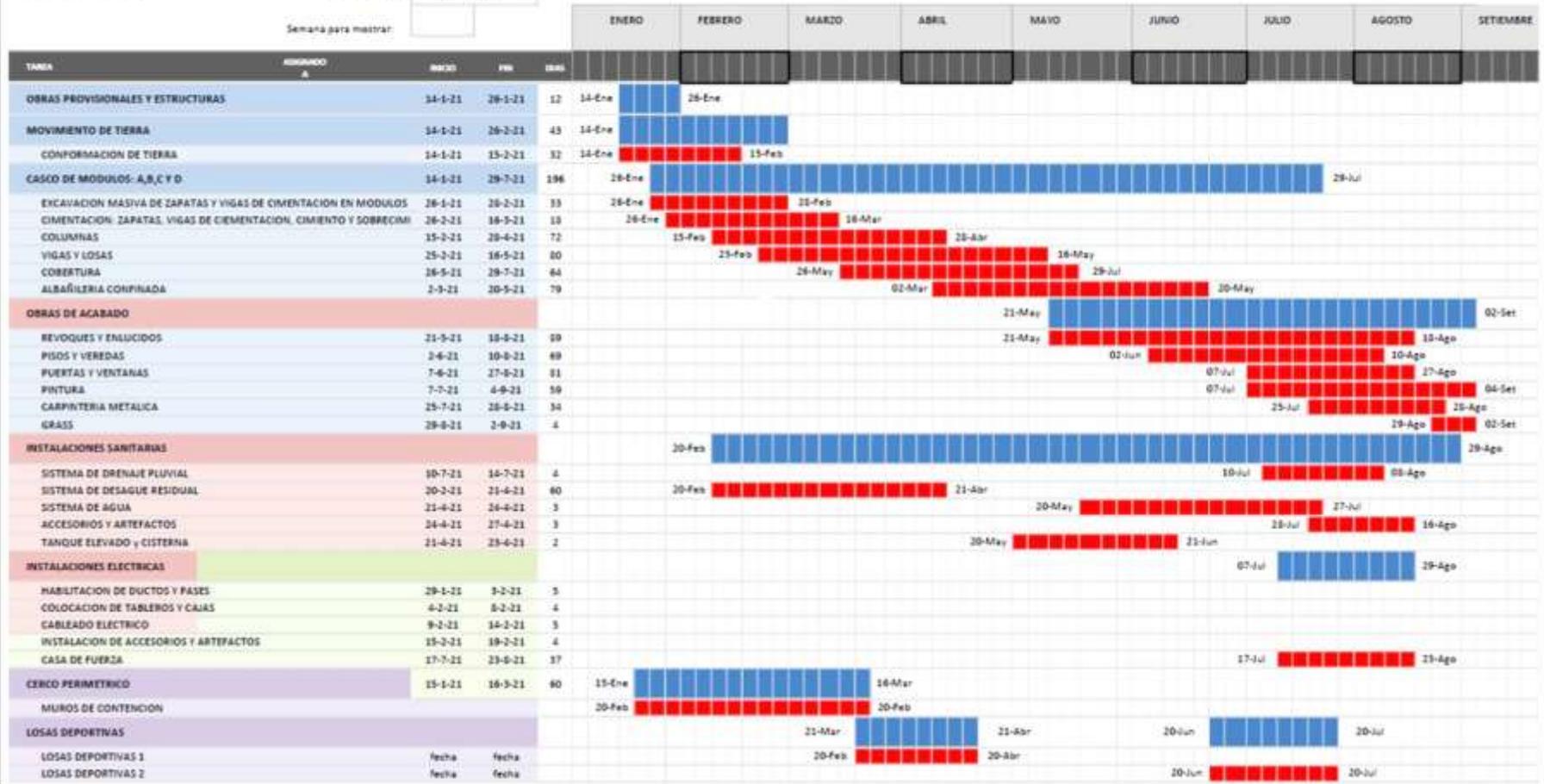
	Planificación	De la obra Máximo Dependiente			
	Alvarado Romero	Tomaremos como variable dependiente a nuestra planificación de la obra Máximo Alvarado Romero, Loreto, específicamente de las partidas correspondientes a	investigación a través de la integración del LPS.		
			<ul style="list-style-type: none"> • Master plan o cronograma maestro de obra. • LookAhead para generar el tren de actividades. <p style="text-align: center;">Anexo8. Formato Plan Maestro de Máximo Alvarado Romero</p>		<ol style="list-style-type: none"> 3. Fichas de análisis de restricciones 4. Formato de porcentaje de plan de cumplimiento

"Mejoramiento de la IEPSM N° 60623 Máximo Alvarado Romero de la localidad de Bagazan del distrito de Saquena – provincia de Requena – departamento de Loreto"

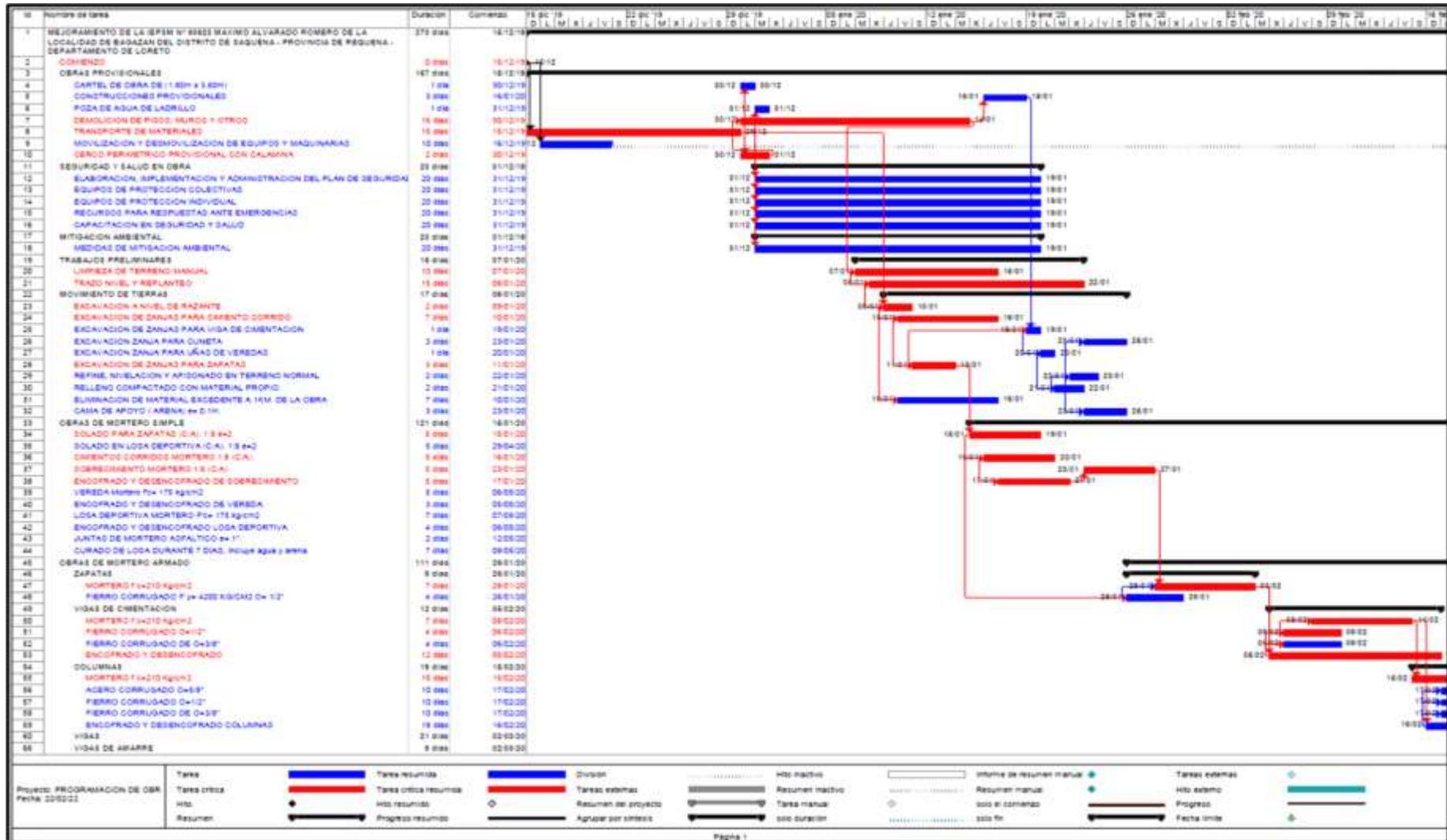
Nombre de la compañía: **GROUP F & D**
 Responsable del proyecto:

Inicio del proyecto: **juv. 14/01/2021**

Semana para mostrar:



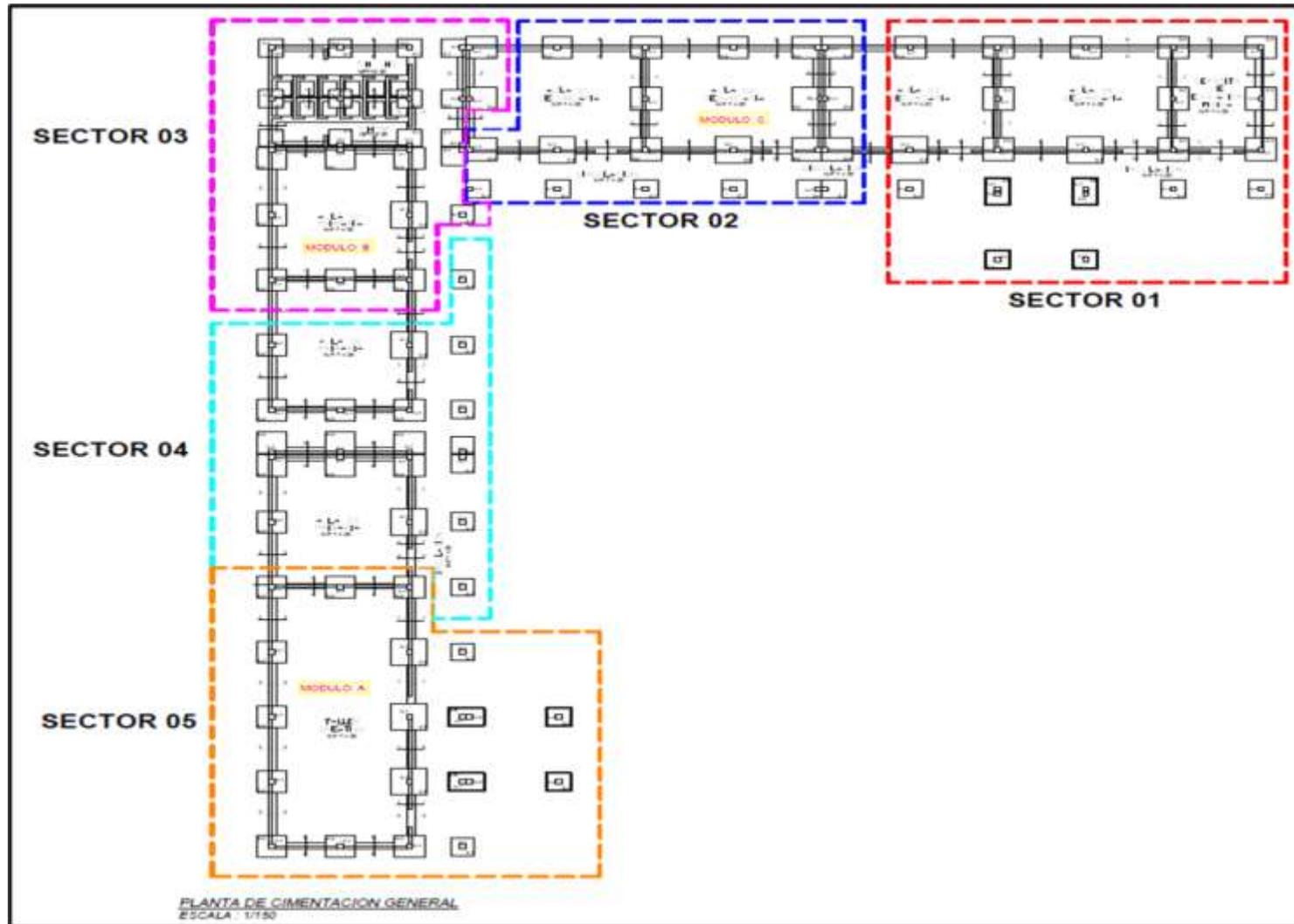
Anexo9. Gantt del proyecto Máximo Alvarado Romero



Anexo10. Formato LookAhead Planning de las partidas evaluadas del módulo A, B y C

Descripción de la Actividad	Und	Metrado Prog	SEMANA 3							SEMANA 4							SEMANA 5				
			L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V
			04-Ene	05-Ene	06-Ene	07-Ene	08-Ene	09-Ene	10-Ene	11-Ene	12-Ene	13-Ene	14-Ene	15-Ene	16-Ene	17-Ene	18-Ene	19-Ene	20-Ene	21-Ene	22-Ene
FASE DE CIMENTACION																					
Trazo, nivel y replanteo	m2	225.99	S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC														
Excavación de zanjas para zapatas	m3	56.70	S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC														
Refine, nivelación y apisonado en terreno normal	m2	225.99	S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC														
Camá de apoyo de arena	m2	185.49	S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC														
Solado para zapatas	m2	40.50	S5-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC														
Colocación de fierro corrugado de 1/2" para zapatas	kg	593.76		S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC													
Mortero para zapatas	m3	16.20		S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC													
Excavación de Zanjas para cimientos y Vigas de cimentación.	m3	31.60			S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC												
Mortero para cimiento comido	m3	7.75			S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC												
Colocación de fierro corrugado de 1/2" para vigas de cimentación	kg	420.44				S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC											
Colocación de fierro corrugado de 3/8" para estribos de vigas de cimentación	kg	341.25				S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC											
Encofrado para Vigas de cimentación	m2	46.54					S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC										
Mortero para Vigas de cimentación	m3	6.98					S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC										
Desencofrado para vigas de cimentación	m2	46.54						S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC									
Colocación de fierro corrugado de 5/8" para columnas	kg	1486.08						S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC									
Colocación de fierro corrugado de 3/8" para columnas	kg	324.07						S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC									
Encofrado para columnas	m2	87.60							S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC								
Mortero para columnas	m3	9.86							S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC								
Desencofrado para columnas	m2	87.60								S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC							
Encofrado para sobrecimiento	m2	28.47								S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC							
Mortero para sobrecimiento	m3	2.41								S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC							
Desencofrado para sobrecimiento	m2	28.47									S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC						
Refileno compactado con material propio seleccionado	m3	36.88										S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC					
Eliminación de material excedente a 1km de obra	m3	49.42											S1-MA	S2-MA	S3-MB	S4-MC	S5-MC				

Anexo11. Sectorización de los módulos A, B y C del proyecto Máximo Alvarado Romero.



Anexo12. Metrados por sector de los Módulos A, B y C

DESCRIPCIÓN	METRADO TOTAL	SECTOR 01 MODULO A	SECTOR 02 MODULO A	SECTOR 03 MODULO B	SECTOR 04 MODULO C	SECTOR 05 MODULO C
Trazo, nivel y replanteo	1129.95	220.00	225.00	228.00	230.00	226.95
Excavación de zanjas para zapatas	158.01	55.45	56.7	57.23	56.25	57.87
Refine, nivelación y apisonado en terreno normal	1129.95	220	225	228	230	226.95
Cama de apoyo de arena	927.45	184.82	188.25	185.57	183.25	185.56
Solado para zapatas	202.5	40.25	42.21	40.02	39.52	40.5
Colocación de fierro corrugado de ½" para zapatas	2968.8	590.6	595.26	605.23	580.8	596.91
Mortero para zapatas	81	16.45	16.15	16.56	14.89	16.95
Excavación de Zanjas para cimientos y Vigas de cimentación.	158.01	30.25	31.4	33.26	29.42	33.68
Mortero para cimiento corrido	38.74	7.89	8.4	7.6	6.75	8.1
Colocación de fierro corrugado de ½" para vigas de cimentación	2102.2	425.25	420.58	430.25	405.25	420.87
Colocación de fierro corrugado de 3/8" para estribos de vigas de cimentación	1706.23	341.25	340.58	343.18	332.25	348.97
Encofrado para Vigas de cimentación	232.69	46.53	48.25	47.52	43.21	47.18
Mortero para Vigas de cimentación	34.91	7.2	6.8	7.1	6.05	7.76
Desencofrado para vigas de cimentación	232.69	46.53	48.25	47.52	43.21	47.18
Colocación de fierro corrugado de 5/8" para columnas	10402.55	2050.69	2080.35	2090.8	2080.25	2100.46
Colocación de fierro corrugado de 3/8" para columnas	2592.52	518.6	520.1	515.18	505.29	533.35
Encofrado para columnas	788.4	158.26	160.54	155.28	152.69	161.63
Mortero para columnas	59.13	11.85	12.02	11.6	11.92	11.74
Desencofrado para columnas	788.4	158.26	160.54	155.28	152.69	161.63
Encofrado para sobrecimiento	142.37	28.45	27.5	28.8	26.78	30.84
Mortero para sobrecimiento	12.04	2.4	2.5	2.38	2.35	2.41
Desencofrado para sobrecimiento	142.37	28.45	27.5	28.8	26.78	30.84
Relleno compactado con material propio seleccionado	194.4	38.5	39	38.42	39.54	38.94
Eliminación de material excedente a 1km de obra	927.45	49.52	48.89	50.21	49.4	49.09

Anexo13. Tabla de dimensionamiento de cuadrillas

DESCRIPCION	UND	METRADO TOTAL	CUADRILLA			RDTO	FACTOR DE CANTIDAD	TALK TIME	RATIO PTO	PERSONAS	SECT.	METRADO DE PRODUCCION DIARIO	
			OPE	OFI	PEO								
ESTRUTURA													
TRABAJOS PRELIMINARES													
TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO	m2	1129.95	1.00	0.00	1.00	250.00	0.90	1.00	0.06	1.81	2.00	5.00	225.99
MOVIMIENTO DE TIERRA													
EXCAVACION DE ZANJA PARA CIMENTO CORRIDO	m3	158.01	0.00	0.00	4.00	9.00	3.51	1.00	3.56	14.05	14.00	5.00	31.60
EXCAVACION DE ZANJA PARA ZAPATA	m3	283.50	0.00	0.00	4.00	9.00	6.30	1.00	3.56	25.20	25.00	5.00	56.70
REFINE, NIVELACION Y APISONADO EN TERRENO NORMAL	m2	1129.95	0.00	0.00	1.00	20.00	11.30	1.00	0.40	11.30	11.00	5.00	225.99
RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	194.40	0.00	1.00	1.00	100.00	0.39	1.00	0.16	0.78	1.00	5.00	38.88
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXEDENTE	m3	247.11	1.00	0.00	2.00	100.00	0.49	1.00	0.24	1.48	1.00	5.00	49.42
CAMA DE APOYO DE ARENA (Arena e=0.1m)	m2	927.45	1.00	0.00	1.00	50.00	3.71	1.00	0.32	7.42	7.00	5.00	185.49
OBRAS DE MORTERO SIMPLE													
SOLADO PARA ZAPATAS (C/A) 1:1 e=2	m2	202.50	2.00	1.00	8.00	100.00	0.41	1.00	0.88	4.50	4.00	5.00	40.50
CIMENTO CORRIDO, MORTERO 1:1, C/A	m3	38.74	1.00	1.00	8.00	12.00	0.65	1.00	6.67	6.52	7.00	5.00	7.75
SOBRECIMIENTO, MORTERO 1:1, C/A	m3	12.04	1.00	0.00	0.50	10.00	0.24	1.00	1.20	0.36	0.00	5.00	2.41
ENCOFRADO Y DESENCOFADO PARA SOBRECIMENTOS	m2	142.37	1.00	0.00	1.00	13.00	2.19	1.00	1.23	4.38	4.00	5.00	28.47
OBRAS DE MORTERO ARMADO													
MORTERO f _c =210 Kg/m ² PARA ZAPATAS	m3	81.00	1.00	1.00	10.00	12.00	1.35	1.00	8.00	16.34	16.00	5.00	16.20
FIERRO CORRUGADO Ø1/2" - fy=4200 Kg/cm ²	kg	2968.80	1.00	1.00	1.00	200.00	2.97	1.00	0.12	9.20	9.00	5.00	593.76
MORTERO f _c =210 Kg/m ² PARA VIGAS DE CIMENTACION	m3	34.91	1.00	1.00	10.00	12.00	0.58	1.00	8.00	6.98	7.00	5.00	6.98
FIERRO CORRUGADO Ø1/2" - fy=4200 Kg/cm ²	kg	2102.20	1.00	1.00	1.00	200.00	2.10	1.00	0.12	6.31	6.00	5.00	420.44
FIERRO CORRUGADO Ø3/8" para estribos	kg	1706.23	1.00	1.00	1.00	200.00	1.71	1.00	0.12	5.12	5.00	5.00	341.25
ENCOFRADO Y DESENCOFADO DE CIMENTACION	m2	232.69	1.00	2.00	0.00	12.00	3.88	1.00	2.00	11.63	12.00	5.00	46.54
MORTERO f _c =210 Kg/m ² PARA COLUMNAS	m3	59.13	1.00	1.00	10.00	12.00	0.99	1.00	8.00	11.83	12.00	5.00	11.83
FIERRO CORRUGADO Ø5/8" - fy=4200 Kg/cm ²	kg	10402.55	1.00	1.00	1.00	150.00	13.87	1.00	0.16	41.61	42.00	5.00	2080.51
FIERRO CORRUGADO Ø3/8" para estribos	kg	2592.52	1.00	1.00	1.00	200.00	2.59	1.00	0.12	7.78	8.00	5.00	518.50
ENCOFRADO Y DESENCOFADO DE COLUMNAS	m2	788.40	1.00	0.00	1.00	12.00	13.14	1.00	1.33	26.28	26.00	5.00	157.68
FIN DE FASE: CIMENTACION													

Anexo14. Instrumentos con la validación de expertos.

3. Formato para el Master Plan.

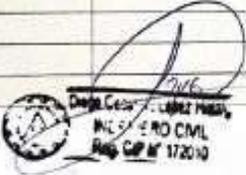
4.

"Mejoramiento de la IEPSM N° 60623 Máximo Alvarado Rom

Nombre de la compañía: SACOPFIAD
Responsable del proyecto: JES. SANTIAGO

Fecha por mes:

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							


Diego Cesar Lopez Pineda
ING. EN GEOM. CIVIL
Reg. CIP N° 172010

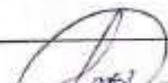

Jennifer Garay Vasquez
ING. EN GESTIÓN AMBIENTAL
CIP 171118


ING. BERTHA GONZALES VELANUEVA
CIP. 45000
RESIDENTE DE OBRAS

Formato para el dimensionamiento de cuadrillas.

5. Formato para el análisis de causa raíz

Análisis de Causa Raíz		Fecha:			
		Semana:			
		Obra:			
1. ¿Por qué está pasando este problema?					
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">2. ¿Por qué?</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; margin-left: 100px;">3. ¿Por qué?</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; margin-left: 200px;">4. ¿Por qué?</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; margin-left: 300px;">5. ¿Por qué?</div>					
			Conclusión		
			Plan de acción		



Diego Cesar W. Lopez Melia,
INGENIERO CML
Reg. CIP N° 17210


Jennifer Garay Vasquez
ING. EN GESTIÓN AMBIENTAL
CIP 171118


ING. BERTHA GONZALEZ YILDANDEVA
CIP 45000
RESIDENTE DE OBRA

7. Formato para la carta balance.

CARTA BALANCE		Código: Fecha: Hora Inicio: Hora Final:																																			
<p><u>Actividad Muestreada:</u></p> <p><u>Descripción de la Muestra:</u></p> <p>Por trabajador:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr style="background-color: #ffff00;"> <td></td> <td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td><td>E</td><td>F</td><td>G</td><td>H</td> </tr> <tr style="background-color: #ffff00;"> <td>TP</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr style="background-color: #ffff00;"> <td>TE</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr style="background-color: #ffff00;"> <td>TAC</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table> <div style="margin-top: 10px;"> </div>		A	B	C	D	E	F	G	H	TP									TE									TAC									<p style="text-align: center;"><u>Resultados Generales</u></p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> </div> <p style="font-size: small; text-align: center;"><u>Tiempo no contributivo:</u></p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> </div> <p style="font-size: small; text-align: center;"><u>Tiempo contributivo:</u></p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> </div>
	A	B	C	D	E	F	G	H																													
TP																																					
TE																																					
TAC																																					
<p><u>OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES:</u></p>																																					

Diego Cesar M. Lopez Ruiz,
 INGS. 1710 C.A.
 Reg. CIP N° 17.

Jennifer Garay Vázquez
 ING. EN GESTIÓN AMBIENTAL
 CIP 17116

ING. BERTINA GONZALES VILLANUEVA
 CIP. 45000
 RESIDENTE DE OBRA

Anexo15. Panel Fotográfico



LookAhead Planning – Reuniones Semanales



Planificación – Reuniones Semanales

Evaluación Semanal de los trabajos



Trabajos preliminares.



Sector 05 – Módulo C – Cama de Arena



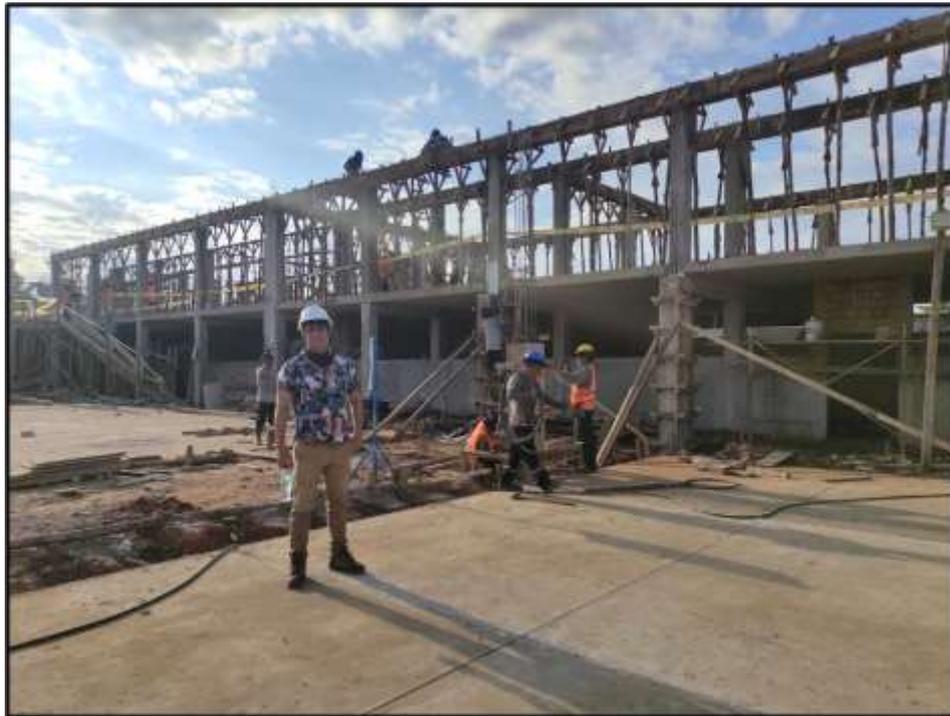
Sector 03 – Módulo C – Encofrado de Columnas



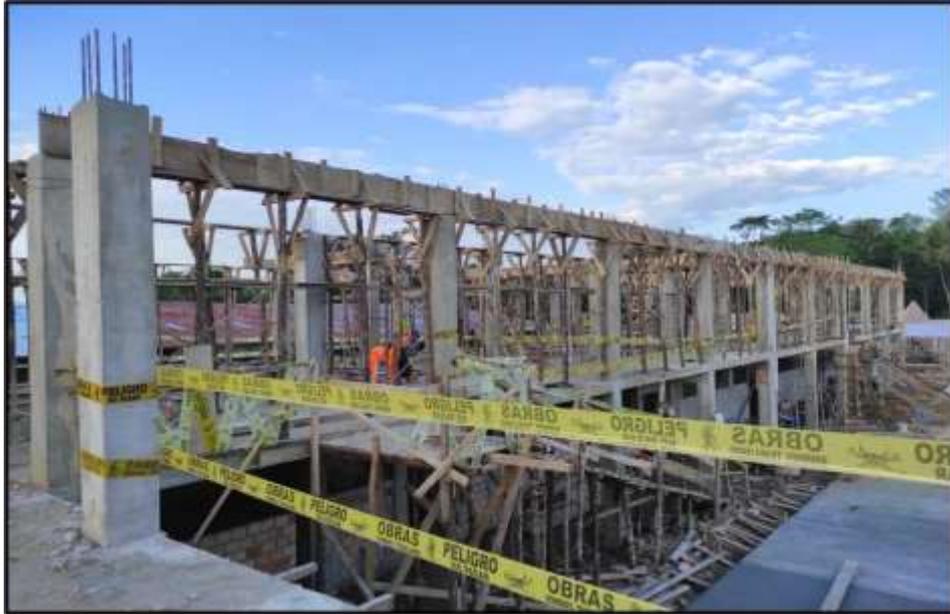
Módulo A y B – Trabajos de Vertido.



Módulo A y B – Caso Estructural



Módulo C – Sector 03 – Casco estructural



Módulo B – Sector 01



Módulo C – Sector 03 – Fase de Acabados



Módulo A – Sector 01 – Fase de Acabados

