



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**“OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS PROCESOS
CONSTRUCTIVOS EN OBRA MEDIANTE LA FILOSOFÍA LEAN
CONSTRUCTION EN PAVIMENTOS DE CONCRETO, 2021”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. RICHARD ALEXIS SUCAPUCA HILASACA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS EN OBRA MEDIANTE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN PAVIMENTOS DE CONCRETO, 2021

AUTOR

RICHARD ALEXIS SUCAPUCA HILASACA

RECuento de palabras

25706 Words

RECuento de caracteres

139235 Characters

RECuento de páginas

124 Pages

Tamaño del archivo

3.3MB

Fecha de entrega

Dec 21, 2023 6:39 PM GMT-5

Fecha del informe

Dec 21, 2023 6:41 PM GMT-5

● 15% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 14% Base de datos de Internet
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Firmado digitalmente por
HUAQUISITO OACERES Samuel FAU
20145496170 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 21.12.2023 16:46:57 -05:00



Firmado digitalmente por CASTILLO
ARONI Emilio FAU 20145496170
hard
Motivo: Doy Vº Bº
Fecha: 27.12.2023 07:51:19 -05:00



DEDICATORIA

Mi gratitud a Dios por darme la fortaleza para afrontar mis retos incluso en las circunstancias más difíciles, por dirigir mi rumbo en una dirección positiva y por mantener a mis padres y otros seres queridos.

A mis padres, Elber Fredy y Roxana, por su inquebrantable apoyo en todas las etapas de mi existencia, por inculcarme valores y enseñarme a ser una buena persona, y sobre todo porque nunca dejaron de creer en mí.

A mis abuelos Juan y María que en paz descansen y a Julián y Dorotea, por su apoyo y confianza durante los acontecimientos a lo largo de mi existencia, a todos mis seres queridos por su apoyo incondicional durante este periodo de vida que he tenido que trajar.

A mis amigos Miguel, Gerzon, Roberto, Roni, Ricardo, y a todas mis amistades por brindarme su apoyo y amistad sincera, por siempre estar en los buenos y malos momentos.

Y, por último, pero no menos importante, a Nathaly, por su amistad y por brindarme siempre su confianza y asistencia en periodos difíciles.

Richard Alexis Sucapuca Hilasaca



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, y sus a docentes por la educación y formación brindada.

A mi Asesor y director de tesis, Dr. Samuel Huaquisto Caceres; por su paciencia, comprensión y apoyo durante el proceso de la elaboración de la tesis.

A los ingenieros miembros jurados de la presente tesis, por su apoyo, enseñanza y por guía en nuestra formación profesional.

A mis compañeros de la EPIC por todos los acontecimientos vividos, momentos de alegrías y tristeza compartidos dentro de la universidad.

Richard Alexis Sucapuca Hilasaca



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

INDICE DE ANEXOS

ACRÓNIMOS

RESUMEN 15

ABSTRACT..... 16

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 17

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA 19

1.3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION 19

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION..... 19

1.5. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION 20

1.6. MATRIZ DE CONSISTENCIA 21

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACION 22

2.1.1. Antecedentes internacionales 22

2.1.2. Antecedentes nacionales 25

2.2. MARCO TEÓRICO 32



2.2.1. Sistema de producción Toyota.....	32
2.2.2. Lean Construction.....	33
2.2.3. Conceptos y Herramientas del Lean Construction.....	34
2.2.3.1. Mejora de la productividad	34
2.2.3.2. Just In Time – Justo a tiempo.....	35
2.2.3.3. Matriz de asignación de responsabilidades.....	35
2.2.4. Flujo eficiente	36
2.2.4.1. Planeamiento Push (Empujar) y Planeamiento Pull (Jalar)	36
2.2.4.2. Buffers.....	38
2.2.4.3. Sectorización.....	38
2.2.4.4. Tren de actividades.....	39
2.2.5. Flujo continuo.....	39
2.2.5.1. Last Planner System (LPS).....	39
2.2.5.2. Look Ahead.....	40
2.2.5.3. Planificación Semanal.....	41
2.2.5.4. Porcentaje de actividades completado (PAC).....	42
2.2.5.5. Método de las 5s.....	42
2.2.6. Procesos eficientes.....	43
2.2.6.1. Planeamiento A3.....	43
2.2.6.2. Nivel General de Actividades.....	44
2.2.6.3. Índices de productividad (IP).....	45
2.2.6.4. Value Stream Mapping (VSM).....	46

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO.....	48
---	-----------



3.1.1. Generalidades.....	48
3.1.2. Ubicación.....	48
3.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	49
3.3. PERIODO DE DURACION DEL ESTUDIO	50
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO	50
3.4.1. Población.....	50
3.4.2. Muestra.....	50
3.5. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	51
3.6. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	51
3.7. PROCEDIMIENTO.....	51
3.7.1. Introducción al sistema de producción.....	52
3.7.1.1. Revisión del contrato.....	52
3.7.1.2. Matriz de asignación de responsabilidades	53
3.7.1.3. Cronograma Maestro de Obra	56
3.7.2. Flujo eficiente	61
3.7.2.1. Planeamiento Pull.....	61
3.7.2.2. Buffers.....	62
3.7.2.3. Sectorización	63
3.7.2.4. Tren de Actividades	65
3.7.3. Flujo Continuo	68
3.7.3.1. Last Planner System (LPS)	68
3.7.3.2. Planificación de Look Ahead	70
3.7.3.3. Análisis de Restricciones	73
3.7.3.4. Planificación Semanal	77



3.7.3.5. Porcentaje de Actividades Completada (PAC) o Porcentaje de Plan Completado (PPC).	79
3.7.3.6. Análisis de Cumplimiento y Confiabilidad.	81
3.7.3.7. Reporte A3	85
3.7.3.8. Métodos de las “5s”.....	86
3.7.4. Procesos eficientes	89
3.7.4.1. Planeamiento A3	89
3.7.4.2. Medición de Nivel General de Actividades	90
3.7.4.3. Índices de Productividad	96
3.7.4.4. Value Stream Mapping (VSM)	98

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. RESULTADOS.....	100
4.1.1. Herramientas utilizadas de la filosofía lean construction para optimizar la productividad de los procesos constructivos de pavimentos de concreto.	100
4.1.2. Control de los procesos constructivos de pavimentos con la aplicación del sistema last planner.	107
4.1.3. Generar mayor valor a los resultados mediante el uso del sistema last planner.....	107
4.1.4. Mejorar el costo y tiempo en el proyecto con la aplicación del sistema last planner, en comparación a los métodos tradicionales.	108
4.2. DISCUSION	111



4.2.1. Herramientas utilizadas de la filosofía lean construction para optimizar la productividad de los procesos constructivos de pavimentos de concreto.	111
4.2.2. Control de los procesos constructivos de pavimentos con la aplicación del sistema last planner.	112
4.2.3. Generar mayor valor a los resultados mediante el uso del sistema last planner.	113
4.2.4. Mejorar el costo y tiempo en el proyecto con la aplicación del sistema last planner, en comparación a los métodos tradicionales.	113
V. CONCLUSIONES.....	115
VI. RECOMENDACIONES	117
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	118
ANEXOS.....	122

Tema: Gestión de proyectos

Área: Construcciones

Línea de investigación: Construcciones y Gerencia

Fecha de sustentación de tesis: 04 de enero de 2024



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Matriz de consistencia.....	21
Tabla 2	Herramientas Lean Construction.	52
Tabla 3	Profesionales a cargo según el expediente técnico.	53
Tabla 4	Matriz de responsabilidades.....	55
Tabla 5	Identificación de hitos del Proyecto al iniciar la obra.....	56
Tabla 6	Identificación de hitos del Proyecto.....	59
Tabla 7	Partida de control por Fases.....	60
Tabla 8	Actividad como una unidad de trabajo por día, dividido en 3 etapas.....	65
Tabla 9	Causas de Incumplimiento.....	81
Tabla 10	Análisis semanal de causas de incumplimiento.	82
Tabla 11	Matriz de clasificación de TP, TC y TNC.	90
Tabla 12	Resumen de mediciones totales.	93
Tabla 13	Recomendaciones planteadas para reducir los TC y TNC.....	95
Tabla 14	Análisis de costo unitario meta y análisis de costo unitario real	98
Tabla 15	Resumen de ACU por partida.	106
Tabla 16	Matriz de comparación de rendimientos y costos.....	106
Tabla 17	Resultados de ACU por partida.	109
Tabla 18	Resumen de fechas de entrega de obra	110



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Localización de San Pedro de Putina Punco en Google Maps	49
Figura 2	Cronograma maestro de obra	60
Figura 3	Definición de las duraciones de las actividades.....	61
Figura 4	Definición de buffer para cada actividad.	62
Figura 5	Vaciado con mixer.	63
Figura 6	Sectorización en planta del proyecto.	65
Figura 7	Tren de actividades para la primera etapa.....	67
Figura 8	Tren de actividades para la segunda etapa.	67
Figura 9	Tren de actividades para la tercera etapa.	68
Figura 10	Last planner system del Proyecto.....	69
Figura 11	Primer look Ahead de obra programado.....	71
Figura 12	Segundo look Ahead de obra programado.....	72
Figura 13	Tercer look Ahead de obra programado.	72
Figura 14	Análisis de restricciones 1 y los responsables de su liberación.	73
Figura 15	Análisis de restricciones 2 y los responsables de su liberación.	74
Figura 16	Análisis de restricciones 3 y los responsables de su liberación.	75
Figura 17	Actividades programadas en el plan semanal.	78
Figura 18	Análisis de Porcentaje de Actividades Completadas.	80
Figura 19	Gráfico estadístico de causas de incumplimiento.	83
Figura 20	Reporte A3 planteado para la actividad concreto premezclado en pavimentos... ..	86
Figura 21	Clasificación de las áreas de trabajo, se tiene oficina de residencia y oficina de producción.....	87
Figura 22	En la figura se observa el orden para los materiales y herramientas.	87



Figura 23	Se observa las coordinaciones con el personal para las indicaciones del orden, limpieza, disciplina, procesos constructivos y sugerencias del personal.	88
Figura 24	Planeamiento A3 del proyecto.	89
Figura 25	Trabajo Productivo, vaciado de concreto en vías.	91
Figura 26	Trabajo Contributorio, charlas e indicaciones.	92
Figura 27	Trabajo no Contributorio, estar parado sin hacer nada.	92
Figura 28	Formato de medición del Nivel General de Obra.	93
Figura 29	Distribución del tiempo según los resultados.	94
Figura 30	Distribución del NGA.	95
Figura 31	Análisis de Pareto.	95
Figura 32	Análisis de costo unitario real para la partida corte de terreno.	97
Figura 33	Análisis de costo unitario meta para la partida corte de terreno.	97
Figura 34	El Mapa del flujo de valor del proyecto.	99
Figura 35	PAC semanalmente.	103
Figura 36	Distribución del Nivel General de Actividades	105



INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Panel fotográfico	122
ANEXO 2: Cumplimiento de actividades semanal	122
ANEXO 3: análisis de causas de incumplimiento.....	122
ANEXO 4: Análisis del nivel general de actividad.....	122
ANEXO 5: Índice de productividad	122
ANEXO 6: Plan maestro	122
ANEXO 7: Reporte a3.....	122
ANEXO 8: Planeamiento a3	122
ANEXO 9: Presupuesto.....	122
ANEXO 10: Metrados	122
ANEXO 11: Cronograma gant	122
ANEXO 12: Análisis de costos unitario.....	122
ANEXO 13: Contrato de obra	122
ANEXO 14: Análisis de cumplimiento semanal.....	122
ANEXO 15: Informe de compatibilidad	122
ANEXO 16: Modificatorias del proyecto (resoluciones y actas).....	122



ACRÓNIMOS

IP: Índices de productividad.

LC: Lean Construction.

LPS: Last Planner System.

PAC: Porcentaje de Actividades Completadas.

PPC: Porcentaje de Plan Cumplido.

TC: Trabajo Contributorio.

TNC: Trabajo No Contributorio.

TP: Trabajo Productivo.

VSM: Value Stream Mapping.

NGA: Nivel General de Actividad.

ET: Expediente Técnico

RLCE: Reglamento de Ley de Contrataciones con el Estado



RESUMEN

El proyecto de tesis titulado “Optimización de la productividad de los procesos constructivos en obra mediante la filosofía lean construction en pavimentos de concreto, 2021” se realizó en la ciudad de San Pedro de Putina Punco entre los años 2020 y 2021, debido a baja productividad, falta de control, desperdicio de costo y tiempo en la ejecución de obras y con el objetivo de mejorar dichos problemas con la optimización de la productividad a través de la aplicación de la filosofía lean construcción y sus herramientas, buscando facilitar el control del proyecto, generar mayor valor, mejorar el costo y tiempo estimados en el proyecto, primero se desarrolló un diseño lean, en el cual se planifica antes de la ejecución del proyecto, segundo se desarrolla la ejecución lean, en el cual se realiza la ejecución del proyecto y toma de datos de las actividades que se realizan, tercero se realiza el control de estas actividades y con ello la obtención de los resultados, así mismo la planificación y toma de datos para la investigación fue a corto, mediano y largo plazo, esto con el fin de tener un mejor control durante la ejecución del proyecto. Los resultados nos muestran que al aplicar las herramientas del lean construction, se obtiene un alto índice de trabajo productivo promedio del 42.80%, un cumplimiento de actividades semanal promedio de 86.73%, un costo menor a lo estimado en el proyecto, en las partidas de corte, eliminación, encofrado y concreto, así mismo no se lo logro entregar la obra en su tiempo previsto, esto debido a la falta disponibilidad de terreno y la falta de recursos, los cuales fueron la principal causa de incumplimiento con un 72% del total del total de causas de incumplimiento, en conclusión de logro optimizar la ejecución del proyecto en cuanto al control, valor y costo.

Palabras Clave: Costo, Lean construction, Last planner, Planificación, Tiempo.



ABSTRACT

The thesis project titled “Optimization of the productivity of construction processes on site through the lean construction philosophy in concrete pavements, 2021” was carried out in the city of San Pedro de Putina Punco between the years 2020 and 2021, due to low productivity, lack of control, waste of cost and time in the execution of works and with the objective of improving these problems with the optimization of productivity through the application of the lean construction philosophy and its tools, seeking to facilitate project control, generate greater value, improve the estimated cost and time in the project, first a lean design was developed, in which planning is done before the execution of the project, second, the lean execution is developed, in which the execution of the project is carried out and data collection of the activities that are carried out, third, the control of these activities is carried out and with it the obtaining of the results, likewise the planning and data collection for the research was in the short, medium and long term, this with the in order to have better control during the execution of the project. The results show us that by applying the lean construction tools, a high average productive work index of 42.80% is obtained, an average weekly activity fulfillment of 86.73%, a lower cost than estimated in the project, in the cutting, elimination, formwork and concrete, likewise, the work was not delivered in its scheduled time, this due to the lack of availability of land and the lack of resources, which were the main cause of non-compliance with 72% of the total of the total causes of non-compliance, in conclusion of achieving optimization of the execution of the project in terms of control, value and cost.

Keywords: Cost, Lean construction, Last planner, Planning, Time.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El objetivo del presente estudio de investigación es encontrar una solución al problema de la escasa productividad en el lugar de trabajo, con un mejor control de la ejecución de obra, agregando mayor valor a los resultados y mejorar el costo y tiempo, durante la etapa de ejecución de la obra "Mejoramiento de los servicios de tránsito vehicular y peatonal en las calles Progreso, Buenos Aires, 20 de Agosto, Amistad, Independencia, Libertad, Cultura y Vías Conexas en la localidad de Putina Punco, Distrito de San Pedro de Putina Punco - Sandia - Puno", aplicando la filosofía lean construction y sus herramientas.

De acuerdo con Torres (2018) afirma que:

“Hay una serie de causas que contribuyen al rápido auge del sector de la construcción en Perú en la actualidad. Una de ellas es la falta de infraestructuras suficientes en el país. Por otro lado, el enfoque tradicional de planificación y ejecución es utilizado por más del cincuenta por ciento de las organizaciones que participan en la industria de la construcción. Este sistema se caracteriza por unos procedimientos de construcción ineficaces, una gran variabilidad y, en la mayoría de las situaciones, un aumento del tiempo y los plazos necesarios para los proyectos” (pp. 18).

Serpell (2002, como se citó en Mengoa y Tuny. p. 19-20). Argumenta que El sector de la construcción se distingue por varios atributos distintivos que suponen un reto para su crecimiento, como por ejemplo:



1. Como consecuencia de la movilización prolongada de trabajadores entre varios proyectos de construcción de corta duración, existe una curva de aprendizaje restringida.
2. Limitaciones de tiempo impuestas por el trabajo.
3. En lugar de programas formales de formación, el personal de producción adquiere conocimientos principalmente a través de la acumulación de experiencia a lo largo de sus años de servicio. Como consecuencia de esta circunstancia, el personal está poco motivado para adquirir nuevas tecnologías y conocimientos que podrían contribuir a la mejora general de la actividad.
4. En el sector de la construcción escasean los esfuerzos de investigación y desarrollo destinados a mejorar los procesos de construcción y su administración.

La implantación y utilización de las herramientas asociadas a la filosofía Lean Construction son cada vez más imperativas para las empresas de construcción en su afán por minimizar los problemas relacionados con los proyectos e identificar estrategias novedosas de ahorro de recursos que no comprometan la calidad del trabajo.

En el proyecto de investigación se aplicará las herramientas de la filosofía lean construction, para lograr mejorar la productividad, implementando paso a paso estas herramientas con el equipo de trabajo, se realizará la planificación, control, y recolección de datos, con los cuales se buscará lograr cumplir con los plazos y costos del proyecto.



1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

a) Problema General

- ¿Es posible optimizar la productividad de los procesos constructivos de pavimentos de concreto en obra mediante la filosofía lean construction usando el sistema last planner?

b) Problemas Específicos

- ¿La aplicación del sistema last planner facilitara el control de los procesos constructivos de pavimentos de concreto?
- ¿Generara mayor a los resultados el uso del sistema last planner?
- ¿Cómo lograr la mejora de costo y tiempo en el proyecto con la aplicación del sistema last planner, en comparación a los métodos tradicionales?

1.3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

En la mayoría de obras se observa que no le dan mucha importancia a la aplicación de nuevas tecnologías de programación y control del proyecto, y por ende a la productividad, confiar el control de la producción a personas con conocimientos limitados, la baja productividad y la mala planificación en obra generan retrasos en los trabajos programados, así mismo muchas empresas constructoras han optado por incluir las herramientas de lean construction para así obtener mejores resultados, es por ello que en esta investigación se utilizará las herramientas de la filosofía lean construction para optimizar los recursos necesarios para la ejecución de pavimentos de concreto y así obtener mejores resultados que una programación tradicional.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

a. Objetivo general



- Optimizar la productividad de los procesos constructivos de pavimentos de concreto en obra, mediante la filosofía lean construction usando el sistema last planner.

b. Objetivos específicos

- Facilitar el control de los procesos constructivos de pavimentos de concreto aplicando el sistema last planner.
- Generar mayor valor a los resultados con el uso del sistema last planner.
- Mejorar el costo y tiempo en el proyecto con la aplicación del sistema last planner, en comparación a los métodos tradicionales.

1.5. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION

a) Hipótesis General.

- Se optimiza la productividad de los procesos constructivos de pavimentos de concreto en obra mediante la filosofía lean construction usando el sistema last planner.

b) Hipótesis Especificas.

- Se facilitará el control de los procesos constructivos de pavimentos de concreto aplicando el sistema last planner.
- Se genera mayor valor a los resultados con el uso del sistema last planner.
- Se mejora el costo y tiempo en el proyecto con la aplicación del sistema last planner, en comparación a los métodos tradicionales.

1.6. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 1

Matriz de consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>- ¿Es posible optimizar la productividad de los procesos constructivos de pavimentos de concreto en obra mediante la filosofía lean construction usando el sistema last planner?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>- Optimizar la productividad de los procesos constructivos de pavimentos de concreto en obra mediante la filosofía lean construction usando el sistema last planner.</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL</p> <p>- Se optimiza la productividad de los procesos constructivos de pavimentos de concreto en obra mediante la filosofía lean construction usando el sistema last planner.</p>	<p>VARIABLES DE ESTUDIO</p> <p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p>	<p>-Mediciones de las partidas.</p>	<p>- Mediciones de cumplimiento de actividades.</p> <p>- Mediciones de trabajos productivos</p> <p>- Mediciones de causas de incumplimiento.</p> <p>- Mediciones de productividad en función a los costos de los recursos.</p>
<p>PROBLEMAS ESPECIFICOS</p> <p>- ¿la aplicación del sistema last planner facilitará el control de los procesos constructivos de pavimentos de concreto?</p> <p>- ¿Generará mayor valor a los resultados el uso del sistema last planner?</p> <p>- ¿Cómo lograr la mejora del costo y tiempo en el proyecto con la aplicación del sistema last planner, en comparación a los métodos tradicionales?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECIFICOS</p> <p>- facilitar el control de los procesos constructivos de pavimentos de concreto aplicando el sistema last planner.</p> <p>- Generar mayor valor a los resultados con el uso del sistema last planner.</p> <p>- Mejorar el costo y tiempo en el proyecto con la aplicación del sistema last planner, en comparación a los métodos tradicionales.</p>	<p>HIPOTESIS ESPECIFICAS</p> <p>- Se facilita el control de los procesos constructivos de pavimentos de concreto aplicando el sistema last planner.</p> <p>- Se genera mayor valor a los resultados con el uso del sistema last planner.</p> <p>- Se mejora el costo y tiempo en el proyecto con la aplicación del sistema last planner, en comparación a los métodos tradicionales.</p>	<p>Uso del sistema last planner.</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>E: productividad en obra.</p>	<p>- Mediciones del PAC, NGA,y producción.</p>	<p>-</p>

FUENTE: Elaboración propia.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACION

2.1.1. Antecedentes internacionales

Brioso (2015), en su tesis de doctoral “El análisis de la construcción sin perdidas (Lean Construction) y su relación con el Project & Construction Management: propuesta de regulación en España y su inclusión en la ley de la ordenación de la edificación”, El objetivo principal de su investigación era establecer que el sistema de "lean construcción" pretende optimizar el valor del proyecto y minimizar las pérdidas mediante una coordinación eficaz entre las partes. A falta de una normativa concreta que regule las cifras de construcción sin pérdidas sirvió de impulso para esta investigación. Asimismo, este estudio se desarrolló mediante la aplicación de administración de proyectos como sistema de producción, lo que potenció la colaboración entre los participantes en el proyecto. El objetivo es establecer un proceso de construcción exento de accidentes, daños al equipo, a las instalaciones, al medio ambiente y a la comunidad. Las tareas deben ejecutarse puntualmente, sin defectos, de acuerdo con las obligaciones contractuales, respetando las limitaciones presupuestarias y haciendo hincapié en la prevención o reducción de pérdidas (es decir, actividades sin ánimo de lucro). Como sistema de "Lean Construction", el "Last Planner System" salvaguarda la planificación y, en consecuencia, contribuye a minimizar las pérdidas maximizando las ganancias, optimizando así los sistemas de seguridad y salud en un grado significativo. Del mismo modo, en mi calidad de tesista, esta tesis sirve



de referencia para la relación global entre las construcciones y el marco normativo que rige la construcción de edificios.

Llopis (2017), justificó la tesis “Aplicación de herramientas enfocadas a la calidad bajo el enfoque Lean Construction en actividades de pavimentación” Esta tesis emplea metodologías derivadas de la filosofía Lean Construction para examinar las limitaciones y los factores que contribuyen al incumplimiento de las actividades del estudio de casos. El objetivo de esta investigación es determinar el origen de los problemas que surgen al llevar a cabo un encargo concreto y proponer mejoras para facilitar la normalización del proceso. Además, la investigación pretende implantar una gestión adecuada de la calidad durante la planificación del proyecto para evitar complicaciones con el calendario y el presupuesto de la obra. Con base en el análisis del investigador, la implantación del Sistema Last Planner, instrumento asociado a la metodología Lean Construction, mejora la planificación de los proyectos de construcción mediante la detección de posibles causas de incumplimiento y la consiguiente mitigación de la variabilidad y de los sucesos imprevistos. Asimismo, se puede afirmar que la implantación de la filosofía Lean Construction junto con el Sistema Last Planner mejoró la gestión de la calidad de la planificación del proyecto, tal y como se describe en la tesis mencionada.

Villamizar & Ortiz (2017), presentaron la tesis “Implementación de los principios de Lean Construction en la Constructora Col proyectos S.A. de un proyecto de vivienda en el Municipio de Villa del Rosario”. Utilizando herramientas de Lean Construction en la obra de Arboretto, esta tesis describe el desarrollo de novedosos sistemas de medición y la investigación de técnicas innovadoras para la logística interna de la obra, el rendimiento de la producción y



la planificación y control del proceso de producción. Sobre la base de los resultados, el investigador concluye que la aplicación de la metodología Lean Construction permitió mejorar los flujos de trabajo y aumentar los niveles de producción. Además, los déficits que indican un potencial de desarrollo en las actividades realizadas fueron fácilmente identificables y cuantificables.

Botero (2003), en su artículo “Identificación de Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción” demuestra que las pérdidas que se producen durante el proceso de construcción sirvieron de impulso para esta investigación. Además, las empresas de construcción pueden aplicar la nueva filosofía de gestión utilizando la identificación de los déficits del proceso de producción como paso inicial para mejorar su rendimiento global. Esta investigación fue motivada por el hecho de que la industria de la construcción está experimentando una serie de pérdidas recientes.

Rojas, Henao & Valencia (2016), en su artículo “lean construction – LC bajo pensamiento lean” Lean Construction es un concepto que trata de modificar la antigua forma de concebir el trabajo en el sector de la construcción. Así se menciona en el artículo. La utilización de nuevos sistemas de gestión basados en el análisis de pérdidas y la planificación de actividades con el objetivo de aumentar la productividad de la construcción y eliminar las actividades que no aportan nada al producto final del edificio es el medio para lograr este objetivo. El objetivo de este artículo de revisión es ofrecer una sugerencia sobre el uso del pensamiento LEAN en los procesos del sector de la construcción. Para demostrar esta propuesta, se escoge un ejemplo de un proceso genuino que puede incluirse en el proceso de auditoría. La conclusión que se puede extraer es que las empresas que operan en el sector de la construcción deberían comenzar con un compromiso



a nivel estratégico para aplicar el pensamiento LEAN en toda la organización. En el plano operativo, a lo largo de todo el proceso de construcción en la obra, esta promesa debe llevarse a cabo para cumplir sus obligaciones.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Torres (2018), en su tesis “Análisis y mejora de la productividad aplicando la filosofía lean construction en el mejoramiento de la av. pedro miotta en san juan de miraflores- lima”, fue la baja productividad lo que le impulsó a realizar su investigación. Esta baja producción era el resultado de una planificación inadecuada y un control inapropiado en la gestión de las operaciones. Esto, a su vez, conduce al incumplimiento de los plazos, al aumento de los costes presupuestarios y a la insatisfacción del cliente. En el marco del enfoque, se utilizaron herramientas derivadas del concepto de Lean Construction. Entre estas herramientas se encontraban la carta balance, el sistema Last Planner y la técnica de los 5 porqués.. Con el fin de mejorar los procesos, se realizaron visitas de obra con la asistencia de los ingenieros de producción que trabajan para el Consorcio Santa Rosa. Estas visitas se realizaron para dar seguimiento a la planeación y control del tiempo de ejecución de los ítems asociados al proyecto. Adicionalmente, se realizó un análisis de los factores que propiciaron el incumplimiento de la planeación, con el propósito de reducir dichos factores. Los resultados de esta investigación llevan a la conclusión de que la aplicación del concepto Lean Construction se tradujo en una mejora de la productividad laboral. Este aumento de la productividad se consigue mediante la estabilización de los flujos de trabajo, la eliminación de tareas que no aportan valor y la reducción de las incidencias laborales. En mi calidad de estudiante que realiza una tesis, doy gran importancia a las conclusiones de este estudio, ya que sirven de referencia



para futuras investigaciones y me permiten aportar una solución a la cuestión de la productividad en las distintas obras de ingeniería.

Gilacopa & Rider (2020), en su tesis “Aplicación de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de las obras de edificaciones en la Ciudad de Tacna” Su intención era determinar el impacto que tendría la implementación de la filosofía Lean Construction en la productividad de las obras de construcción en la ciudad de Tacna, así como brindar recomendaciones para la mejora de la gestión de la construcción y la optimización de la productividad laboral. Este era el propósito de su investigación, según él. Además de ello, señaló que el principal problema que motivó esta investigación fue la falta de una adecuada planificación en la industria de la construcción en la ciudad de Tacna. Para esta investigación se utilizó una técnica cuantitativa, un diseño de nivel descriptivo y un diseño de campo transversal que no incluía ningún experimento. Los investigadores utilizaron un muestreo no probabilístico intencional o de conveniencia con el propósito de conformar una muestra de seis actividades constructivas que fueron elegidas mediante la utilización de criterios objetivos y la consulta a los especialistas responsables de la obra civil. El enfoque utilizado para la recolección de datos se denominó muestreo de trabajo y consistió en 10 muestreos con un promedio de 397 observaciones. Además, se utilizaron herramientas de Lean Construction como el Cuadro de Balance y el Nivel General de Actividad (NGA). Este estudio llegó a una conclusión con resultados que indican que la productividad media del trabajo para las ocupaciones productivas (TP) es del 30,10%, mientras que la productividad de los trabajos contributivos (TC) es del 45,07%, y la productividad de las actividades no contributivas (TNC) es del 24,83%. Además, se ofrecieron recomendaciones para optimizar la



productividad laboral y la gestión de los proyectos de construcción. Se prestó especial atención al hecho de que el despliegue de las herramientas de Lean Construction es, en sí mismo, un camino hacia la optimización de la productividad laboral y la gestión de los proyectos de construcción. La investigación antes señalada será de ayuda en el proceso de planificación de obras en la ciudad de Tacna, lo que finalmente redundará en una mejora de la productividad.

Mengo & Tuny (2019), en su tesis “Mejora de la productividad con la aplicación de lean construction en la etapa de ejecución del proyecto hotel ibis – Miraflores, lima, Perú”, Como motivo de la investigación se mencionó la baja productividad y los desperdicios que se producían durante la fase de ejecución. Como consecuencia de ello, se propone la metodología Lean Construction como medio de gestión de la planificación, ejecución y control del proyecto en las áreas de estructuras, arquitectura, instalaciones eléctricas y sanitarias. El objetivo de esta propuesta es conseguir una mejora continua en comparación con los métodos utilizados en el pasado. Además de adoptar los principios Lean en los distintos procesos de construcción para reducir los despilfarros más significativos, y hacerlo con la ayuda de estas herramientas, también es un objetivo conseguir un uso eficaz de los recursos mediante un sistema de producción que proporcione flujos continuos, flujos eficientes y procesos. Durante la fase de ejecución se realizarán mediciones y recogida de datos a largo, medio y corto plazo. Para el desarrollo, se utilizarán herramientas que faciliten la toma de decisiones rápidas y más eficaces. Un ejemplo de este tipo de herramienta es el sistema Last Planner, que se desarrolló con la intención de reducir la probabilidad de posibles peligros, así como su efecto. Además, se llevarán a cabo análisis en las distintas fases del proyecto utilizando periódicamente herramientas de evaluación del rendimiento



de la producción. De este modo se garantizará el cumplimiento del plan del proyecto y se maximizará su valor. Los resultados demuestran que la aplicación de Lean Construction conlleva una mejora de la productividad, que se traduce en un aumento del trabajo productivo (TP) del 22% al 47% y un margen de costes del 5,2% al 6,2%. Además, los hitos del proyecto se garantizan en un factor del 100% en comparación con la estimación de referencia que se hizo al principio del proyecto cuando se inició. El objetivo más importante de este estudio es conseguir una mejora de la productividad en todas las distintas fases de ejecución. Por otra parte, se llega a la conclusión de que se obtuvieron resultados favorables en términos de productividad, ya que la cantidad de trabajo productivo aumentó un 25%. Como consecuencia, podemos afirmar que hubo una buena planificación, control y ejecución de los distintos procesos constructivos.

Buleje (2012), en su tesis “productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía lean construcción”, Como motivo de la investigación se mencionó la baja productividad y los desperdicios que se producían durante la fase de ejecución. Como consecuencia de ello, se propone la metodología Lean Construction como medio de gestión de la planificación, ejecución y control del proyecto en las áreas de estructuras, arquitectura e instalaciones eléctricas y sanitarias. El objetivo es lograr una mejora continua en comparación con los métodos utilizados en el pasado. Además de implantar los principios Lean en los distintos procesos constructivos para reducir los desperdicios más significativos, y hacerlo con la ayuda de estos instrumentos, haciendo un uso eficiente de los recursos mediante un sistema de producción que garantice flujos continuos, flujos y procesos eficientes. Durante la fase de aplicación, se llevarán a cabo mediciones y recopilación de datos a corto, medio



y largo plazo. A efectos de desarrollo, se utilizarán tecnologías que favorezcan una toma de decisiones más eficaz y expeditiva. Un ejemplo de estas herramientas es el sistema Last Planner, diseñado para minimizar la probabilidad y el impacto de los riesgos potenciales. Periódicamente se utilizarán técnicas de evaluación del rendimiento de la producción para realizar estudios en las distintas fases del proyecto. Estos análisis se llevarán a cabo a intervalos regulares. De este modo se garantizará el cumplimiento del plan del proyecto y se maximizará su valor. Los resultados demuestran que la aplicación de Lean Construction conlleva una mejora de la productividad, que se traduce en un aumento del trabajo productivo (TP) del 22% al 47% y un margen de costes del 5,2% al 6,2%. Además, los hitos del proyecto se garantizan en un factor del 100% en comparación con la estimación de referencia que se hizo al principio del proyecto cuando se inició. El objetivo más importante de este estudio es conseguir una mejora de la productividad en todas las distintas fases de ejecución. Por otra parte, se llega a la conclusión de que se obtuvieron resultados favorables en términos de productividad, ya que la cantidad de trabajo productivo aumentó un 25%. Como consecuencia, podemos afirmar que hubo una buena planificación, control y ejecución de los distintos procesos constructivos.

Mercado & Luis (2018), en su tesis “Propuesta de una metodología de gestión de la producción para la mejora de la productividad en obras de pavimentación en la Provincia de Coronel Portillo-Ucayali” su objetivo es aumentar la productividad centrándose en la gestión de la producción de las operaciones de pavimentación para lograr el resultado deseado de aumentar la productividad; Para ello, se recopilaron datos mediante encuestas enviadas a los ingenieros civiles responsables de la obra, para conocer si utilizan algunas



metodologías de gestión de la producción, las cuales fueron analizadas utilizando el software estadístico SPSS 22.0 y Excel; así como la implantación del sistema de gestión de la producción conocido como Ultimo planificador y Controles reales de la obra "Mejoramiento de la Av. Miraflores Tramo 02 Cruce Jr. Venezuela al Puente Tipo Alcantarilla". El resultado es que las obras no se terminan a tiempo y cuestan más del presupuesto base, a pesar de que se utilizó algún sistema de control durante su ejecución. Y en cuanto a las categorías de Obra Contribuyente (CT) y Obra No Contribuyente (NCW), ocupan la mayor proporción de la jornada diaria de trabajo, con lo que se desaprovecha tiempo que podría dedicarse a Obra Productiva (PW). Para llevar a cabo los procesos de planificación y control de la ejecución se utilizó la estrategia de gestión de la producción conocida como "Ultimate planificador", lo que se tradujo en el éxito de la adquisición de un trabajo de calidad que se completó a tiempo y con un coste reducido. En la evaluación del nivel general de las actividades, se observa que la aplicación de una gestión de la producción aceptable ofrece buenos resultados que, con un progreso continuo, serían ideales. Esto se representa en el hecho de que el nivel de TP es del 32%, el de TC del 40% y el de TNC del 28%. La no finalización de las obras en el plazo previsto es el principal problema que se plantea en la mayoría de los proyectos de construcción. Este problema da lugar a una ampliación del plazo y, en algunos casos, a una ampliación del presupuesto. Por lo tanto, el propósito de esta tesis es sugerir una técnica de gestión de la producción con el fin de lograr un mayor nivel de control sobre el funcionamiento del trabajo.

Quilla (2018), en su tesis "Evaluación de la gestión de calidad bajo lineamientos del Project management institute (pmi) en proyectos de pavimentación ejecutadas por la municipalidad provincial de puno, 2014-2016"



La evaluación de la gestión de la calidad que necesitan los proyectos de pavimentación urbana fue la motivación de este estudio. El estudio fue descriptivo y no incluyó experimentos. El método de recopilación de datos empleado fue la utilización de métodos de calidad de acuerdo con la triple restricción de la gestión de proyectos del calendario, el marco temporal y el alcance del proyecto, ya que la muestra comprendía doce proyectos distintos. Sobre la base de los resultados, puede concluirse que los proyectos evaluados presentan una gestión de la calidad inadecuada, con medidas de control de la calidad limitadas en el caso de determinados proyectos. Además, la inadecuada planificación de la calidad y la inversión en control de calidad son indicativas de estas deficiencias. Además, la gestión del tiempo, el presupuesto y el alcance del proyecto es inadecuada, como demuestran la necesidad de prórrogas, los ajustes de indicadores de resultados significativos y el descubrimiento de componentes adicionales a lo largo de la fase de ejecución. Como observación, se puede decir que la mayoría de las obras en la zona de Puno tuvieron retrasos en la ejecución de los trabajos debido a una inadecuada planificación. Como consecuencia, se produjeron ampliaciones de plazo. El propósito de este estudio es producir una gestión de alta calidad en los proyectos.

Ortega (2017), en su tesis “Aplicación de los conceptos de la filosofía lean construction para mejorar la productividad de pavimentos rígidos” menciona que la ineficiencia de los procedimientos constructivos, la escasa productividad y los problemas de seguridad, tan frecuentes en la mayoría de las obras, sirvieron de impulso para la realización de este estudio. Este estudio se concentrará en la aplicación de metodologías y principios seleccionados del sistema mencionado a un proyecto de pavimento rígido. Los análisis resultantes se compararán con los



de proyectos realizados en Perú empleando métodos de construcción convencionales. Todo ello con el fin de mejorar estos niveles de productividad, que ya se están alcanzando con diversos sistemas de programación y control de obra, como el Sistema Last Planner. El análisis de estos datos llevó a la conclusión de que se podría optimizar el trabajo eliminando la mano de obra que no ofrece valor. Además, se determinó que el mismo trabajo podía ser realizado por cinco personas si el método y los recursos eran suficientes, o por un máximo de seis personas en otras circunstancias. Por todo ello, era factible lograr una mejora significativa de la productividad mediante el mantenimiento de la producción diaria, reduciendo al mismo tiempo el número de horas-hombre empleadas. Gracias a este estudio, el autor de la tesis pudo aumentar la producción utilizando un nuevo enfoque, como es la filosofía de la construcción ajustada.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Sistema de producción Toyota.

En nombre de su hijo Hiichiro, Sakichi Toyoda fundó Toyota Motor Corporation en el año 1918. En aquella época, las filiales locales de las grandes empresas estadounidenses Ford y General Motors eran consideradas los actores dominantes en el mercado japonés. Desde el principio, Toyota tuvo que hacer frente a muchos retos, pero fue capaz de establecer una fuerte presencia en el mercado fabricando vehículos y camiones hasta el momento en que la producción se interrumpió durante la Segunda Guerra Mundial. En 1950, el director general de la empresa realizó una investigación sobre los procesos de producción de las marcas rivales más destacadas de Estados Unidos. Se trataba de un procedimiento muy extendido en la industria de la época. Por ejemplo, un equipo de Toyota viajó



a Alemania para inspeccionar los aviones Focke-Wulff, lo que se conocía como Produktionstack. Esta noción acabó conociéndose como takt time (Holweg, 2006, como se citó en Ponz et al., 2013, p.5).

El ingeniero John Krafcik, investigador del proyecto IMVP y estudiante de máster en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, acuñó el término "lean" en 1988 para utilizarlo tanto en su tesis de máster como en un ensayo que se publicó en la Sloan Management Review. (Ponz et. al, 2013, p. 6).

2.2.2. Lean Construction

Fue en 1992, cuando Koskela publicó su ensayo titulado "Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción", cuando hizo la primera aplicación a la construcción de edificios. Aunque no se utiliza el nombre de "Lean", ya se habla de las formas en que las herramientas asociadas a este nuevo concepto pueden utilizarse en la industria de la construcción (Ponz et. al, 2013, p. 9).

Según la filosofía Lean, se consideran déficits tres categorías distintas de procedimientos o actividades que no añaden valor: (Sayer y Williams, 2007, como se citó en Ponz et al., 2013, p.7).

- Mura (desigualdad): es cualquier pérdida provocada por variaciones en la calidad, el coste o la entrega; para conseguir estas reducciones se utilizan estrategias de reducción de la variabilidad.
- Muri (exceso): es el acto de sobrecargar a personas, materiales o equipos más allá de la capacidad del sistema de forma innecesaria o ilógica; muri implica además movimientos inseguros o innecesarios.



- Muda (desperdicio): es cualquier actividad que no genera valor para el consumidor mientras consume recursos; hay dos tipos de muda:
 - Tipo 1: incluyen actividades que no contribuyen a la mejora del producto pero que son incuestionablemente esenciales para la organización en su conjunto.
 - Tipo 2: Conductas que no aportan valor o no son esenciales para la adquisición del producto o servicio.

Se diferencia 7 tipos de pérdidas tipo muda:

- Sobreproducción: es la mayor fuente de pérdidas
- Transporte (de materiales): nunca genera valor añadido en el producto
- Procesamiento innecesario y reprocesamiento
- Acopios, almacenamiento y reservas
- Re-trabajo por defectos
- Movimiento (del operador o de la máquina)
- Espera (del operador o de la máquina)

2.2.3. Conceptos y Herramientas del Lean Construction

2.2.3.1. Mejora de la productividad

Es el espíritu de mejora continua que se refleja en la frase "siempre hay una forma mejor". Esta ética consiste en progresar gradualmente mediante pequeñas mejoras e innovaciones aplicadas por todos los miembros del personal, incluida la dirección. Estas mejoras e innovaciones se acumulan y conducen al aseguramiento de la calidad, la reducción de costes y la entrega puntual de la cantidad adecuada al cliente. La lucha sin cuartel contra el despilfarro sirve de base para ello. El trabajo en equipo, que se ha dado en llamar espíritu Kaizen, es el verdadero motor



del éxito del sistema Lean en Japón. Es el pilar clave que le permitirá ganar esta guerra (Maldonado, 2018, p.267, como se citó en Mengoa y Tuny, 2021, p.49).

2.2.3.2. Just In Time – Justo a tiempo.

Una técnica relacionada con el inventario conocida como sistema justo a tiempo, o JIT, pretende aumentar los beneficios maximizando la cantidad de existencias disponibles y minimizando al mismo tiempo los gastos asociados a su gestión. El JIT engloba una serie de objetivos, como la reducción del inventario, la reducción de su complejidad, la reducción de los residuos, la reducción de la delegación de decisiones, etc. (Fernández, 2017, p.33, como se citó en Mengoa y Tuny, 2021, p.50).

2.2.3.3. Matriz de asignación de responsabilidades.

Según la Guía del PMBOK (2017) como se cito en (Mengoa y Tuny, 2021, p.50), La matriz de responsabilidades asignadas, a menudo conocida como RAM, es un diagrama que ilustra los recursos que se han asignado a cada elemento de trabajo del proyecto. Su finalidad es representar visualmente las conexiones que existen entre los miembros del equipo del proyecto y los paquetes de trabajo o actividades. Un ejemplo de ello sería una RAM de alto nivel que describiera las funciones de un equipo, grupo o unidad del proyecto dentro de cada componente en concreto. Dentro del grupo, las RAM de bajo nivel se utilizan para identificar las funciones, las responsabilidades y los niveles de autoridad de determinadas actividades con respecto a las mismas. Todas las actividades que están relacionadas con una persona se muestran en el



formato de matriz, al igual que todas las personas que están vinculadas con una actividad. Esto no sólo garantiza que haya una única persona responsable de cada actividad, sino que también minimiza la probabilidad de malentendidos sobre quién controla el trabajo o quién tiene autoridad sobre él. Los diagramas RACI son un ejemplo de RAM. RACI es un acrónimo que significa responsable (R), rendición de cuentas (A), consultado (C) e informado (I). Este acrónimo hace referencia a la persona responsable de realizar la tarea, la persona responsable última del trabajo, la persona a la que se debe consultar sobre la tarea y la persona a la que se debe informar sobre la asignación. Los recursos asignados pueden representarse como individuos o como grupos. El director del proyecto puede elegir otras alternativas, como las designaciones de "líder" o "recurso", si las considera adecuadas para el proyecto. En situaciones en las que el equipo está formado por recursos tanto internos como externos, un diagrama RACI es una herramienta eficaz que puede utilizarse para garantizar que las funciones y responsabilidades se asignan de forma clara y concisa.

2.2.4. Flujo eficiente

2.2.4.1. Planeamiento Push (Empujar) y Planeamiento Pull (Jalar)

Se implanta un sistema de control de la producción mediante el cual las actividades situadas más abajo en la cadena de valor transmiten sus necesidades a las actividades situadas más arriba en la cadena, a menudo mediante el uso de tarjetas Kanban, sobre el tipo de artículo o material que desean, la cantidad que necesitan, cuándo lo necesitan y



dónde lo necesitan. Dicho de otro modo, el proceso ascendente del proveedor no produce nada hasta que el proceso descendente del cliente transmite una señal relativa a su producción. La demanda del cliente, ya sea externa o interna, determina la capacidad del proveedor o fabricante para suministrar los productos al cliente. El sistema Pull es una parte esencial de la metodología Just-in-Time, y su principal objetivo es erradicar los excedentes de inventario y garantizar que no se supere la producción. El sistema de producción tradicional, también conocido como sistema Push, es lo opuesto a este sistema. El sistema Push funciona según el principio de producción en serie de artículos en cantidades significativas a la máxima velocidad y escala, de acuerdo con la demanda prevista. Posteriormente, los artículos se transportan o desplazan al almacén de productos acabados o al proceso posterior, sin tener debidamente en cuenta la demanda real del cliente o el ritmo de trabajo del proceso posterior (Pons Achell, 2014, p.22, como se citó en Mengoa y Tuny, 2021, p.51).

El método del empuje se utiliza en el sector de la construcción desde hace bastante tiempo. Indica que las operaciones se planifican de delante hacia atrás, y unas actividades "empujan" a otras para cumplir los plazos y alcanzar los objetivos fijados. Por otro lado, el sistema Last Planner se basa en un sistema Pull, lo que significa que los procesos de programación se llevan a cabo en orden inverso a como se planificaron en un principio. Las ventajas de este plan son, entre otras, que las tareas comenzarán en el momento preciso en que se requieran y que se identificarán de antemano los posibles conflictos que puedan surgir entre actividades (Ponz et. al., 2014, p.28).



2.2.4.2. Buffers.

Para disminuir la variabilidad, se aplican topes en una empresa.

Cuando se trata de hacer frente a la imprevisibilidad en un proyecto de construcción, los topes son el camino para seguir. Como ya se ha dicho, los topes permiten independizar unos procesos de otros. Gracias a ello, la influencia de la variabilidad que existe entre los procesos de una línea de fabricación es menor. Es posible aumentar el rendimiento global de la línea de producción garantizando que los procesos sean independientes entre sí y permitiéndoles mitigar los efectos adversos de la imprevisibilidad. Para los objetivos de esta investigación, se ha desarrollado la categorización de topes que se muestra a continuación (Revista Ingeniería De Construcción, 2003, p.114-115, como se citó en Mengoa y Tuny, 2021, p.52).

2.2.4.3. Sectorización.

La sectorización es el proceso de subdividir una tarea u ocupación en sectores, que son componentes menores. Para garantizar que haya un flujo continuo entre sectores, cada sector debe constar de una medición que sea casi equivalente a las demás. Debe existir la posibilidad de que la medición que se asigna a los sectores pueda completarse en un solo día. Existe una correlación entre la sectorización y los conceptos de lotes de transferencia y lotes de producción. Esto se debe al hecho de que al dividir la tarea en sectores más pequeños, el lote de producción también se divide en lotes más pequeños, que luego se transfieren a las actividades posteriores (lotes de transferencia). Otra ventaja de la sectorización es que



nos permite optimizar el flujo de recursos dentro de la tarea, lo que a su vez proporciona un beneficio para todo el sistema de producción (Gómez, Mendoza y Pérez, 2015, p.39–40, como se citó en Mengoa y Tuny, 2021, p.53).

2.2.4.4. Tren de actividades.

Un tren de actividad funciona de manera comparable a las cadenas de montaje de las fábricas. El producto se transporta a través de una secuencia de estaciones, donde se somete a diversas transformaciones. En el caso de la construcción, que no es una industria automatizada como las manufactureras y no puede transportar productos entre terminales, se desarrolló el concepto de tren de actividad, de este modo, el personal de trabajo recorre secuencialmente los sectores preestablecidos durante el proceso de sectorización, garantizando una operación de trabajo cohesionada y sistemática, además de facilitar el seguimiento de los progresos mediante la colocación de personal en un sector designado. (Guzmán, 2014, p.28, como se citó en Mengoa y Tuny, 2021, p.53).

2.2.5. Flujo continuo.

2.2.5.1. Last Planner System (LPS).

Como se citó en (Torres, 2018, p.19), Glenn Ballard, en 1994 publicó el primer artículo que habla del sistema Last Planner. Al año siguiente, en el 2000, Howell y Ballard fueron los que lo inventaron. Sus observaciones revelaron que las operaciones de construcción estaban marcadas por una cantidad significativa de variables e incertidumbre como resultado de una planificación inadecuada.



Debido a que los flujos no se estudian de forma sistemática sino genérica, el sistema convencional es un sistema Push. Además, no se tienen en cuenta los límites que pueden desarrollarse.

En este sistema, el error más importante se debe a que el plan semanal especifica qué tareas deben completarse, los capataces seleccionan qué actividades deben completarse y los trabajadores de campo realizan las tareas que son factibles.

Como resultado de la incorporación de la planificación intermedia y semanal, que se sitúa dentro de un plan maestro o global del proyecto, el Sistema Last Planner es capaz de potenciar la fiabilidad de la planificación del proyecto, lo que a su vez conduce a una reducción de la incertidumbre en estas áreas, que a su vez conduce a mejoras en el rendimiento. Para llevar a cabo las actividades sin interrupciones, es necesario realizar un análisis de los cuellos de botella, que son los impedimentos que limitan el crecimiento de las tareas. Al identificar estos cuellos de botella, es posible anticiparlos y eliminarlos (Revista Ingenierías, 2017, p.125., como se citó en Mengoa y Tuny, 2021, p.56).

2.2.5.2. Look Ahead.

Existe un calendario más exhaustivo de las acciones que se van a llevar a cabo de cara al futuro. Comprende la planificación que se va a llevar a cabo a lo largo de un periodo de cuatro a seis semanas, y la duración de este tiempo viene determinada por la magnitud de la obra (Torres, 2018, p.22).



Es el segundo nivel de planificación en la jerarquía de planificación y sigue a la planificación inicial, que es la fuente a partir de la cual se elabora el plan director. Se sitúa antes de la planificación comprometida, que es la fuente del Plan de Trabajo Semanal (PTS). Se profundiza en las actividades, lo que permite determinar las subtareas esenciales para su ejecución. Las citadas subtareas pueden considerarse prerequisites de trabajo esenciales, directrices o recursos críticos para la realización satisfactoria de las actividades, y se denominan restricciones. Una vez establecidas, las actividades deben pasar por el proceso de preparación, que consiste en eliminar las restricciones que puedan existir y dejar la actividad lista para su ejecución (Ingeniería & Desarrollo, 2005, p.151., como se citó en Mengoa y Tuny, 2021, p.57).

2.2.5.3. Planificación Semanal.

El plan de trabajo semanal recopila todas las acciones que no están sujetas a ninguna limitación y pueden llevarse a cabo; esta planificación incluye información aún más específica. A lo largo de cada semana se revisan los motivos de incumplimiento. Esto se debe a que no todas las actividades programadas se van a llevar a cabo, y ello se debe a factores internos o externos asociados al proyecto (Torres, 2018, p.24).

Antes de llevar a cabo una tarea, el calendario semanal proporciona el máximo grado de información sobre la tarea en cuestión. La tarea debe ser llevada a cabo por jefes de obra, jefes de campo, capataces de obra, encargados y otras personas que supervisen directamente la ejecución de la obra (Ponz et. al., 2014, p.26-27).



2.2.5.4. Porcentaje de actividades completado (PAC).

El PPC es una herramienta de ayuda al control de la producción que evalúa la planificación realizada en el periodo posterior a la ejecución del plan. Para utilizar este instrumento, el cálculo consiste en dividir la cantidad global de actividades programadas por la cantidad de actividades realizadas y, a continuación, expresar el resultado en forma de porcentaje. Además, se describen las causas de incumplimiento. (Tullume, 2019, p.9., cómo se citó en Mengoa y Tuny, 2021, p.59).

El rendimiento de cada Programa de Trabajo Semanal debe ser medido por el Sistema Last Planner para proporcionar una evaluación de la calidad del programa. Con la ayuda del Porcentaje de Finalización del Programa, se lleva a cabo esta medición, que es la primera etapa en el proceso de adquirir conocimientos a partir de los errores y poner en marcha los cambios. El PPC se encarga de evaluar la precisión con la que el sistema Last Planner predijo la carga de trabajo para los días siguientes. En pocas palabras, la fiabilidad del sistema de planificación se evalúa mediante una comparación entre las tareas ejecutadas y las que en un principio estaba previsto realizar de acuerdo con el Programa de Trabajo Semanal (Ponz et. al., 2014, p.26-28).

2.2.5.5. Método de las 5s.

Toyota implantó por primera vez la técnica de gestión japonesa 5S en los años sesenta. La nomenclatura procede de la letra inicial japonesa que representa una de las cinco fases que componen esta metodología de gestión: (Pons, 2014, p.65., cómo se citó en Mengoa y Tuny, 2021, p.59).



- Seiri (Organizar): Con respecto a la instalación de montaje, obra, oficina o almacén, la organización se refiere al proceso de retirar del puesto de trabajo todos y cada uno de los objetos que no son necesarios para llevar a cabo los procesos de producción.
- Seiton (Ordenar): Es posible describir el orden como el proceso de disponer los bienes esenciales de forma que sean fáciles de utilizar y de marcarlos de forma que sean fáciles de localizar y retirar. Esta "S" se caracteriza por el lema "un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar".
- Seiso (Limpiar): Garantizar un entorno de trabajo higiénico y seguro, garantizando al mismo tiempo un excelente estado de salud. Además, el término "hacer inspección mediante la limpieza" está implícito en seiso.
- Seiketsu (Estandarizar): La normalización se refiere al estado en el que se mantienen los tres pilares iniciales de higiene, orden y organización.
- Shitsuke (Disciplina): El concepto de disciplina se refiere a la práctica de mantener los procedimientos adecuados.

2.2.6. Procesos eficientes.

2.2.6.1. Planeamiento A3.

Cómo se citó en (Mengo y Tuny, 2021, p.60., a Garrido (2018), en su artículo publicado "Obeya Room un método de gestión visual" demuestra un sistema de gestión visual con raíces en el Sistema de Producción Toyota (TPS), componente de la fabricación ajustada. La Sala Obeya, que es una traducción de la frase original japonesa "Salas de Guerra", sugiere que se trata de un método de gestión visual. El enfoque conocido como gestión visual es una estrategia que emplea una variedad



de características y utilizar ayudas visuales para guiar los esfuerzos de la organización hacia el cumplimiento de unos objetivos predeterminados. (Párrafo 1–2).

Estas instalaciones nos ayudan a:

- Abogar por la transparencia.
- Establezca un flujo de información en ambas direcciones, desde el nivel más alto hasta el más bajo.
- Establecer una atmósfera propicia que fomente una comunicación eficaz entre todas las entidades participantes.
- Exponiendo vulnerabilidades y limitaciones.
- Presentar los datos relativos a los indicadores de resultados, el valor añadido y cualquier otro indicador adicional que se haya especificado.
- Concentrándose en lo esencial, se puede minimizar el despilfarro.
- Adquirir una perspectiva mundial a lo largo del proceso del desarrollo de un proceso.

En resumen, los atributos de la planificación A3 la convierten en un instrumento de gestión visual excepcionalmente crítico dentro del marco Lean.

2.2.6.2. Nivel General de Actividades.

Lo que mide el nivel general de actividad es la proporción de los tres tipos diferentes de trabajo que componen la cantidad total de trabajo. Cada vez que se observa a un trabajador, debe documentarse si está realizando un TP, un CT o un TNC, así como la actividad precisa que está



realizando. Esto es necesario para realizar un nivel general de actividad. La totalidad del trabajo debe recorrerse aleatoriamente. La muestra debe recogerse de todos y cada uno de los trabajadores del lugar, así como de todas las actividades que se estén realizando en él. Es posible establecer comparaciones entre los resultados de las evaluaciones generales del nivel de actividad y las normas a escala nacional e internacional. Estas medidas reflejan el grado de actividad que se maneja en las responsabilidades del puesto. También es útil para determinar qué pérdidas son las más significativas, cuantificarlas y deshacerse de ellas (Buleje, 2012, p.15).

2.2.6.3. Índices de productividad (IP).

El indicador de progreso (IP) es un informe utilizado para evaluar la eficiencia de la ejecución de las actividades del proyecto comparando la eficiencia realizada con la eficiencia prevista en el presupuesto objetivo, esta debe contener lo siguiente: (Sistema de Gestión GYM, 2008, p.3., cómo se citó en Mengoa y Tuny, 2021, p.61-62).

- **IP de Mano de Obra:** método que determina en qué medida un grupo de trabajadores o un equipo de trabajadores utiliza los recursos de que dispone para llevar a cabo sus tareas con éxito. Para determinar la cantidad de recursos que se utilizan, se utilizan las horas-hombre (HH), que son la unidad que se utiliza para evaluar la productividad laboral. Las HH consumidas por kilogramo de acero colocado (HH/Kg) o las HH consumidas por metro de zanja excavada (HH/m) son dos ejemplos de formas de medir el consumo de HH.



- **Estructura de Control:** Los Elementos de Control que se describen en la Estructura de Control, que se establece al inicio del Proyecto, son las actividades que se van a incluir en la medición de la Productividad. Al evaluar la eficacia de toda la mano de obra y/o del equipo utilizado en la empresa, se sugiere hacer un seguimiento de la Productividad de todos los Elementos de Control que se hayan especificado.
- **Avances reales:** Tras obtenerlos de acuerdo con el método para el Control de Progreso, se prepara un informe que contiene las métricas que se han ejecutado hasta ese momento. Este informe sirve de entrada para los Informes de Productividad. Los informes creados por el Control de Progreso deben generarse con la misma frecuencia que los informes generados por el Control de Productividad. Los ítems que van a ser evaluados en el Control de Productividad también deben tener los mismos alcances.
- **Metrados totales:** Para facilitar una previsión de la productividad de las actividades una vez finalizado el proyecto, es fundamental examinar la productividad actual de cada actividad junto con el estado de avance actual de las actividades. Esto significa que es necesario tener en cuenta la cantidad de trabajo que queda por completar. La herramienta de Control de Progreso es donde se pueden recuperar las cantidades totales más recientes del Proyecto después de haber sido actualizadas.
- **Consumo de HH:** El HH utilizado de acuerdo con la Estructura de Control se extrae de la hoja de cálculo mantenida por los empleados.

2.2.6.4. Value Stream Mapping (VSM).

El mapa de flujo de valor, a menudo conocido como VSM, es un método que puede utilizarse para representar visualmente las actividades



de una empresa. Ilustra los procedimientos necesarios para transformar recursos brutos o semiprocesados en un producto final (flujo de materiales), además de la forma en que se transfieren los datos entre estos procedimientos (lo que se denomina flujo de información). Además, ilustra el porcentaje de actividades que aportan valor y las que no lo aportan. El VSM controla la información y los materiales que se incluyen dentro de cada flujo de valor, e identifica las áreas en las que hay potencial de mejora. Además de su uso como herramienta de comunicación, además, sirve como herramienta de planificación, seguimiento y diagnóstico. (Pons, 2014, 63., cómo se citó en Mengoa y Tuny, 2021, p.63).



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

3.1.1. Generalidades.

Este estudio ofrece una visión general de la metodología que se propone para la ejecución del proyecto "Mejoramiento de los servicios de tránsito vehicular y peatonal en las calles Progreso, Buenos Aires, 20 de Agosto, Amistad, Independencia, Libertad, Cultura y Vías Conexas en la localidad de Putina Punco, Distrito de San Pedro de Putina Punco - Sandia - Puno". Este proyecto consta de las siguientes partidas: trazo y replanteo, corte de terreno con maquinaria, eliminación de material excedente, relleno c/ equipo mat. Granular, subbase granular $e=0.20$ m, perfilado y compactado de subrasante, encofrado y desencofrado de pavimentos, concreto $f'c= 210$ kg/cm²-vias, acero dowell $f'y= 4200$ kg/cm² -grado 60 D=3/4", curado de concreto en vías, juntas asfálticas, corte en superficie de pavimento de concreto.

El proyecto comprende la pavimentación de 17866.77 m² de pavimento rígido.

3.1.2. Ubicación.

Geográficamente, la empresa está situada en las siguientes coordenadas: UTM, X: 495400 y Y: 8440400, a una altitud de 924.00 m.s.n.m. del distrito San Pedro de Putina Punco, Provincia de Sandia, Departamento de Puno.

Figura 1

Localización de San Pedro de Putina Punco en Google Maps



FUENTE: Elaboración propia.

3.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

A. Delimitación espacial

La investigación se realizó en el Distrito de San Pedro de Putina Punco, que comprende la obra de infraestructura vial de "Mejoramiento de los servicios de tránsito vehicular y peatonal en las calles Progreso, Buenos Aires, 20 de Agosto, Amistad, Independencia, Libertad, Cultura y Vías Conexas en la localidad de Putina Punco, Distrito de San Pedro de Putina Punco - Sandia - Puno" ejecutado por el consorcio A&F, modalidad por contrata.

B. Delimitación temporal

La investigación se realizó durante los meses de noviembre del 2020 a diciembre del 2020 y marzo del 2021 hasta julio 2021.

C. Delimitación conceptual

Lean construction, last planner, planificación, control, productividad, tiempo y costo.



3.3. PERIODO DE DURACION DEL ESTUDIO

Periodo de duración del estudio octubre 2020 a diciembre 2020 y marzo 2021- agosto 2021.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO

3.4.1. Población

A lo largo de este estudio, la población se consideró: las partidas de ejecución de la obra: "Mejoramiento de los servicios de tránsito vehicular y peatonal en las calles Progreso, Buenos Aires, 20 de Agosto, Amistad, Independencia, Libertad, Cultura y Vías Conexas en la localidad de Putina Punco, Distrito de San Pedro de Putina Punco - Sandia - Puno" a cargo de la empresa CONSORCIO A&F durante los días de octubre 2020 a diciembre 2020 y marzo 2021 hasta agosto 2021.

3.4.2. Muestra

Esta es la muestra de investigación sobre la construcción respecto al proyecto "Mejoramiento de los servicios de tránsito vehicular y peatonal en las calles Progreso, Buenos Aires, 20 de Agosto, Amistad, Independencia, Libertad, Cultura y Vías Conexas en la localidad de Putina Punco, Distrito de San Pedro de Putina Punco - Sandia - Puno", está conformada por las partidas trazo y replanteo (17866.77 m²) , corte de terreno con maquinaria (11295.68 m³), eliminación de material excedente (13554.82 m³), relleno c/ equipo mat. Granular (2618.47 m³), subbase granular e=0.20 m (17864.77 m²) , perfilado y compactado de subrasante (17864.77 m²), encofrado y desencofrado de pavimentos (962.17 m²), concreto f'c= 210 kg/cm²-vias (17866.77 m²), acero dowell f_y= 4200kg/cm² -grado 60



D=3/4" (4821.72 kg), curado de concreto en vías (17866.77 m²), juntas asfálticas (4390.99 m), corte en superficie de pavimento de concreto (3870.05).

3.5. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Sobre la base de los atributos de este estudio, se determinó que es tipo aplicada ya que se tuvo acceso total a la construcción de la obra "Mejoramiento de los servicios de tránsito vehicular y peatonal en las calles Progreso, Buenos Aires, 20 de Agosto, Amistad, Independencia, Libertad, Cultura y Vías Conexas en la localidad de Putina Punco, Distrito de San Pedro de Putina Punco - Sandía - Puno" en la etapa de ejecución.

3.6. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se utilizaron los siguientes instrumentos:

- a) A lo largo de la ejecución del proyecto se utilizaron instrumentos de recogida de datos para recabar información y comprender los atributos.
- b) En el análisis documental se emplearon diversos instrumentos, entre ellos tesis, libros, cursos y artículos.
- c) Se utilizaron Autodesk, Word, Microsoft Excel, Ms. Project.

3.7. PROCEDIMIENTO

La aplicación de herramientas Lean Construction en el Proyecto "Mejoramiento de los servicios de tránsito vehicular y peatonal en las calles Progreso, Buenos Aires, 20 de Agosto, Amistad, Independencia, Libertad, Cultura y Vías Conexas en la localidad de Putina Punco, Distrito de San Pedro de Putina Punco - Sandía - Puno" se desarrolló de la siguiente manera:

Tabla 2

Herramientas Lean Construction.

DISEÑO LEAN (PLANIFICACIÓN)	EJECUCIÓN LEAN	PRODUCCIÓN (CONTROL)	CONCLUSIONES (FIN)
Matriz de responsabilidades	Last Planner System (LPS)	Método de las 5s	Comparación de Resultados
Planeamiento Pull	Planificación de Look Ahead	Nivel General de Actividad (proyecto)	Reporte A3
Buffers	Análisis de restricciones	Indices de Productividad	
Sectorización	Plan semanal	Carta Balance (Cuadrilla)	
Tren de Actividades	Porcentaje de Plan Completado Análisis de Incumplimiento y Confiabilidad Plan de Trabajo Diario	Value Stream Mapping (VSM)	

FUENTE: Elaboracion propia.

3.7.1. Introducción al sistema de producción

3.7.1.1. Revisión del contrato

A lo largo de la ejecución del proyecto, se elaboró y respetó una estrategia contractual para facilitar la aplicación de las herramientas de Lean Construction. Esta estrategia tenía por objeto conseguir lo siguiente:

- Aprovechar las condiciones contractuales en su beneficio y mitigue los riesgos potenciales delegando tareas en las personas directamente responsables de la obra.

- Garantizar que el proyecto se lleva a cabo de acuerdo con los documentos contractuales y el calendario previsto.
- Coordinar cordialmente con el área usuaria y la supervisión, respetando los intereses de las partes intervinientes en el proyecto, con ánimos de alcanzar los objetivos y metas del proyecto.
- Así mismo la obra se ejecuta por contrata y por la modalidad a precios unitarios.

3.7.1.2. Matriz de asignación de responsabilidades

La Matriz de Asignación de Responsabilidades es un instrumento práctico utilizado para determinar las personas que tienen la responsabilidad de ejecutar las tareas del proyecto.

Según el expediente técnico se tiene el siguiente personal profesional a cargo para la ejecución de la obra:

Tabla 3

Profesionales a cargo según el expediente técnico.

Descripción	Unidad	%Participación
01 Administrador de contrato de obra	mes	0.5
02 Residente de Obra	mes	1.0
03 Asistente de Residente de Obras	mes	1.0
04 Arqueólogo	mes	0.5
05 Especialista de Seguridad en Obra y Salud en el trabajo	mes	0.5
06 Especialista en calidad	mes	0.5
07 Especialista Ambiental	mes	0.5
08 Enfermera	mes	1.00

FUENTE: Expediente técnico.

Para la matriz de responsabilidades del proyecto de investigación se considera lo siguiente:



- Gerente del proyecto (GP): según el expediente técnico no se consideró un gerente del proyecto, pero el contratista decidió poner un gerente de proyecto que coordine tanto la parte legal y documentaria con la entidad, la parte legal y documentaria con el residente y administrador de obra.
- Ingeniero Residente (IG): según el expediente técnico se tiene un ingeniero residente a tiempo completo, el cual coordina con todos los profesionales y técnicos a cargo de la obra, lleva la parte documentaria, además de ser el principal responsable de la ejecución de la obra.
- Jefe de producción (JP): Según el expediente técnico no se considera a un jefe de producción, pero el contratista a su experiencia decidió poner un jefe de producción el cual coordino y controló que todos los recursos, tanto personal obrero, materiales, equipos y maquinarias, estén en el tiempo planificado y que se tenga una producción igual o mayor a lo planificado.
- Oficina Técnica (OT): Según el expediente técnico se considera el asistente de residente, ingeniero de seguridad, ingeniero de calidad, ingeniero ambiental, enfermera y arqueólogo, los cuales coordinan directamente con el residente de obra.
- Maestro de Obra (MO): el maestro de obra es considerado como un operario según el expediente técnico, el cual coordina con el residente de obra en cuanto a la ejecución de las actividades, recursos necesarios para la ejecución de estas, y coordina directamente con el personal obrero para la ejecución de las partidas programadas.

Por otro lado, según el expediente técnico no se cuenta con una gestión de riesgos planificada.

De forma similar se establece una estructura de división del trabajo para la investigación, las actividades necesarias para la ejecución del proyecto son especificadas por el individuo o grupo responsable de cada tarea.

Se identifica y se plantea la matriz de la siguiente manera:

Tabla 4

Matriz de responsabilidades

		MATRIZ DE ASIGNACION DE RESPONSABILIDADES						
		ACTIVIDADES	GP	IR	JP	OT	AD	MO
PLANEAMIENTO		Elaboración del cronograma general del proyecto		X				
		Revisión del planeamiento elaborado		X	X			
		Elaboración y revisión de listado de recursos necesarios para la ejecución de la obra.			X	X	X	X
		Realizar el pedido de recurso necesarios			X		X	
		Identificar principales restricciones para iniciar el proyecto	X	X	X	X		
		Actualización del cronograma general			X			
		Elaboración del look Ahead del área de producción			X			
PROGRAMACION		Elaboración del análisis de restricciones			X			
		Revisión y validación de los responsables de las restricciones		X	X			
		Levantamiento de las restricciones				X	X	
		Elaboración del plan semanal			X			
		Cálculo del PPC e identificación de las causas de incumplimiento			X			

FUENTE: Elaboración propia

Leyenda tabla 3:

- GP: Gerente de Proyecto.
- IR: Ingeniero Residente.
- JP: Jefe de Producción.
- OT: Oficina Técnica.
- AD: Administrador.
- MO: Maestro de Obra.



Mediante una tabla, se establece la Matriz de Asignación de Responsabilidades, que se implantó en el proyecto. A continuación, se convocó una reunión para debatir todos los ejercicios del equipo y recopilar una explicación sucinta del trabajo realizado, incluidas las responsabilidades asignadas, y documentar en una hoja de cálculo con un marco quién era responsable de cada actividad.

Esta matriz nos permitió controlar la gestión del proyecto, ya que cada área se hizo responsable de las restricciones que se le asignaron, lo que permitió un seguimiento adecuado y el levantamiento de las restricciones.

3.7.1.3. Cronograma Maestro de Obra

Para la programación CPM de la obra y calendario de obra valorizado se aprobó inicialmente con los siguientes hitos.

Tabla 5

Identificación de hitos del Proyecto al iniciar la obra.

DESCRIPCION	Hito inicial
HITOS DE OBRA	
HITO A: Entrega de Trazo y replanteo	17/01/2021
HITO B: Entrega de Corte de terreno con maquinaria	19/12/2020
HITO C: Entrega de Eliminación de material excedente	29/12/2020
HITO D: Entrega de Relleno de material granular	13/01/2021
HITO E: Entrega de Perfilado y compactado de Subrasante	11/04/2021
HITO F: Entrega de Subbase granular	22/02/2021
HITO G: Entrega de Encofrado de pavimentos	22/03/2021
HITO H: Entrega de Acero dowell en pavimentos	25/02/2021
HITO I: Entrega de Vaciado de concreto en pavimentos	26/04/2021
HITO J: Entrega de Curado de concreto	12/03/2021
HITO k: Entrega de Corte en superficie de pavimento	20/04/2021
HITO L: Entrega de Relleno de juntas asfálticas	6/05/2021
HITO M: Entrega de obra al cliente para las observaciones.	30/07/2021



DESCRIPCION	Hito inicial
HITO N: Entrega de obra.	15/06/2021

FUENTE: Elaboración propia.

Posterior a ellos se presentó lo siguiente:

- 1ra suspensión de ejecución de obra: del 01/02/2021 al 28/02/2021, acuerdo que se da firmando un ACTA DE SUSPENSIÓN TEMPORAL entre las partes, supervisor, residente y representante común, por la causal eventos no atribuibles a las partes, el cual se menciona en el art. 178 del RLCE, así mismo se adjunta dicha el acta en los anexos.
- Ampliación de plazo N° 1: aprobado por 15 días calendarios, ampliación plazo aprobado con Resolución de Gerencia Municipal n° 023-2021-MDSPPP/GM, por la causal, atrasos y/o paralizaciones por causas no atribuibles al contratista, el cual se menciona en el art. 197 del RLCE, así mismo se adjunta dicha resolución en los anexos.
- 2da suspensión de ejecución de obra: del 01/06/2021 al 20/06/2021, se aprueba la suspensión del plazo de ejecución con Resolución de Gerencia Municipal n° 027-2021-MDSPPP/GM, por la causal eventos no atribuibles a las partes, el cual se menciona en el art. 178 del RLCE, así mismo se adjunta dicha resolución en los anexos.

Debido a estas modificatorias durante la ejecución de obra, el termino de plazo de ejecución seria para el 17/08/2021, así mismo para la investigación y durante su desarrollo se modificó los hitos según las modificatorias de la obra.



La programación CPM inicial del proyecto, el calendario de obra valorizado y el cronograma de adquisición de materiales se adjunta en los anexos de la investigación.

Para el análisis del proyecto se utiliza un procedimiento iterativo. Como resultado de este análisis se elaboran estrategias de gestión y ejecución, incluido el diseño del Sistema de Producción y los aspectos organizativos y estratégicos del proyecto. El Calendario General, la Programación de Recursos y el Presupuesto Objetivo son los principales elementos que se entregarán como resultado de este procedimiento, para lo cual consideramos lo siguiente:

- Se identifican las principales limitaciones del tiempo: horario de trabajo de lunes a sábado de 8am a 4pm, también se determinó que las precipitaciones se producen de forma continua a lo largo de los meses de enero y febrero.
- De los métodos constructivos de trabajo y actividades determinamos que: se tuvieron como trabajos críticos la construcción de sub base granular $e=0.20m$ y pavimentos: concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.
- Ubicación de canteras, áreas de trabajo, talleres, etc.
- Especificar y evaluar los recursos que se utilizarán durante la duración del proyecto.

Antes de comenzar la construcción, se formuló el Cronograma Maestro de Obra. El desarrollo y la ejecución del programa se llevaron a cabo de conformidad con los acuerdos contractuales, las metas del proyecto, las relaciones entre las actividades y los hitos críticos.

El Calendario Maestro se diseñó con un grado de detalle adecuado para que los entregables y los recursos fueran trazables, evitando al mismo tiempo restricciones onerosas. Para ello, se elaboró el Programa Maestro de la siguiente manera. La formulación del calendario se basó en:

- Realizar los entregables con los hitos del proyecto según el contrato vigente.
- El alcance incluye todos los trabajos requeridos para completar el proyecto, en esta labor se tuvo en cuenta todas las restricciones que puedan afectar la ejecución del proyecto, así como las que pudieran retrasar.
- Identificar los hitos.

Tabla 6

Identificación de hitos del Proyecto.

DESCRIPCION	CONTRACTUAL
HITOS DE OBRA	
HITO A: Entrega de Trazo y replanteo	11/03/2021
HITO B: Entrega de Corte de terreno con maquinaria	28/04/2021
HITO C: Entrega de Eliminación de material excedente	28/04/2021
HITO D: Entrega de Relleno de material granular	26/03/2021
HITO E: Entrega de Perfilado y compactado de Subrasante	12/05/2021
HITO F: Entrega de Subbase granular	15/06/2021
HITO G: Entrega de Encofrado de pavimentos	16/07/2021
HITO H: Entrega de Acero dowell en pavimentos	05/07/2021
HITO I: Entrega de Vaciado de concreto en pavimentos	17/07/2021
HITO J: Entrega de Curado de concreto	19/07/2021
HITO k: Entrega de Corte en superficie de pavimento	19/07/2021
HITO L: Entrega de Relleno de juntas asfálticas	01/08/2021
HITO M: Entrega de obra al cliente para las observaciones.	02/08/2021
HITO M: Entrega de obra.	14/08/2021

FUENTE: Elaboración propia.

- Determinar la ruta crítica y los sistemas de control.

- Monitorear los entregables.
- Asignar códigos e identificación a los entregables de acuerdo con la estructura de desglose del trabajo.

Tabla 7

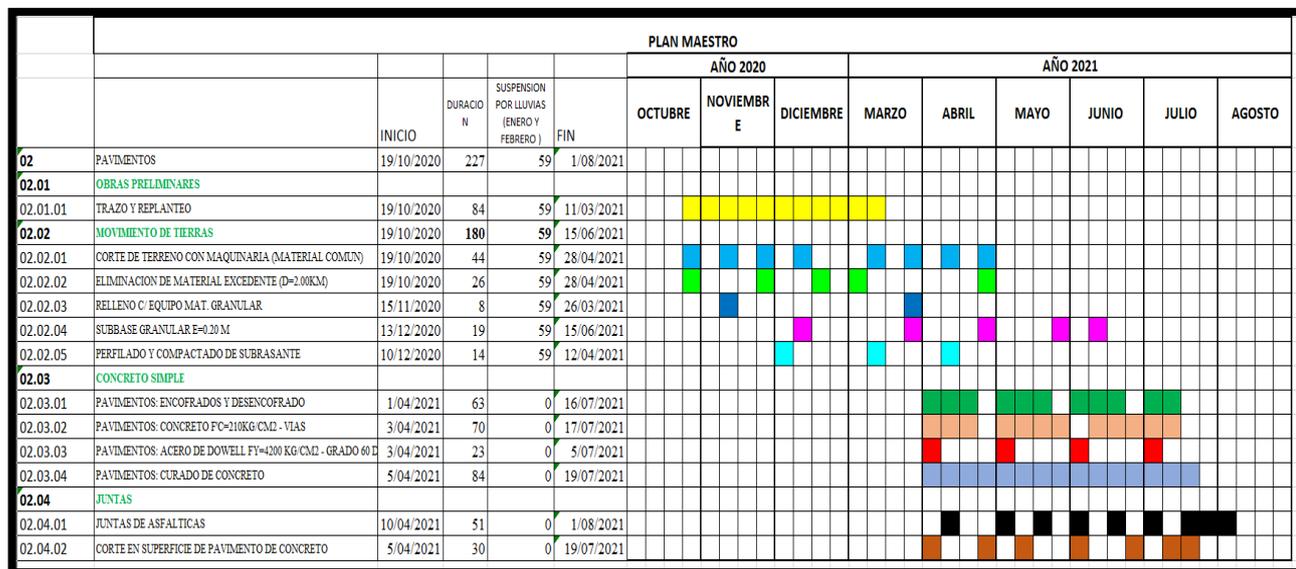
Partida de control por Fases.

FASE	PARTIDA CONTROL
1	TOPOGRAFIA
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS
3	ENCOFRADO
4	ACERO
5	CONCRETO
6	JUNTAS

FUENTE: Elaboración propia.

Figura 2

Cronograma maestro de obra



FUENTE: Elaboración propia.

3.7.2. Flujo eficiente

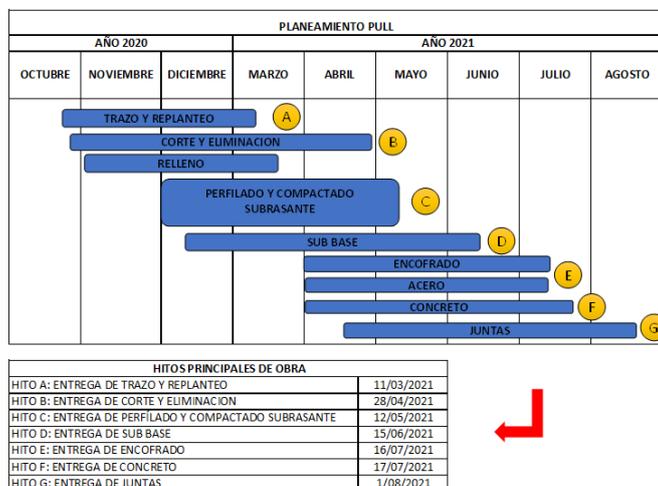
3.7.2.1 Planeamiento Pull

Se cambio la manera de en la que se realiza la programación, puesto que se programa del final hacia el inicio. Las fechas y plazos estimados para el cumplimiento de las actividades pendientes se establecieron a partir de la fecha de finalización del entregable. A continuación, el sistema determina el método más eficaz para completar la tarea y tiene en cuenta los riesgos potenciales estableciendo topes y otros planes de contingencia. La ejecución de la planificación pull es la siguiente:

- Se especifican las fases y las fechas de entrega.
- Se planifica en reversa las actividades necesarias para cada fase.
- Se agrega duración a cada actividad sin considerar ninguna contingencia o buffer.

Figura 3

Definición de las duraciones de las actividades

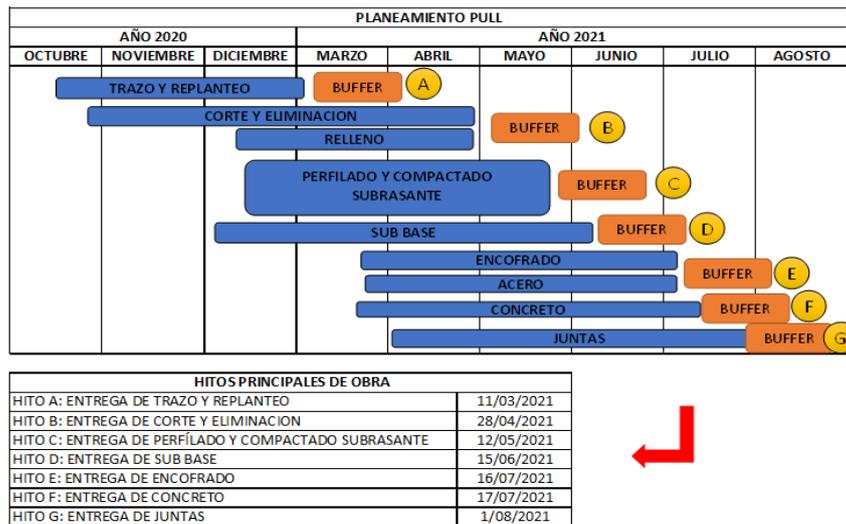


FUENTE: Elaboración propia.

- Seguidamente se analiza como comprimir cada duración
- Se define las actividades que necesitan buffers
- Se confirma que si los buffers tomados se acomodan a sus actividades nos permitirán culminar con los entregables por hitos.

Figura 4

Definición de buffer para cada actividad.



FUENTE: Elaboración propia.

3.7.2.2. Buffers

Para regular y limitar el grado de imprevisibilidad de la producción, el uso de buffers en la construcción es un componente esencial. En el marco de la planificación del pull, se construyeron topes, y en el proyecto se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Contingencias: Para el vaciado de concreto se utilizó una planta de concreto (chute) y un mixer de capacidad de 8m³.

Figura 5

Vaciado con mixer.



FUENTE: Elaboración propia.

- b) Inventarios: le logro tener un stock mínimo de materiales y herramientas.
- c) Tiempo: los trabajos fueron de lunes a sábado, 8 horas días y 48 horas semanales.
- d) Capacidad operacional: se contó con personal que se dedique a la conexión y desconexión de cables eléctricos para que la excavadora trabaje sin bajar su rendimiento, por otro lado, se contó con gasfiteros que apoyen cada vez que las maquinarias rompan las tuberías de agua y desagüe.
- e) Estrategias: Se idearon planes de contingencia para poner en marcha operaciones de reserva durante periodos no críticos.

3.7.2.3 Sectorización

La determinación del número óptimo de sectores para la sectorización de nuestro proyecto se basó en el tiempo y los metrados del proyecto.

Una vez obtenidas los metrados del proyecto, se evalúan las principales limitaciones del mismo.

- Horario de trabajo: lunes a sábado de 8am – 5pm con 1 hora de almuerzo.

- Capacidad de producción de concreto por día, máximo 8 viajes de mixer de capacidad de 8m³, en total 64m³ diarios.
- Disponibilidad de 1 solo mixer.

Para el proyecto los sectores fueron los siguientes.

Tabla 8

Sectorización según metrados del proyecto.

ACTIVIDADES	UN D	METRA DOS TOTALE S	SECTO R 1	SECTO R 2	SECTO R 3	SECTO R 4
PAVIMENTOS						
OBRAS PRELIMINARES						
TRAZO Y REPLANTEO	m2	17866.77	4798.70	6511.34	5717.69	839.04
MOVIMIENTO DE TIERRAS						
CORTE DE TERRENO CON MAQUINARIA (MATERIAL COMUN)	m3	11295.68	3057.57	3743.54	4003.27	491.30
ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE (D=2.00KM)	m3	13554.82	3669.08	4492.25	4803.92	589.56
RELLENO C/ EQUIPO MAT. GRANULAR	m3	2618.47	1205.96	1187.29	15.42	209.80
SUBBASE GRANULAR E=0.20 M	m2	17864.77	4798.70	6511.34	5717.69	837.04
PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	17864.77	4798.70	6511.34	5717.69	837.04
CONCRETO SIMPLE						
PAVIMENTOS: ENCOFRADOS Y DESENCOFRADO	m2	962.17	261.29	369.44	299.54	31.90
PAVIMENTOS: CONCRETO F'C=210KG/CM2 - VIAS	m2	17866.77	4798.70	6511.34	5717.69	839.04
PAVIMENTOS: ACERO DE DOWELL FY=4200 KG/CM2 - GRADO 60 D=3/4"	kg	4821.72	1157.21	2250.14	1414.37	0
PAVIMENTOS: CURADO DE CONCRETO	m2	17866.77	4798.70	6511.34	5717.69	839.04
JUNTAS						
JUNTAS DE ASFALTICAS	m	4390.99	1195.49	1300.65	1792.08	102.77
CORTE EN SUPERFICIE DE PAVIMENTO DE CONCRETO	m	3870.05	1041.00	1446.65	1194.00	188.40

FUENTE: Elaboración propia.

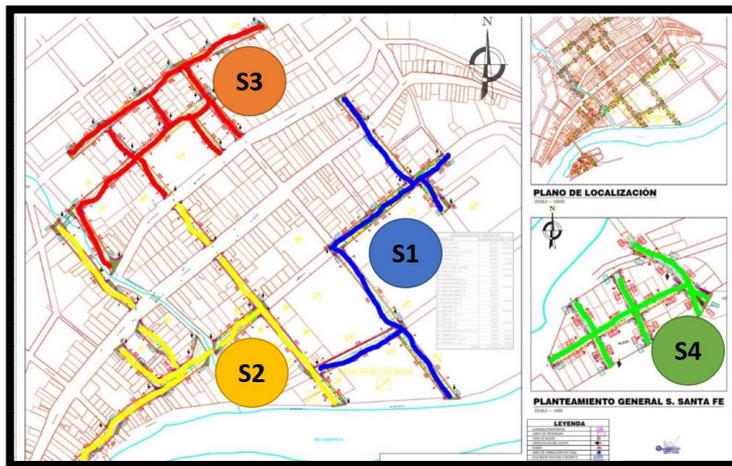
Se realiza la sectorización de acuerdo con los metrados, por lo que en el sector 1,2 y 3 se tiene metrados similares, por otro lado, el sector 4 se da por la disponibilidad de terreno, ya que toda esa zona se encuentra

al otro lado del río, para lo cual se tiene que trasladar en conjunto las maquinarias, materiales, herramientas, etc.

Como siguiente paso se tiene la gráfica en planta de los sectores 1,2, 3 y 4.

Figura 6

Sectorización en planta del proyecto.



FUENTE: Elaboración propia.

3.7.2.4. Tren de Actividades

El tren de actividades se realiza de la siguiente forma:

- Se procede a identificar las actividades que se pueden realizar diariamente.

Tabla 9

Actividad como una unidad de trabajo por día, dividido en 3 etapas.

ACTIVIDADES	
DIA 1	TRAZO Y REPLANTEO
DIA 2	CORTE DE TERRENO CON MAQUINARIA ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE
DIA 1	RELLENO C/ EQUIPO MAT. GRANULAR
DIA 2	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE



ACTIVIDADES

DIA 3	SUBBASE GRANULAR E=0.20 M
DIA 1	PAVIMENTOS: ENCOFRADOS Y DESENCOFRADO
DIA 2	PAVIMENTOS: ACERO DOWELL FY=4200KG/CM2
DIA 3	PAVIMENTOS: CONCRETO F'C=210KG/CM2
DIA 4	PAVIMENTOS: CURADO DE CONCRETO CORTE EN SUPERFICIE DE PAVIMENTO DE CONCRETO
DIA 5	JUNTAS ASFALTICAS

FUENTE: Elaboración propia.

- Se realiza el tren de actividades suponiendo que todas las actividades son parte de la ruta crítica, donde una actividad depende de otra y así eliminar las holguras.
- Cada actividad tiene una meta diaria con su cuadrilla correspondiente.
- También se consideró que por cada actividad que no se realiza, se retrasaba todo el tren de actividades.
- Se realiza el tren de actividades en 3 etapas como son los siguientes:
- Para las 3 etapas se considera a las actividades que pueden depender una de la otra y que las actividades siguientes puedan realizarse lo más pronto posible según el proceso constructivo.

Figura 7

Tren de actividades para la primera etapa

TREN DE ACTIVIDADES																																									
OCTUBRE 2020														NOVIEMBRE 2020																											
SEM 1				SEM 2				SEM 3				SEM 4				SEM 5				SEM 6																					
L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S						
TRAZO Y REPLANTEO																																									
CORTE DE TERRENO CON MAQUINARIA (MATERIAL COMUN)																																									
ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE (D=2.00KM)																																									
DICIEMBRE 2020														MARZO 2021																											
SEM 7				SEM 8				SEM 9				SEM 10				SEM 11				SEM 12				SEM 13																	
L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
TRAZO Y REPLANTEO																																									
CORTE DE TERRENO CON MAQUINARIA (MATERIAL COMUN)																																									
ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE (D=2.00KM)																																									
MARZO 2021														ABRIL 2021																											
SEM 14				SEM 15				SEM 16				SEM 17				SEM 18				SEM 19				SEM 20																	
L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
TRAZO Y REPLANTEO																																									
CORTE DE TERRENO CON MAQUINARIA (MATERIAL COMUN)																																									
ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE (D=2.00KM)																																									

FUENTE: Elaboración propia.

Figura 8

Tren de actividades para la segunda etapa.

TREN DE ACTIVIDADES																																			
NOVIEMBRE 2020														DICIEMBRE 2020																					
SEM 5				SEM 6				SEM 7				SEM 8				SEM 9				SEM 10				SEM 11											
L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
RELLENO C/ E QUIPO MAT. GRANULAR																																			
PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE																																			
SUBBASE GRANULAR E=0.20 M																																			
MARZO 2021														ABRIL 2021																					
SEM 12				SEM 13				SEM 14				SEM 15				SEM 16				SEM 17															
L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
RELLENO C/ E QUIPO MAT. GRANULAR																																			
PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE																																			
SUBBASE GRANULAR E=0.20 M																																			
ABRIL 2021														MAYO 2021																					
SEM 18				SEM 19				SEM 20				SEM 21				SEM 22				SEM 23															
L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
RELLENO C/ E QUIPO MAT. GRANULAR																																			
PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE																																			
SUBBASE GRANULAR E=0.20 M																																			
MAYO 2021														JUNIO 2021																					
SEM 24				SEM 25				SEM 26				SEM 27				SEM 28				SEM 29															
L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
RELLENO C/ E QUIPO MAT. GRANULAR																																			
PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE																																			
SUBBASE GRANULAR E=0.20 M																																			

FUENTE: Elaboración propia.

Figura 9

Tren de actividades para la tercera etapa.

TREN DE ACTIVIDADES																																				
	ABRIL 2021												MAYO 2021																							
	SEM 16			SEM 17			SEM 18			SEM 19			SEM 20			SEM 21																				
	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
ENCOFRADOS Y DESENCOFRADO																																				
ACERO DE DOWELL FY=4200 KG/CM ² - GRADO 60 D=3/4"																																				
CONCRETO F'c=210KG/CM ² - VIAS																																				
CURADO DE CONCRETO																																				
CORTE EN SUPERFICIE DE PAVIMENTO DE CONCRETO																																				
JUNTAS DE ASFALTICAS																																				

	MAYO 2021												JUNIO 2021																	
	SEM 22			SEM 23			SEM 24			SEM 25			SEM 26			SEM 27														
	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
ENCOFRADOS Y DESENCOFRADO																														
ACERO DE DOWELL FY=4200 KG/CM ² - GRADO 60 D=3/4"																														
CONCRETO F'c=210KG/CM ² - VIAS																														
CURADO DE CONCRETO																														
CORTE EN SUPERFICIE DE PAVIMENTO DE CONCRETO																														
JUNTAS DE ASFALTICAS																														

	JUNIO 2021						JULIO 2021																	
	SEM 28		SEM 29		SEM 30		SEM 31		SEM 32		SEM 33													
	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
ENCOFRADOS Y DESENCOFRADO																								
ACERO DE DOWELL FY=4200 KG/CM ² - GRADO 60 D=3/4"																								
CONCRETO F'c=210KG/CM ² - VIAS																								
CURADO DE CONCRETO																								
CORTE EN SUPERFICIE DE PAVIMENTO DE CONCRETO																								
JUNTAS DE ASFALTICAS																								

FUENTE: Elaboración propia.

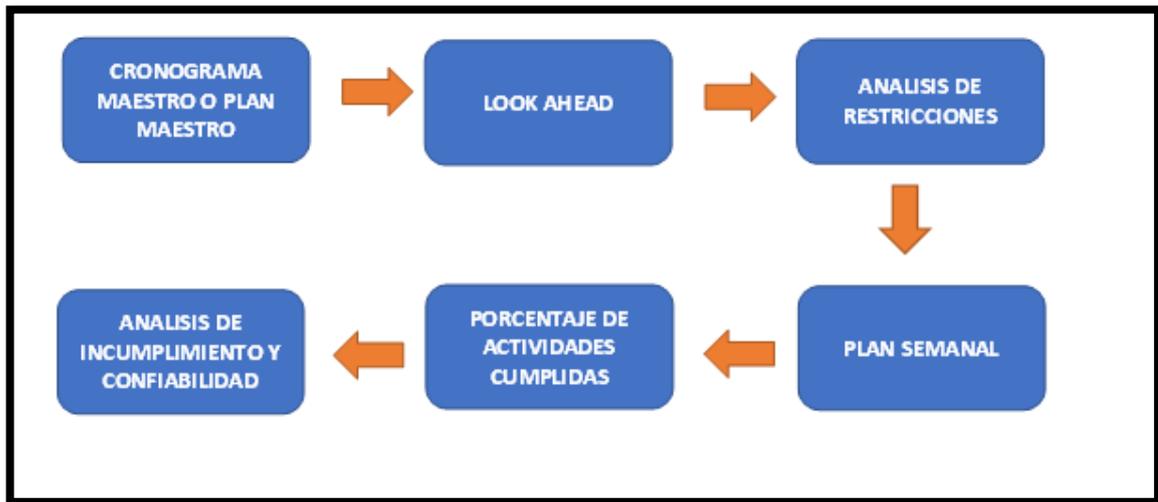
3.7.3. Flujo Continuo

3.7.3.1. Last Planner System (LPS)

En una planificación normal o tradicional no se puede controlar las actividades que se realizarán diariamente o semanalmente, ya que su programación es a largo plazo, y como en obra semanalmente se incumplen los trabajos por distintos motivos, estos retrasos conllevan a ampliaciones de plazo y costo, es por ello que se necesita una planificación moderna con un control diario, una programación semanal, una actualización de cronogramas y correcciones del por qué se incumplió los trabajos programados, así mismo la planificación debe llevarse con los involucrados en el proyecto.

Figura 10

Last planner system del Proyecto.



FUENTE: Elaboración propia.

Con el sistema last planner system se mejoró el control y variabilidad del proyecto aumentando la confiabilidad de los trabajos programados, con ello se logró tomar acciones preventivas y correctivas durante la ejecución de la obra, para lo cual se realizó una adecuada planificación de la siguiente manera.

- Se tiene el cronograma maestro, las fechas de entrega de las actividades a ejecutarse y la planificación pull.
- Se determina el número factible de los sectores a desarrollarse según el metrado y disposición de terreno.
- Se enumera y grafica la sectorización en planta.
- Posterior a ello se realiza el look Ahead con los trenes de trabajo.
- Se genera el planeamiento A3 como un resumen de trabajo
- Así mismo se utilizó las herramientas de control, como son el PPC y el análisis de incumplimiento.



3.7.3.2. Planificación de Look Ahead

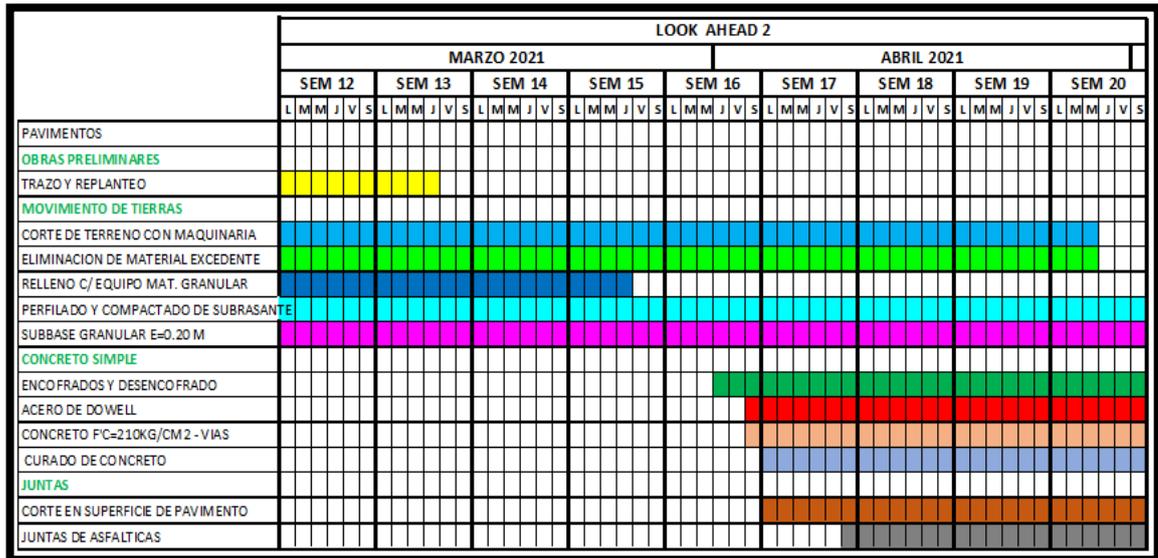
Se realizó tres cronogramas a mediano plazo, el primero fue de octubre 2020 a diciembre 2020 con un total de 11 semanas, el segundo de marzo 2021 a abril 2021 con un total de 9 semanas y el tercero fue de mayo a agosto con un total de 13 semanas. A la hora de determinar el tiempo y plazo más oportuno para el proyecto se tuvieron en cuenta, además de los aspectos de ingeniería, el factor climático, la época de llegada de los materiales y la ingeniería del proyecto.

Sobre todo el factor climatológico fue determinante para no considerar los meses de enero y febrero, en el cronograma maestro y en la planificación de los cronogramas a mediano plazo, ya que estos meses según SENAMHI y los pobladores de la zona, son periodos de fuertes lluvias, los cuales al contacto con la superficie del terreno, saturan altamente las zonas de trabajo y técnicamente no se puede trabajar en un suelo altamente saturado, así mismo es un peligro para las maquinarias por lo accidentado que es la zona y por lo saturado que se encuentra la superficie del terreno a trabajar.

El Look Ahead o el cronograma a mediano plazo permitió ver actividades que iban a ser ejecutadas en un plazo determinado, esto con el fin de organizar el trabajo y garantizar el cumplimiento de los hitos del proyecto, dicha planificación ayudó a mejorar el flujo de producción y aumento de confiabilidad de la planificación a corto plazo, mediante la identificación y eliminación de restricciones.

Figura 12

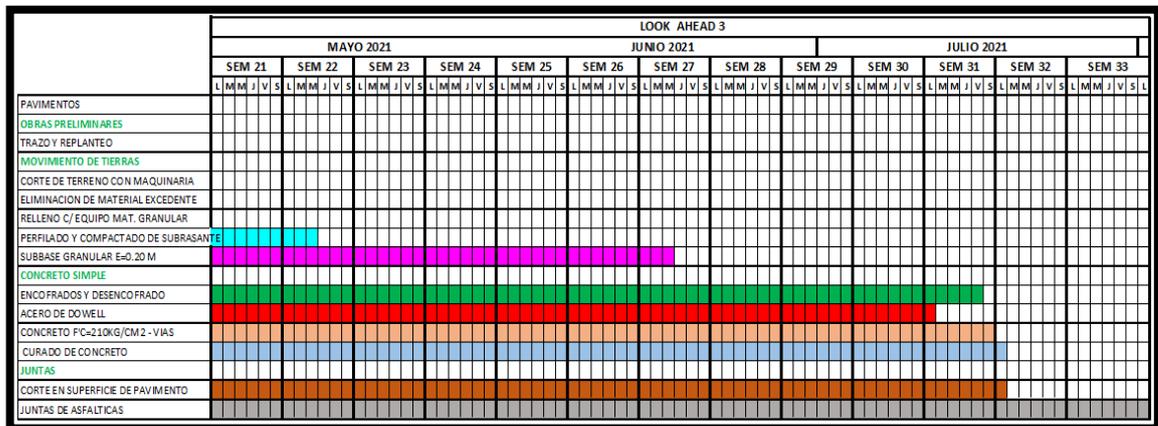
Segundo look Ahead de obra programado.



FUENTE: Elaboración propia.

Figura 13

Tercer look Ahead de obra programado.



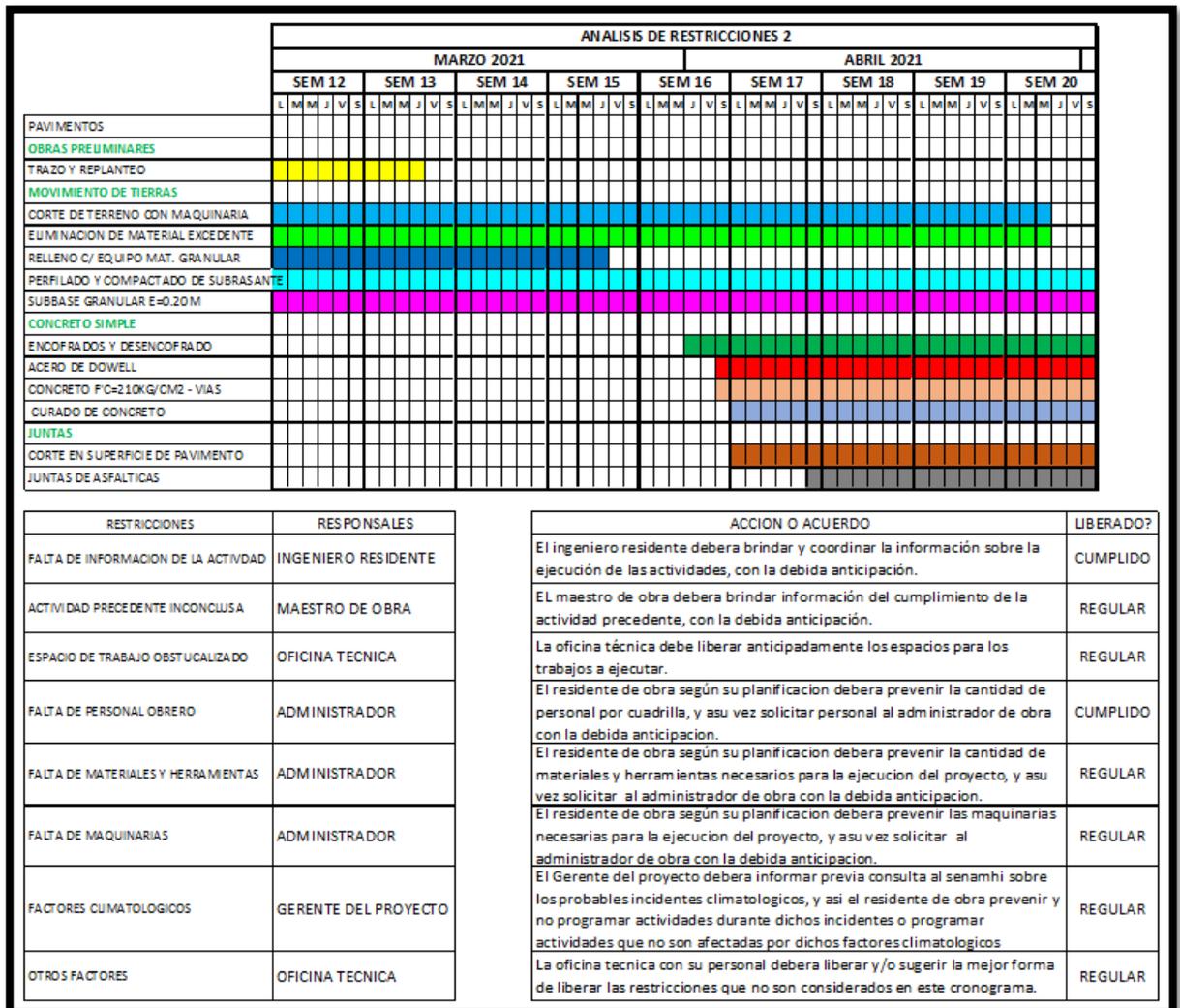
FUENTE: Elaboración propia.

Para realizar la planificación de los looks aheads se cumplió con los siguientes requisitos.

- Elaborarlo con el equipo técnico de trabajo.
- Tomar como punto de partida el cronograma maestro y los hitos de entrega.

Figura 15

Análisis de restricciones 2 y los responsables de su liberación.



FUENTE: Elaboración propia.



terreno disponible, logística, actividades predecesoras y la supervisión para las aprobaciones correspondientes.

Con el fin de asignar a las personas responsables de la supresión de las limitaciones, se elaboró una lista de dichas personas.

Tabla 10

Listado de responsables para diferentes restricciones.

RESPONSALES	INICIALES	ALCANCE
GERENTE DEL PROYECTO	GP	coordinación con el área usuaria, decisión de compras y contratos mayores, aprobación de subcontratos, definición y supervisión de puntos de control, trámite de pagos con la entidad.
INGENIERO RESIDENTE	IR	revisión del expediente técnico, coordinación con la supervisión, coordinación del personal, materiales y equipos, planificación y control del proyecto, definición de los puntos de control.
OFICINA TECNICA ASIST. DEL RESIDENTE	OT AR	Coordinación en oficina y en campo, metrado diarios y semanales, coordinación con el residente, coordinación con el maestro de obra y miembros de la oficina técnica.
ING. CALIDAD	IC	coordinación de los controles de calidad en campo, coordinación con el supervisor para su aprobación de calidad, coordinación para los ensayos en campo y laboratorio.
ING. SEGURIDAD	IS	coordinación de las charlas de seguridad al personal técnico y obrero, coordinación con supervisión para controles de seguridad en obra, coordinación de control al personal sobre el COVID.
ING. AMBIENTAL	IA	coordinación sobre la mitigación de la contaminación ambiental del movimiento de tierras, coordinación con supervisión para la aprobación del plan de manejo ambiental, coordinación de los puntos de botadero, cantera, etc.
TOPOGRAFO	TP	liberación de espacios según los planos del ET para realizar las actividades programadas, coordinación con el residente y el supervisor para llevar los niveles y medidas adecuados.
PRODUCCION	PD	Planificar y controlar los avances del proyecto, coordinar con el gerente y residente de la obra.
ADMINISTRADOR	AD	Coordinar con el residente los requerimientos necesarios para la ejecución de obra, coordinar con el gerente para la aprobación de dichos requerimientos

FUENTE: Elaboración propia.



Se realizo los planes semanales con las actividades liberadas regular o totalmente, así mismo las actividades que no fueron liberadas se enviaron a los responsables para la liberación lo más pronto posible, este proceso se repitió una y otra vez, durante toda la ejecución del proyecto.

3.7.3.4. Planificación Semanal

Se realiza un análisis más detallado del look ahead, con la función de guiar y poder controlar semanalmente el avance de las actividades programadas, de esta manera asignar recursos a las actividades programadas.

Este plan semanal ayudo en el control para el cumplimiento de actividades planificadas, las cuales fueron evaluadas cada termino de semana, midiendo la confiabilidad de lo planificado.

Así mismo al finalizar la semana se revisa las causas que llevaron al incumplimiento de las actividades programadas, de este modo se aplica medidas correctivas.

Según se levantaban las restricciones, se programaban las mismas actividades para las siguientes semanas y de esta manera poder llegar a las metas previstas.

La programación de actividades semanalmente ayudo a definir detalladamente las actividades que se realizan durante la semana y de esta manera asignar recursos para su ejecución, se consideraron los siguientes requisitos para la elaboración:

- Contar con tareas que estén listas para su ejecución.

- La actividad para programar deberá ser específica y cuantificable.
- Deberá realizarse la programación por el jefe de Producción y todo el equipo de trabajo.
- Deberá ser controlado por el jefe de Producción y el Ingeniero residente.

El plan semanal se elaboró de la siguiente manera.

Figura 17

Actividades programadas en el plan semanal.

PROGRAMACION SEMANAL OBRA: Mejoramiento del servicio de transitabilidad vehicular y peatonal en los jirones progreso, buenos aires, 20 de agosto, amistad, independencia, libertad, cultura, y vías conexas en la Localidad de Putina Punco, Distrito de San Pedro de Putina Punco - Sandia - Puno.					P. SEMANAL					
					OCTUBRE					
					SEMANA 1					
				RENDIMIEN TOS/DIA	L	M	M	J	V	S
2	PAVIMENTOS									
2.01	OBRAS PRELIMINARES									
02.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2		250						
	JR. CULTURA (C3) =250	m2	250.00		■					
	JR. CULTURA (C3) = 54.96 + JR. CULTURA (C2)= 200	m2	254.96			■				
	JR. CULTURA (C2) = 250	m2	250.00				■			
	JR. CULTURA (C2) = 66.06 + JR. PROGRESO (C7) = 200	m2	266.06					■		
	JR. PROGRESO(C7)=100.90 + JR. PROGRESO (C6) = 150	m2	250.90						■	
	JR. PROGRESO (C6) = 250	m2	250.00							■
	TOTAL SEMANA 1		1521.92							
02.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS									
02.02.01	CORTE DE TERRENO CON MAQUINARIA (MATERIAL COMUN)	m3		300						
	JR. CULTURA (C3) =177.80	m3	177.80			■				
	JR. CULTURA (C2) = 279.47	m3	279.47				■			
	JR. CULTURA (C2) = 250	m3	179.09					■		
	JR. PROGRESO (C7)= 327.33	m3	327.33						■	
	JR. PROGRESO(C6)=300	m3	300.00							■
	TOTAL SEMANA 1		1263.69							
02.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE (D=2.00KM)	m3		600						
	JR. CULTURA (C3) =213.36	m3	213.36			■				
	JR. CULTURA (C2) = 335.36	m3	335.36				■			
	JR. CULTURA (C2) = 214.91	m3	214.91					■		
	JR. PROGRESO (C7)= 392.80	m3	392.80						■	
	JR. PROGRESO(C6)=360	m3	360.00							■

FUENTE: Elaboración propia.

3.7.3.5. Porcentaje de Actividades Completada (PAC) o Porcentaje de Plan Completado (PPC).

El porcentaje de plan completado se realizó en base al cumplimiento semanal y se tomó en cuenta lo siguiente:

- Para el cálculo del porcentaje se utilizó las actividades programadas y las actividades completadas.

$$PAC = \frac{\text{Numero de actividades cumplidas}}{\text{Numero de actividades programadas}} \times 100\%$$

- Para las tareas cumplidas se consideró las que se cumplieron al 100% mas no actividades completadas parcialmente.
- Si durante la semana se descartó una tarea y se hizo otra, esta actividad no se consideró como actividad cumplida.
- Así mismo se tiene el cálculo del porcentaje de actividades completada (PAC).

Tabla 11

Cálculo del Porcentaje de Actividades Completadas.

CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDADES									
MES	SEMANA	FECHAS DE CULMINACION SEMANAL	TAREAS PROGRAMADAS		TAREAS REALIZADAS			PPC	
			SEMANAL	ACUMULADO	SEMANAL	ACUMULADO	SEMANAL	ACUMULADO	META
OCTUBRE 2020	1	24/10/2020	16.00	16.00	16.00	16.00	100.00%	100.00%	80.00%
	2	31/10/2020	17.00	33.00	17.00	33.00	100.00%	100.00%	80.00%
NOVIEMBRE 2020	3	7/11/2020	18.00	51.00	15.00	48.00	83.33%	94.12%	80.00%
	4	14/11/2020	16.00	67.00	16.00	64.00	100.00%	95.52%	80.00%
	5	21/11/2020	18.00	85.00	10.00	74.00	55.56%	87.06%	80.00%
DICIEMBRE 2020	6	28/11/2020	18.00	103.00	16.00	90.00	88.89%	87.38%	80.00%
	7	5/12/2020	20.00	123.00	16.00	106.00	80.00%	86.18%	80.00%
	8	12/12/2020	18.00	141.00	18.00	124.00	100.00%	87.94%	80.00%
	9	19/12/2020	23.00	164.00	21.00	145.00	91.30%	88.41%	80.00%
	10	26/12/2020	27.00	191.00	17.00	162.00	62.96%	84.82%	80.00%
MARZO 2021	11	31/12/2020	3.00	194.00	3.00	165.00	100.00%	85.05%	80.00%
	12	6/03/2021	28.00	222.00	12.00	177.00	42.86%	79.73%	80.00%

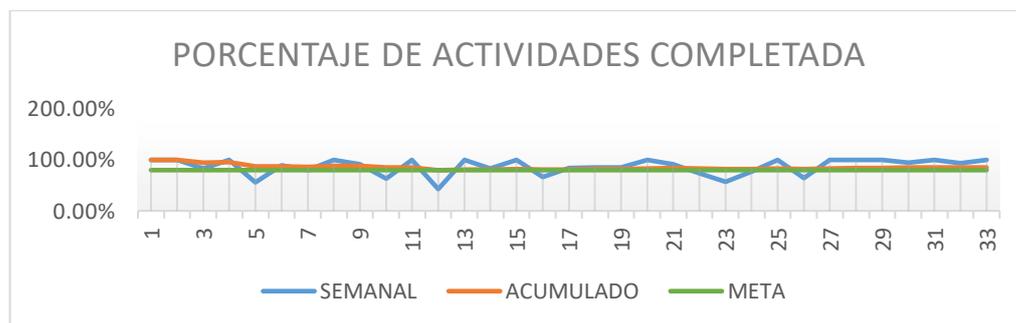


	13	13/03/2021	11.00	233.00	11.00	188.00	100.00 %	80.69%	80.00 %
	14	20/03/2021	12.00	245.00	10.00	198.00	83.33%	80.82%	80.00 %
CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDADES									
ABRIL 2021	15	27/03/2021	12.00	257.00	12.00	210.00	100.00 %	81.71%	80.00 %
	16	3/04/2021	9.00	266.00	6.00	216.00	66.67%	81.20%	80.00 %
	17	10/04/2021	19.00	285.00	16.00	232.00	84.21%	81.40%	80.00 %
	18	17/04/2021	20.00	305.00	17.00	249.00	85.00%	81.64%	80.00 %
	19	24/04/2021	21.00	326.00	18.00	267.00	85.71%	81.90%	80.00 %
MAYO 2021	20	1/05/2021	20.00	346.00	20.00	287.00	100.00 %	82.95%	80.00 %
	21	8/05/2021	37.00	383.00	34.00	321.00	91.89%	83.81%	80.00 %
	22	15/05/2021	15.00	398.00	11.00	332.00	73.33%	83.42%	80.00 %
	23	22/05/2021	14.00	412.00	8.00	340.00	57.14%	82.52%	80.00 %
	24	29/05/2021	13.00	425.00	10.00	350.00	76.92%	82.35%	80.00 %
JUNIO 2021	25	5/06/2021	14.00	439.00	14.00	364.00	100.00 %	82.92%	80.00 %
	26	12/06/2021	17.00	456.00	11.00	375.00	64.71%	82.24%	80.00 %
	27	19/06/2021	22.00	478.00	22.00	397.00	100.00 %	83.05%	80.00 %
	28	26/06/2021	22.00	500.00	22.00	419.00	100.00 %	83.80%	80.00 %
	29	3/07/2021	20.00	520.00	20.00	439.00	100.00 %	84.42%	80.00 %
JULIO 2021	30	10/07/2021	18.00	538.00	17.00	456.00	94.44%	84.76%	80.00 %
	31	17/07/2021	13.00	551.00	13.00	469.00	100.00 %	85.12%	80.00 %
	32	24/07/2021	16.00	567.00	15.00	484.00	93.75%	85.36%	80.00 %
	33	31/07/2021	9.00	576.00	9.00	493.00	100.00 %	85.59%	80.00 %

FUENTE: Elaboración propia.

Figura 18

Análisis de Porcentaje de Actividades Completadas.



FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo.

Como se ve puede observar se tiene un cumplimiento mucho mayor en comparación a las actividades no completadas, así mismo se plantearon acciones para mejorar el cumplimiento semanal.

3.7.3.6. Análisis de Cumplimiento y Confiabilidad.

Para este análisis se identificaron las causas de incumplimiento en las programaciones semanales, así mismo se registró la frecuencia con la que estas causas no dejan lograr el cumplimiento de actividades.

Se clasificaron las causas de incumplimiento de la siguiente manera.

- Logística de recursos: falta de personal, materiales, equipos y herramientas.
- Incumplimiento de actividad antecesora: Retrasos en los frentes de trabajo programados.
- Falta de disponibilidad de terreno: el área a ejecutar tiene problemas o necesita partidas adicionales para su intervención.
- Fallas mecánicas: desperfectos mecánicos de las maquinarias y herramientas.
- Eventos externos: eventos extraordinarios.

Tabla 12

Causas de Incumplimiento.

	CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO
LOG. MAT.	Toda falta de personal, materiales, equipos y herramientas.
INC. ACT.	Actividades antecesoras no cumplidas.
FAL. TER.	Falta de disponibilidad de terreno, necesita deductivos vinculantes y necesita partidas nuevas para su ejecución como son: muro de contención, demolición de pavimento antiguo, alcantarilla, etc.
FAL. MEC.	Desperfectos mecánicos de las maquinarias y herramientas.
EVEN. EXT.	Retrasos por el clima, marchas, huelgas, falta de pagos, derrumbes, etc.

FUENTE: Elaboración propia.



Tabla 13

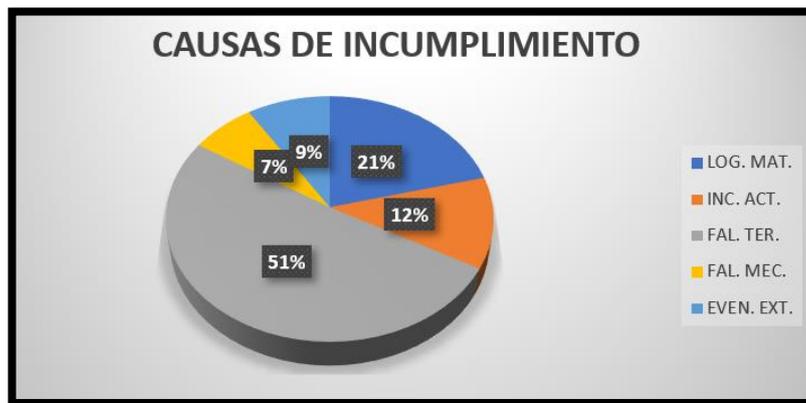
Análisis semanal de causas de incumplimiento.

ANÁLISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	TO TA L %	TO TA L #	SEMANA																								
			3	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
LOGMAT. INC. Toda falta de personal, materiales, equipos y herramientas.	21.00%	17.00	1	2		2					3	3		3					1							1	1
INC. ACT. Actividades antecesoras no cumplidas.	12.00%	10.00																	4	2	4						
FALTER. Falta de disponibilidad de terreno, necesita deductivos vinculantes y necesita partidas nuevas para su ejecución como son: muro de contención, demolición de pavimento antiguo, alcantarilla, etc.	51.00%	41.00	3	6		3		1	1										3								
FALMEC. Desperfectos mecánicos de las maquinarias y herramientas.	7.00%	6.00								2										2		2					
EVEN. EXT. Retrasos por el clima, marchas, huelgas, falta de pagos, derrumbes, etc.	9.00%	7.00												3						4							
TOTAL, DE ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS	100.00%	81.00	3	7	2	3	2	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	6	3	6	1	1			

FUENTE: Elaboración propia.

Figura 19

Gráfico estadístico de causas de incumplimiento.



FUENTE: Elaboración propia.

Como se ve en la figura el mayor porcentaje de causas de incumplimiento fue la falta de disponibilidad de terreno, esto debido a que se contaban con calles que aun contaban con pavimento rígido antiguo y esto necesitaba una demolición, para la cual el expediente no contaba con la partida demolición de pavimentos, fue necesario solicitar a la supervisión y a la entidad adicional por partida nueva, por otro lado se tenía calles que estaban en peligro de derrumbe por el tipo de suelo y la pendiente elevada, para este problema se tuvo que solicitar deductivo vinculante como es cambiar las partidas de pavimento rígido por escaleras, ya que dicha calle contaba con pendiente elevada no apto para tránsito vehicular y por último se encontró una calle que fue cerrada por la construcción de una cancha Grass, motivo por el cual dicho presupuesto se solicitó a la entidad pudiera ser cambiado para las partidas nuevas.

Sobre la inadecuada logística de recursos del contratista, se da a efectos de carencia de recursos en la ubicación donde se ejecuta el proyecto, por ejemplo, algunas semanas no llegaban los materiales debido



a la falta de comunicación entre administrador y proveedor, se carecía de mano de obra calificada y muchas veces de carecía de personal obrero.

Sobre los retrasos en los frentes programados normalmente se daban los fines de semana, esto debido a que durante la semana se retrasaban las actividades programadas y esto afectaba a las subsiguientes actividades, como por ejemplo, se programaba corte de pavimento y durante la semana se tenía problemas en el vaciado de concreto por falta de materiales y otras veces por fallas mecánicas del mixer, con lo cual no se vaciaba el concreto y por lo tanto no se ejecutaba la partida de corte de concreto.

Sobre la falta de disponibilidad de terreno se dio a causa de las falencias que se tenía en el expediente técnico, en el cual el contratista presento un informe de compatibilidad donde se menciona todas las falencias, riesgos y posibles adicionales que se tendrá en obra, de lo cual la entidad se retrasó en liberar dichas áreas donde ya estaban programadas la ejecución de partidas, así mismo durante la ejecución se tuvo la presencia de lluvias y lo cual hacia imposible intervenir dichos terrenos, ya que se encontraban saturados y por ende afectaba a la ruta crítica, así mismo el porcentaje como causa de incumplimiento en la investigación fue de 51%, causa principal para que el proyecto no culmine en el tiempo programado.

Sobre los desperfectos mecánicos en los equipos y maquinarias, se dieron por la falta de mantenimiento a su debido tiempo de las maquinarias, lo cual si es responsabilidad del contratista, pero como en



toda obra, estos equipos tienen desperfectos mecánicos ya sean nuevos y antiguos, así mismo muchos equipos eran sub contratados por el contratista, y ya dependía del subcontratista solucionar estos desperfectos, así mismo el porcentaje como causa de incumplimiento en la investigación es de 7%.

Sobre los eventos extraordinarios se tiene un porcentaje del 9%, esto debido a la demora en llegada de los materiales debido a derrumbes, huelgas, etc.

3.7.3.7. Reporte A3

El reporte A3 nos sirvió para identificar un problema y su mejora con la aplicación metódica del PDCA.

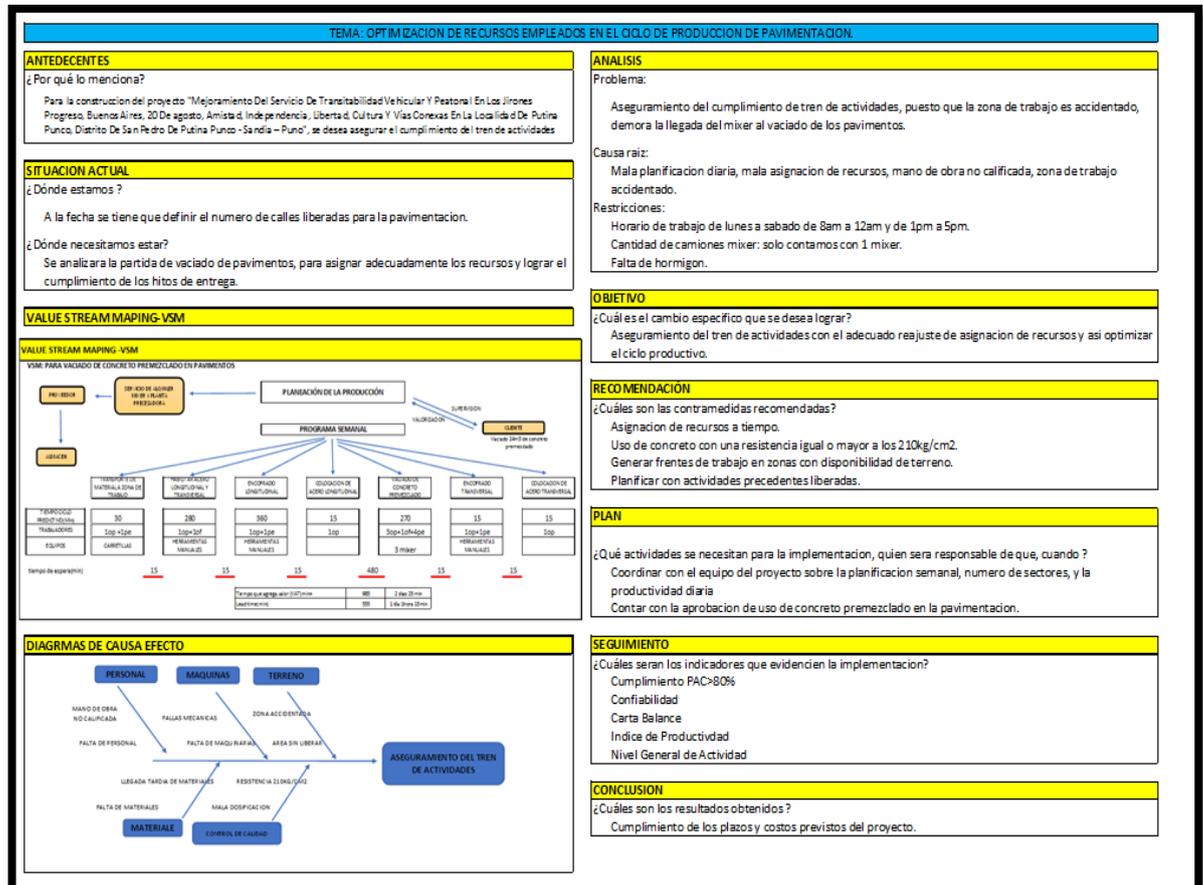
El formato A3 es flexible y la creación es estándar, con este formato logramos la solución a un problema en una sola hoja, teniendo información concisa, así mismo para la elaboración se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Identificación del tema para el formato A3.
- Descripción actual de la situación, los problemas a resolver y los objetivos a llegar.
- Se plantea un VSM para la partida vaciado de concreto en pavimentos, puesto que es la partida de producción más incidente del proyecto.
- Se analiza la causa raíz del problema, las acciones correctivas a realizar y el análisis de 5 porques en el diagrama de Ishikawa.

- Por último, se verifica el cumplimiento de las acciones correctivas y los resultados a obtener.

Figura 20

Reporte A3 planteado para la actividad concreto premezclado en pavimentos.



FUENTE: Elaboración propia.

3.7.3.8. Métodos de las "5s"

El método de las "5s" busca aumentar la productividad, con una buena clasificación, tratar de estandarizar, con mucho orden, limpieza y disciplina. Con este método buscamos generar beneficios sin la necesidad de invertir grandes cantidades de tiempo.

- Clasificación (Seiri): En el proyecto se clasifico los recursos que eran necesarios para la ejecución de las actividades, según el tipo de recurso, ya

sea materiales, herramientas, equipos, etc. Así mismo se clasifico las áreas de trabajo como son la oficina, el vestuario, los SSHH, el control COVID, las canteras, etc.

Figura 21

Clasificación de las áreas de trabajo, se tiene oficina de residencia y oficina de producción.



FUENTE: Elaboración propia.

- Orden (Seiton): en el proyecto se ordenó los recursos según la necesidad y la constancia con la eran requeridos, como son el cemento, el acero, la madera, las herramientas, etc. Esta técnica nos ayudó a encontrar más rápido los recursos necesarios para la ejecución de los trabajos y así mismo colocar cada cosa en su lugar.

Figura 22

En la figura se observa el orden para los materiales y herramientas.



FUENTE: Elaboración propia.

- Limpieza (Seiso): la limpieza fue imprescindible en la ejecución del proyecto, ya que el hecho de tener partidas de encofrado, acero y concreto, ocasiona mucho desperdicio, lo cual se coordinó con el personal primero tratar de evitar el desperdicio de los materiales mencionados, segundo realizar la limpieza una vez culminado los trabajos, esto con el fin de evitar accidentes, contaminación ambiental, etc.
- Estandarización (Seiketsu): Para nuestro proyecto se estandarizo las formas de trabajo y los procedimientos adecuados para cada actividad, con la intención de prevenir el desorden y los trabajos rehechos.
- Disciplina (Shitsuke): la disciplina en el trabajo ayudo a que los trabajos a realizar sean constantes durante toda la ejecución del proyecto, ayudo a que el personal se trabaje constantemente según lo coordinado con el maestro de obra, y por ultimo ayudo a que el almacén siempre este ordenado, ya que el personal entendía que muchas veces por falta de una herramienta que no sabían dónde dejaron, por la indisciplina de otro compañero, se tenía tiempos perdidos y en muchas otras ocasiones se tenía que comprar otras herramientas.

Figura 23

Se observa las coordinaciones con el personal para las indicaciones del orden, limpieza, disciplina, procesos constructivos y sugerencias del personal.



FUENTE: Elaboración propia.

3.7.4. Procesos eficientes

3.7.4.1. Planeamiento A3

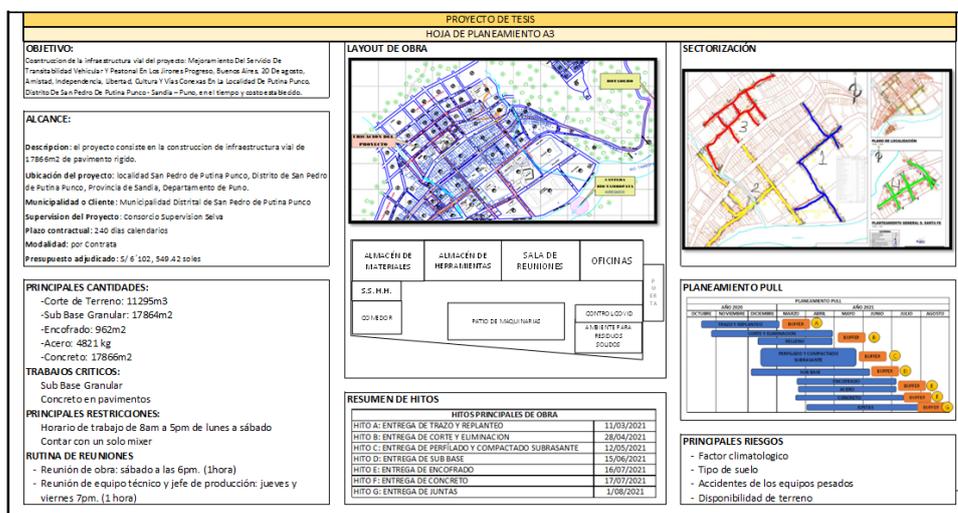
Para el planeamiento A3 del proyecto, se toma en cuenta toda la información sobre el proyecto, los alcances que se presentan, por otro lado, este planeamiento es una herramienta de gestión visual.

Para la elaboración del planeamiento A3 se consideraron los siguientes datos de manera resumida.

- Alcances del proyecto.
- Cantidades totales de las principales partidas.
- Layout de materiales, equipos y oficinas.
- Planeamiento pull
- Hitos del proyecto
- Sectorización
- Rutina de reuniones

Figura 24

Planeamiento A3 del proyecto.



FUENTE: Elaboración propia.

3.7.4.2. Medición de Nivel General de Actividades

Utilizando este instrumento estadístico, se determina el trabajo realizado durante las fases de construcción de las actividades programadas, con lo que el trabajo lo clasificamos en tres: Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributorio (TC) y Trabajo No Contributorio (TNC).

Los datos recolectados con esta herramienta nos indicaran que porcentaje de trabajo productivo se tiene en obra, así como también el porcentaje de trabajo Contributorio y No Contributorio.

Para ello primero elaboramos un matriz de clasificación de las actividades productivas, contributorias y no contributorias, segundo vamos a campo y verificamos aproximadamente cada 15 segundos durante 2 horas aproximadamente el tipo de trabajo que se está realizando, estos análisis se realizados de 2 a 3 veces por semana, tercero los datos se pasan a una hoja Excel para realizar los análisis y obtener los porcentajes de los trabajos, ya sean productivos, contributorios y no contributorios.

Tabla 14

Matriz de clasificación de TP, TC y TNC.

DISTRIBUCION DE TIEMPOS		
N°	TP	TRABAJO PRODUCTIVO
1	TOPOGRAFIA	Trazo y replanteo con equipos de topografía
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS	<ul style="list-style-type: none">- Corte de terreno con maquinaria con excavadora.- Eliminación de material excedente con excavadora y volquetes, desde lugar de corte a la cantera de desmonte.- Eliminación de material excedente con excavadora y volquetes, desde lugar de corte a la cantera de desmonte.- relleno con material granular con volquetes y cargador frontal.- Perfilado y compactado de terreno con rodillo y motoniveladora.

DISTRIBUCION DE TIEMPOS

TP	TRABAJO PRODUCTIVO	
3	ENCOFRADO	Encofrados y desencofrados de pavimentos
4	HABILITACION DE ACERO	Habilitación de acero y colocación de acero.
5	COLOCACION DE CONCRETO	Colocación de concreto 210kg/cm ² .
6	JUNTAS	Sellado y corte de juntas.
N°	TC	TRABAJO CONTRIBUTORIO
IN	1	INSTRUCCIONES Son las instrucciones que se da o se recibe entre el personal técnico y el personal obrero.
TR	2	TRANSPORTE Transporte de equipos y materiales para la ejecución de partidas programadas.
ME	3	MEDICIONES Medir las áreas de áreas y alturas de trabajo, así como los materiales como son madera, acero, etc.
LI	4	LIMPIEZA Limpiar al terminar los trabajos del día, ordenar las herramientas y materiales según lo indicado en las charlas.
OT	5	OTROS Pruebas de control de calidad, elaboración de briquetas, prueba de densidad de campo, etc.
N°	TNC	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
TO	1	TIEMPO OCIOSO Caminando, parado, hablando por celular, ir a los S.S. H.H., estar sentado sin hacer nada con referencia a la obra.
TE	2	TIEMPO DE ESPERA Tiempos de espera, para recoger los materiales de almacén, para realizar nuevas actividades, tiempo de espera para que lleguen las maquinarias.
VI	3	VIAJES Trasladarse a su frente de trabajo sin llevar nada, y luego regresar a llevar sus herramientas o materiales que faltan.

FUENTE: Elaboración propia.

Figura 25

Trabajo Productivo, vaciado de concreto en vías.



FUENTE: Elaboración propia.

Figura 26

Trabajo Contributorio, charlas e indicaciones.



FUENTE: Elaboración propia.

Figura 27

Trabajo no Contributorio, estar parado sin hacer nada.



FUENTE: Elaboración propia.

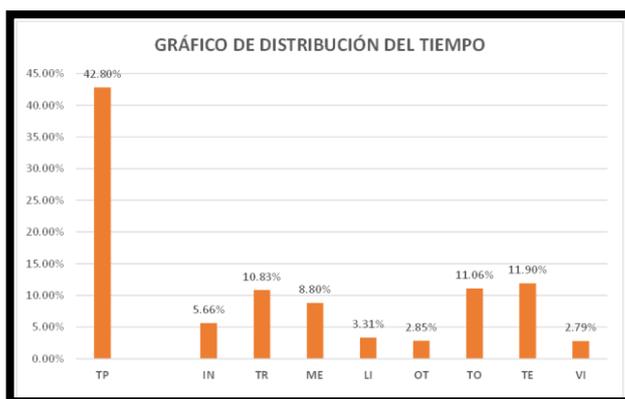
Se observa de manera aleatoria los trabajos que se realizan, y se registra en un formato de acuerdo al tipo de trabajo que se observa.

	ANÁLISIS DEL NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD	PUNTOS DE MEDICIÓN	% DE MEDICIÓN
TR	Transporte de equipos y materiales para la ejecución de partidas programadas.	1992	10.83%
ME	Medir las áreas de áreas y alturas de trabajo, así como los materiales como son madera, acero, etc.	1620	8.80%
LI	Limpiar al terminar los trabajos del día, ordenar las herramientas y materiales según lo indicado en las charlas.	609	3.31%
OT	Pruebas de control de calidad, elaboración de briquetas, prueba de densidad de campo, etc.	524	2.85%
	TRAB. NO CONTRIBUTORIO	4738	25.75%
TO	Caminando, parado, hablando por celular, ir a los S.S. H.H., estar sentado sin hacer nada con referencia a la obra.	2035	11.06%
TE	Tiempos de espera, para recoger los materiales de almacén, para realizar nuevas actividades, tiempo de espera para que lleguen las maquinarias.	2190	11.90%
VI	Trasladarse a su frente de trabajo sin llevar nada, y luego regresar a llevar sus herramientas o materiales que faltan.	513	2.79%
	TOTAL	18400	100.00%

FUENTE: Elaboración propia.

Figura 29

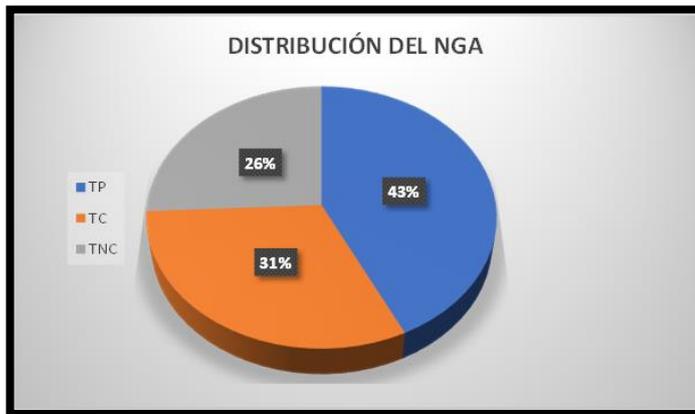
Distribución del tiempo según los resultados.



FUENTE: Elaboración propia.

Figura 30

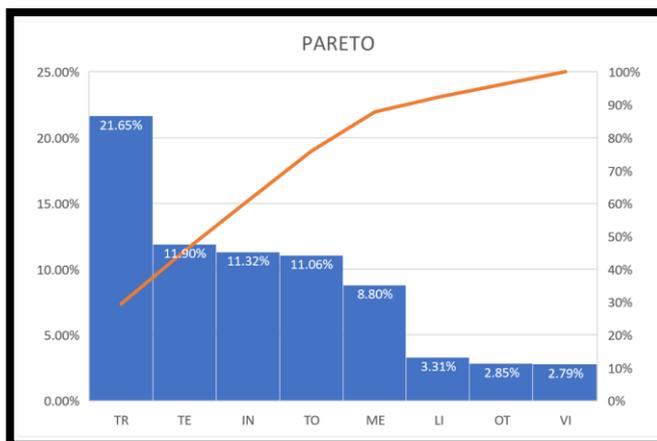
Distribución del NGA.



FUENTE: Elaboración propia.

Figura 31

Análisis de Pareto.



FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 16 *Recomendaciones planteadas para reducir los TC y TNC.*

ACTIVIDAD	PUNTOS DE MEDICIÓN	% DE MEDICIÓN N	DE RECOMENDACIÓN
TRAB. CONTRIBUTIVO	5786	31.45%	
IN Son las instrucciones que se da o se recibe entre el personal técnico y personal obrero	1041	5.66%	Realizar charlas e instrucciones de 5 minutos como máximo, que sean claros y directos.

ACTIVIDAD	PUNTOS DE MEDICIÓN	% DE MEDICIÓN	DE RECOMENDACIÓN
TRAB. CONTRIBUTORIO	5786	31.45%	
TR Transporte de equipos y materiales para la ejecución de partidas programadas	1992	10.83%	Realizar el transporte de equipos y materiales en carretillas, para así avanzar en los viajes.
ME Medir las áreas y alturas de trabajo, así como los materiales como son: madera, acero, etc.	1620	8.80%	Medir bien las alturas y/o área para no realizar otra vez el trabajo.
LI Limpiar al terminar los trabajos del día, ordenar las herramientas y materiales según lo indicado en las charlas	609	3.31%	Realizar la limpieza en cada frente de trabajo para no ocasionar accidentes.
OT Pruebas de control de calidad, elaboración de briquetas, prueba de densidad de campo, etc.	524	2.85%	Realizar las pruebas de control por parte del contratista para no volver a realizar las mismas actividades
TRAB. NO CONTRIBUTORIO	4738	25.75%	
TO Caminando, parado, hablando por celular, ir a los S.S. H.H., estar sentado sin hacer nada con referencia a la obra.	2035	11.06%	Control por parte de cada jefe de cuadrilla y también por parte del maestro de obra, para que el personal no este sin hacer nada.
TE Tiempos de espera, para recoger los materiales de almacén, para realizar nuevas actividades, tiempo de espera para que lleguen las maquinarias.	2190	11.90%	El maestro de obra debe coordinar con almacén una vez culminada la jornada laboral, para los materiales y/o equipos que va necesitar para el día siguiente.
VI Trasladarse a su frente de trabajo sin llevar nada, y luego regresar a llevar sus herramientas o materiales que faltan.	513	2.79%	Cada personal debe llevar sus herramientas y/o materiales necesarios para realizar sus actividades.

FUENTE: Elaboración propia.

3.7.4.3. Índices de Productividad

Para determinar el índice de productividad en las actividades realizadas, se realiza el nuevo análisis de costo unitario, para 4 partidas del proyecto, como son corte de terreno, eliminación, encofrado y concreto.

Así mismo la cantidad de partidas analizadas y las partidas analizadas para la determinación de la productividad, esta basada en un

análisis innovador para la ejecución de la obra, como por ejemplo el concreto según ET, menciona realizar con equipos MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3, lo cual es algo tradicional, para la ejecución de esta obra se consideró innovar y realizar el vaciado de concreto con MIXER, con lo que se tendría mayor producción y menor costo, por otro lado también se consideró a estas cuatro partidas por ser uno de los mayores costos incidentes en el presupuesto del proyecto.

Posterior a ello se determina la productividad, comparando el análisis de costo unitario meta y el análisis de costo unitario real.

Figura 32

Análisis de costo unitario real para la partida corte de terreno.

Partida:	2.2.1	CORTE DE TERRENO CON MAQUINARIA (MATERIAL COMUN)		Rendimiento:	250	m ³ /DIA	JORNAL P.O.	8 H
							JORNAL M.	7 H
Costo unitario por m ²								7.77
Ind.	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial		
MANO DE OBRA								
47	OFICIAL	HH	1	0.0320	7.50	0.24		
47	PEON	HH	1	0.0320	6.88	0.22		
EQUIPO								
37	HERRAMIENTAS MANUALES.	%MO	-	3	0.92	0.03		
49	EXCAVADORA S/ORUGA	HM	1	0.0280	260.00	7.28		

FUENTE: Elaboración propia.

Figura 33

Análisis de costo unitario meta para la partida corte de terreno.

Partida:	2.2.1	CORTE DE TERRENO CON MAQUINARIA (MATERIAL COMUN)		Rendimiento: 300 m ² /Día		Costo unitario por m ²			7.89	
Ind.	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial				
MANO DE OBRA										
47	OFICIAL	HH	1	0.0267	18.12	0.48				
47	PEON	HH	1	0.0267	16.37	0.44				
EQUIPO										
37	HERRAMIENTAS MANUALES.	%MO	-	3	0.92	0.03				
49	EXCAVADORA S/ORUGA	HM	1	0.0267	260	6.94				

FUENTE: Elaboración propia.

Para esta partida se analizó el rendimiento diario según la zona de trabajo, la cantidad de personal necesario y el costo hora hombre según el personal calificado, y por último el costo hora máquina.

Se tiene en el ACU real el costo por metro cubico es de S/. 7.77 soles, pero con un rendimiento de 250 m³/día, y para el ACU meta el costo por metro cubico es de S/ 7.89 soles, pero con un rendimiento de 300 m³/día, en resumen, se tiene un ahorro de S/. 0.12 soles de ahorro por m³.

El mismo procedimiento se realizó para las cuatro partidas analizadas.

Tabla 17

Análisis de costo unitario meta y análisis de costo unitario real

ACTIVIDAD	UND	ACU META	ACU REAL	DIFERENCIA
MOVIMIENTO DE TIERRAS				
CORTE DE TERRENO CON MAQUINARIA (MATERIAL COMUN)	M3	S/ 7.89	S/ 7.77	S/ 0.12
ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE (D=2.00KM)	M3	S/ 9.28	S/ 6.91	S/ 2.37
CONCRETO SIMPLE				
PAVIMENTOS: ENCOFRADOS Y DESENCOFRADO	M2	S/ 27.26	S/ 19.36	S/ 7.90
PAVIMENTOS: CONCRETO F'C=210KG/CM2 - VIAS	M2	S/ 100.97	S/ 92.70	S/ 8.27

FUENTE: Elaboración propia.

3.7.4.4. Value Stream Mapping (VSM)

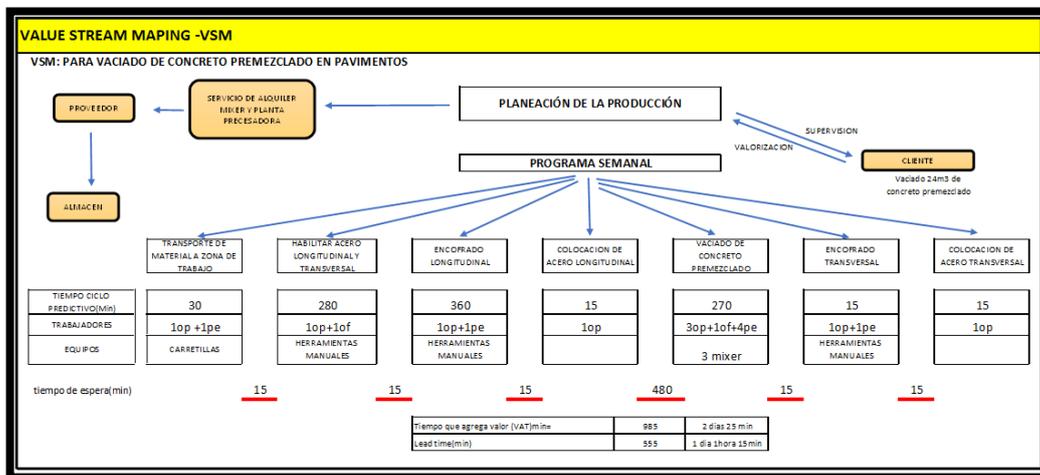
El Mapa del flujo de valor busca descomponer el proyecto en partes, identificar y entender cómo funciona cada una de las partes y cómo funcionan en conjunto.

El VSM es la representación gráfica de una actividad programada, para la investigación se consideró la actividad más crítica, así mismo esta representación gráfica busca mejorar el proceso constructivo y para realizar el VSM se tuvo en cuenta lo siguiente.

- Identificar la actividad para analizar.
- Se identifica las cuadrillas necesarias que van a estar dentro de la actividad que se va analizar.
- El ciclo de la actividad, desde su inicio hasta el final.
- Los tiempos aproximados que se demora en cada proceso para poder completar el ciclo de la actividad.

Figura 34

El Mapa del flujo de valor del proyecto.



FUENTE: Elaboración propia.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

En el presente capítulo se expondrá los resultados obtenidos durante todo el proyecto de investigación, en el cual se obtuvo mejoras en la productividad, en los costos, control de los procesos, por ende, generar mayor valor a los resultados.

4.1.1. Herramientas utilizadas de la filosofía lean construction para optimizar la productividad de los procesos constructivos de pavimentos de concreto.

- Se realizó la revisión al contrato, una matriz de responsabilidades y el cronograma maestro de obra.
- Luego hicimos el planeamiento Pull, identificación de los buffers, Sectorización y el tren de actividades.
- Posterior a ello se hizo la Planificación a mediano plazo (look Ahead), análisis de restricciones, Planificación a corto plazo (planificación semanal), se calculó el PAC, análisis de las causas de incumplimiento, el método de las 5s.
- Planeamiento A3, la medición de NGA, el cálculo de IP para 4 partidas del proyecto y el Value Stream Mapping (VSM)

A continuación, se presenta los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto, los cuales ayudaron a optimizar la productividad en los procesos constructivos de pavimentos.



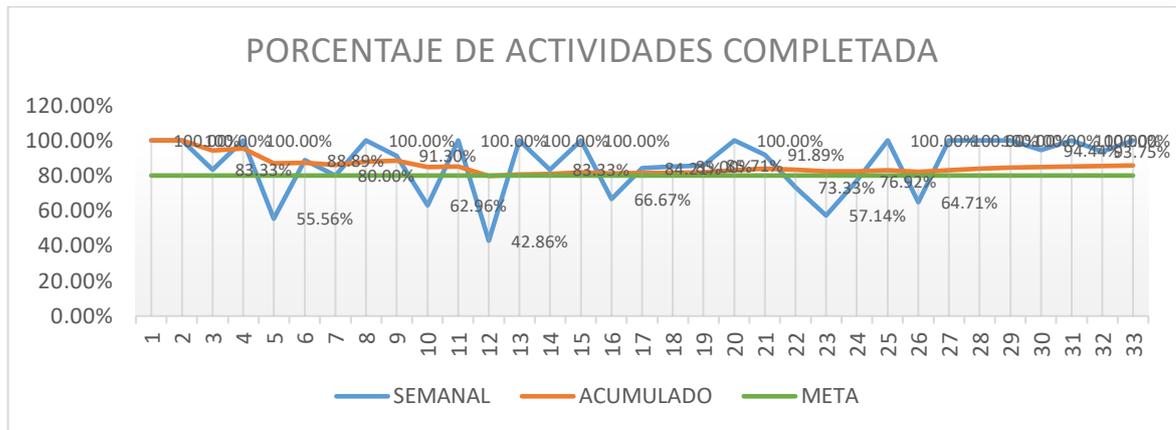
- Con la revisión de contrato se tuvo claro los términos en los cuales se debe realizar la ejecución del proyecto, como son: el plazo de ejecución, el monto de presupuesto contractual y las penalidades, con todo ello se realiza un cronograma maestro de obra con una planeación para una adecuada distribución de recursos y asignación de metas, por otro lado la matriz de responsabilidades ayudo a obtener una adecuada estructura de distribución de trabajo, y un control adecuado a cada responsable de su actividad.
- Con el planeamiento Pull, se pudo definir los buffers de trabajo, que son tiempos máximos que se tienen para cumplir los trabajos, y con esto poder cumplir con los entregables del proyecto, dado este proyecto no se logró completar los entregables del proyecto, pero si se logró avanzar y solicitar a tiempo la ampliación de plazo por causal atrasos o paralizaciones no imputables al contratista, ya que se tuvo retrasos en la disponibilidad de terreno por parte de la entidad, estas calles no estaban libres para poder realizar los trabajos, los cuales fueron causal de ampliación de plazo desde el día que afectaron la ruta crítica, hasta el día en que la entidad entregue la libre disponibilidad del terreno, con lo cual el contratista solicito una ampliación de plazo por dichas calles.
- La sectorización nos ayudo a balancear los metrados y así obtener una adecuada asignación de recursos, como también ayudo a dividir las zonas de trabajo, ya que teníamos que tener claro que el movimiento de tierras en las calles impediría el libre tránsito vehicular, y no podíamos cortar el terreno por todas las calles, es por ello que la sectorización ayudo a la planificación a programar actividades sin afectar el libre tránsito de los vehículos, con ello se mejoró la planificación y por ende se mejoró la productividad.



- El tren de actividades ayudo a programar las actividades que son dependientes unas de otras, con lo cual se logró que no existiera holguras de tiempo o espera para poder realizar las actividades siguientes, con todo ello el tren de actividades ayudo a mejorar la productividad.
- La planificación a mediano plazo o también llamado Look Ahead, ayudo a programar una situación más real, y así poder prevenir los recursos necesarios para la ejecución de las actividades, en el proyecto contamos con 3 Look Ahead los cuales ayudaron a mejorar la productividad.
- En el análisis de restricciones ayudo a liberar las actividades que contaban con problemas, ya sea por falta de materiales, maquinarias, pagos, etc. Así mismo el análisis de restricciones contaba con un responsable el cual estaba a cargo de poder liberar esa actividad, y con esto se tuvo actividades liberadas en menor tiempo, con lo cual se mejoró la productividad.
- Planificación semanal, se planificaba con actividades ya liberadas, pero en algunos casos la actividad se volvía a restringir por motivos imputables a la entidad, ya que la entidad se comprometía a liberar dichos espacios, pero durante la semana nunca lo liberaban, es por ello que se tuvo incumplimientos de los trabajos en semanas programadas.
- El PPC, porcentaje de actividades completado, ayudo a determinar el cumplimiento de las actividades programadas cada semana, para nuestro proyecto según la tabla 18, contamos con un PPC máximo del 100%, un PPC mínimo del 42.86% y un PAC promedio del 86.73% estando muy por encima del PPC meta que era del 80%.

Figura 35

PAC semanalmente.



FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 18

Cuadro de PPC o PAC semanal y acumulado.

CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDADES										
MES	SEMANA	FECHAS DE CULMINACION SEMANAL	TAREAS PROGRAMADAS SEMANAL	ACUMULADO	TAREAS REALIZADAS SEMANAL	ACUMULADO	SEMANAL	ACUMULADO	META	
OCTUBRE 2020	1	24/10/2020	16.00	16.00	16.00	16.00	100.00%	100.00%	80.00%	
	2	31/10/2020	17.00	33.00	17.00	33.00	100.00%	100.00%	80.00%	
NOVIEMBRE 2020	3	7/11/2020	18.00	51.00	15.00	48.00	83.33%	94.12%	80.00%	
	4	14/11/2020	16.00	67.00	16.00	64.00	100.00%	95.52%	80.00%	
	5	21/11/2020	18.00	85.00	10.00	74.00	55.56%	87.06%	80.00%	
DICIEMBRE 2020	6	28/11/2020	18.00	103.00	16.00	90.00	88.89%	87.38%	80.00%	
	7	5/12/2020	20.00	123.00	16.00	106.00	80.00%	86.18%	80.00%	
	8	12/12/2020	18.00	141.00	18.00	124.00	100.00%	87.94%	80.00%	
	9	19/12/2020	23.00	164.00	21.00	145.00	91.30%	88.41%	80.00%	
MARZO 2021	10	26/12/2020	27.00	191.00	17.00	162.00	62.96%	84.82%	80.00%	
	11	31/12/2020	3.00	194.00	3.00	165.00	100.00%	85.05%	80.00%	
	12	6/03/2021	28.00	222.00	12.00	177.00	42.86%	79.73%	80.00%	
	13	13/03/2021	11.00	233.00	11.00	188.00	100.00%	80.69%	80.00%	
	14	20/03/2021	12.00	245.00	10.00	198.00	83.33%	80.82%	80.00%	
ABRIL 2021	15	27/03/2021	12.00	257.00	12.00	210.00	100.00%	81.71%	80.00%	
	16	3/04/2021	9.00	266.00	6.00	216.00	66.67%	81.20%	80.00%	
	17	10/04/2021	19.00	285.00	16.00	232.00	84.21%	81.40%	80.00%	
	18	17/04/2021	20.00	305.00	17.00	249.00	85.00%	81.64%	80.00%	
	19	24/04/2021	21.00	326.00	18.00	267.00	85.71%	81.90%	80.00%	



		CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDADES								
		20	1/05/2021	20.00	346.00	20.00	287.00	100.00	82.95%	80.00
MAYO 2021		21	8/05/2021	37.00	383.00	34.00	321.00	91.89%	83.81%	80.00
		22	15/05/2021	15.00	398.00	11.00	332.00	73.33%	83.42%	80.00
		23	22/05/2021	14.00	412.00	8.00	340.00	57.14%	82.52%	80.00
		24	29/05/2021	13.00	425.00	10.00	350.00	76.92%	82.35%	80.00
JUNIO 2021		25	5/06/2021	14.00	439.00	14.00	364.00	100.00	82.92%	80.00
		26	12/06/2021	17.00	456.00	11.00	375.00	64.71%	82.24%	80.00
		27	19/06/2021	22.00	478.00	22.00	397.00	100.00	83.05%	80.00
		28	26/06/2021	22.00	500.00	22.00	419.00	100.00	83.80%	80.00
JULIO 2021		29	3/07/2021	20.00	520.00	20.00	439.00	100.00	84.42%	80.00
		30	10/07/2021	18.00	538.00	17.00	456.00	94.44%	84.76%	80.00
		31	17/07/2021	13.00	551.00	13.00	469.00	100.00	85.12%	80.00
		32	24/07/2021	16.00	567.00	15.00	484.00	93.75%	85.36%	80.00
		33	31/07/2021	9.00	576.00	9.00	493.00	100.00	85.59%	80.00

FUENTE: Elaboración propia.

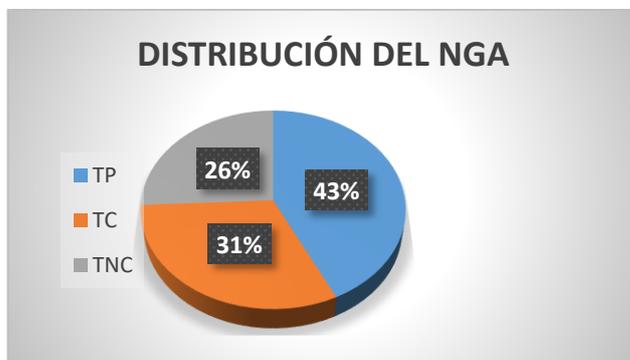
- Así mismo se realizó el análisis de incumplimiento en el cual se determinó según la figura 19 que la máxima causa de incumplimiento fue de 51% debido a la falta de disponibilidad de terreno, y un mínimo de 7% que fueron las fallas mecánicas, con estos resultados podemos decir que la falta de disponibilidad de terreno fue la causa que afectó la entrega del proyecto en los plazos previstos, por otro lado también ayudó a solicitar a tiempo la ampliación de plazo por causas no imputables al contratista.
- Se implementó un reporte A3 para el vaciado de concreto, en el cual se consideró el tiempo y los recursos necesarios para la ejecución de esa actividad, resultado útil porque mejoró la productividad y los tiempos de espera por cada actividad que se realiza dentro del vaciado del concreto.
- También se usó el método de las 5s, con lo cual semana a semana en cada charla se les indicaba sobre la limpieza, el orden, la disciplina, la clasificación y la estandarización, con esto se mejoró sobre todo la limpieza, el orden y la

disciplina, cada cuadrilla mantenía ordenado y limpio su área de trabajo con lo cual, se evitaba costos extras en limpieza.

- El planeamiento A3 ayudo a tener claro los alcances más importantes del proyecto, como son: los plazos de entrega, el costo del proyecto, las partidas más influyentes, la sectorización, los responsables, los buffers de trabajo, el planeamiento Pull y los layuot de obra.
- Nivel general de Actividad, para nuestra investigación se realizó con 400 observación por cada muestra, y en promedio se tuvo 2 muestras por semana de manera aleatoria, con lo que se obtuvo un control adecuado semanal de los trabajos productivos, contributorios y no contributorios, así mismo se tiene que durante el inicio de actividades en la mañana se tiene poco trabajo productivo, y durante el día se tiene un mayor trabajo productivo, siendo así que durante todo el proyecto se obtuvo según la tabla 15 un trabajo productivo del 42.80%, trabajo Contributorio del 31.45% y un trabajo no Contributorio del 25.75%, con lo cual podemos decir que el proyecto obtuvo un trabajo productivo mayor al resto de trabajos y por ello se tuvo mayor productividad.

Figura 36

Distribución del Nivel General de Actividades



FUENTE: Elaboración propia

- Índice de productividad, se analizó 4 partidas del proyecto, como son: corte de terreno, eliminación, encofrado y concreto. Se analizó el costo unitario meta de cada uno y también se realizó un costo unitario real para cada partida mencionada, con lo cual se obtuvo un costo unitario menor que el costo unitario meta, por lo cual se obtuvo un mejor costo del proyecto.

Tabla 19

Resumen de ACU por partida.

ACTIVIDAD	UND	ACU META	ACU REAL	DIFERENCIA
MOVIMIENTO DE TIERRAS				
CORTE DE TERRENO CON MAQUINARIA (MATERIAL COMUN)	M3	S/. 7.89	S/. 7.77	S/. 0.12
ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE (D=2.00KM)	M3	S/. 9.28	S/. 6.91	S/. 2.37
CONCRETO SIMPLE				
PAVIMENTOS: ENCOFRADOS Y DESENCOFRADO	M2	S/. 27.26	S/. 19.36	S/. 7.90
PAVIMENTOS: CONCRETO F'C=210KG/CM2 - VIAS	M2	S/. 100.97	S/. 92.70	S/. 8.27

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 20

Matriz de comparación de rendimientos y costos.

COMPARACION DE RENDIMIENTOS COSTOS	UN	TRADICIONAL		LEAN CONSTRUCTION	
		RENDIMIE NTO	ACU META	RENDIMIE NTO	ACU REAL
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
CORTE DE TERRENO CON MAQUINARIA (MATERIAL COMUN)	M3	300m3/dia	S/. 7.89	250m3/dia	S/. 7.77
ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE (D=2.00KM)	M3	600m3/dia	S/. 9.28	300m3/dia	S/. 6.91
CONCRETO SIMPLE					
PAVIMENTOS: ENCOFRADOS Y DESENCOFRADO	M2	18m3/dia	S/. 27.26	18m3/dia	S/. 19.36
PAVIMENTOS: CONCRETO F'C=210KG/CM2 - VIAS	M2	60m3/dia	S/. 100.97	120m3/dia	S/. 92.70

FUENTE: Elaboración propia.

- Con el Value Stream Mapping (VSM), se descompuso en ciertos procesos para lograr un trabajo en conjunto, con lo que identificamos cada factor que influye en los procesos, y así se obtuvo mejoras en la producción.



4.1.2. Control de los procesos constructivos de pavimentos con la aplicación del sistema last planner.

Se facilito el control de los procesos constructivos en tiempo, costo y recursos; se realizó la programación del cronograma maestro, el Look Ahead y el plan semanal, lo cual permitió controlar lo que se debía hacer, se podía hacer y finalmente lo que se hizo, calculando una producción semanal, con lo cual se llegó según la tabla 11 a un PAC mayor al 80%, así mismo en NGA controlamos los trabajos productivos, contributorios y no contributorios, obteniendo un trabajo productivo promedio del proyecto de 43%, según la figura 36, superior a los trabajos contributorios y no contributorios, por otro lado el Índice de Productividad permito controlar los costos y rendimientos de las partidas analizadas, lo cual facilito el control del costo y productividad.

4.1.3. Generar mayor valor a los resultados mediante el uso del sistema last planner.

Se genero un mayor valor a los resultados haciendo un análisis de restricciones y una liberación de restricciones a corto tiempo se minimizo los trabajos rehechos y así mismo se logró el aumento del porcentaje de actividades cumplidas puesto que ya no se programa actividades que no estaban liberadas, es por ello que según la figura 42 se tiene un PAC promedio del proyecto de 86.73% mayor al PAC meta del 80%, por otro lado se tiene que en las 4 partidas donde se analizó el costo unitario, se obtuvo costos unitarios menores a los costos unitarios metas, según la tabla 21 se tiene en la partida corte de terreno 1.52% menor en función al costo unitario meta, en la partida eliminación se tuvo 25.54% menor en función al costo unitario meta, en la partida encofrado se tuvo 28.98% menor en



función al costo unitario meta y en la partida concreto se tuvo 8.19% menos en función al costo unitario meta, con estos indicadores concluimos que el uso del sistema last planner genero mayor valor a los resultados.

4.1.4. Mejorar el costo y tiempo en el proyecto con la aplicación del sistema last planner, en comparación a los métodos tradicionales.

Los métodos tradicionales carecen de innovación, una planificación a corto, mediano y largo plazo, un control constante a los procedimientos constructivos, un análisis de cumplimientos, por ende los métodos tradicionales suelen ejecutarse tal cual indica el expediente técnico de obra, y debido a no contar con una buena planificación el proyecto suele costar mas de lo presupuesto y en algunas ocasiones suelen terminar fuera del plazo programado.

Para esta investigación se consideró al presupuesto y plazo contractual para las 4 partidas analizadas como parte del método tradicional, así mismo como parte del sistema last planner se buscó mejorar dicho presupuesto y plazo contractual, el cual fue mejorado con un costo menor al contractual, mas no fue posible el plazo.

El proyecto fue ejecutado por contrata y por la modalidad precios unitarios, por lo cual la entidad pagaba al contratista por el avance y metrado real ejecutado.

Se mejoro el costo mas no el tiempo, se aplicó el sistema last planner realizando la programación maestra, Programación look Ahead y la programación semanal, en la cual se pudo asignar y controlar mejor los recursos, y los avances semanales, eliminando restricciones a tiempo y tomando acciones inmediatas para lograr una ejecución con el costo y tiempo previsto, así mismo el personal trabaja

en conjunto con responsabilidad y presión para lograr las metas previstas, en comparación de los métodos tradicionales donde no puedes planificar semanalmente y mucho menos controlar semanalmente, donde no puedes ver las restricciones de tus actividades, donde no puedes tomar acciones inmediatas para poder prevenir atrasos y por consiguiente se tiene ampliaciones de plazo y presupuesto.

Por otro lado, las herramientas last planner nos ayudaron a medir la producción diaria y semanal de manera cuantitativa y con los resultados se tomaron acciones correctivas a tiempo, por lo tanto, según la tabla 21 mejoramos el costo en S/. 118,248.23 soles, solo considerando 4 partidas del proyecto.

Tabla 21

Resultados de ACU por partida

ACTIVIDAD	COSTO META	COSTO REAL	DIFERENCIA
MOVIMIENTO DE TIERRAS			
CORTE DE TERRENO CON MAQUINARIA (MATERIAL COMUN)	S/. 68,479.79	S/. 67,438.27	1.52%
ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE (D=2.00KM)	S/. 96,652.84	S/. 71,968.87	25.54%
CONCRETO SIMPLE			
PAVIMENTOS: ENCOFRADOS Y DESENCOFRADO	S/. 14,906.04	S/. 10,586.24	28.98%
PAVIMENTOS: CONCRETO F'C=210KG/CM2 - VIAS	S/. 1,076,886.45	S/. 988,683.51	8.19%
			S/. 118,248.23

FUENTE: Elaboración propia.

En cuanto al plazo del proyecto no se logró entregar en las fechas previstos, pero se tomó las medidas correctivas a tiempo, estos retrasos fueron a causa de la no disponibilidad de terreno, por contar con pavimento antiguo, zona de riesgo, etc. Estas causas afectaron la ruta crítica y son de responsabilidad de la entidad, para liberar dichas restricciones el contratista solicitó la aprobación de los adicionales de obra necesarios para liberar dichas calles y la ampliación de plazo



mas no ampliación presupuestaria, lo cual fue aprobado y con lo cual se tuvo una nueva fecha de entrega de obra.

Tabla 22

Resumen de fechas de entrega de obra

HITOS PRINCIPALES DE OBRA	FECHAS DE ENTREGA	SITUACION ACTUAL (31 DE JULIO 2021)
HITO A: ENTREGA DE TRAZO Y REPLANTEO	11/03/2021	ENTREGADO A UN 74.56%
HITO B: ENTREGA DE CORTE Y ELIMINACION	28/04/2021	ENTREGADO A UN 76.84%
HITO C: ENTREGA DE PERFÍLADO Y COMPACTADO SUBRASANTE	12/05/2021	ENTREGADO A UN 75.56%
HITO D: ENTREGA DE SUB BASE	15/06/2021	ENTREGADO A UN 68.36%
HITO E: ENTREGA DE ENCOFRADO	16/07/2021	ENTREGADO A UN 56.83%
HITO F: ENTREGA DE CONCRETO	17/07/2021	ENTREGADO A UN 59.69%
HITO G: ENTREGA DE JUNTAS	1/08/2021	ENTREGADO A UN 65.00%

FUENTE: Elaboración propia.

La causa principal para la no entrega de obra en el tiempo previsto según las causas de incumplimiento de la presente investigación fue la falta de disponibilidad de terreno con un 51% del total de causas de incumplimiento, esto se da desde un inicio cuando según el RLCE menciona que el contratista tiene 30 días calendario para la presentación de un informe de compatibilidad, en el cual debe de mencionar las incompatibilidades del terreno con el ET, las posibles prestaciones de adicionales, riesgos del proyecto, entre otros aspectos, el cual fue presentado dentro del plazo previsto en el RLCE, en conclusión el expediente técnico no era compatible con el terreno.



La segunda causa que afecto la entrega de obra en el tiempo programado fue la falta de personal, materiales y equipos, que afecto en un 21% del total de causas de incumplimiento, esto se da por diferentes razones, en la ubicación del proyecto, se carecía de personal y mano de obra calificada, el envío de materiales se realizaba desde la ciudad de Juliaca, el cual demoraba casi 24 horas y muchas veces por los derrumbes que existía en la zona, demoraban hasta 1 semana en llegar a la obra.

Estas dos causas suman en total 72% del total de causas de incumplimiento, con lo cual fue afectado la entrega en el tiempo programado.

4.2. DISCUSION

El proyecto de investigación logro optimizar la productividad en cuanto al costo, mas no el tiempo, también permitió tomar acciones preventivas y comunicar a la entidad sobre las causas de los retrasos, los cuales son motivos de ampliación de plazo sin presupuesto y sin penalidades.

4.2.1. Herramientas utilizadas de la filosofía lean construction para optimizar la productividad de los procesos constructivos de pavimentos de concreto.

Las herramientas de la filosofía lean construction permitieron mejorar la productividad en cuanto al control, valor y costo, así mismo ayudo a que la productividad durante los procesos constructivos obtengan un mayor trabajo productivo en comparación al trabajo Contributorio y no Contributorio, por otro lado el planeamiento A3 ayudo a tener más claro los trabajos que se van a realizar y los responsables durante el proyecto, el método de las 5s, ayudo a que cada frente de trabajo es limpio y ordenado, con lo que nos evitamos el tiempo y costo



extra en limpieza, así como en la tesis de Villamizar y Ortiz (2017), concluye que “la aplicación de la metodología Lean Construction permitió mejorar los flujos de trabajo y aumentar los niveles de producción. Además, los déficits que indican un potencial de desarrollo en las actividades realizadas fueron fácilmente identificables y cuantificables”.

4.2.2. Control de los procesos constructivos de pavimentos con la aplicación del sistema last planner.

Para el control de procesos se tuvo el Porcentaje de Actividades Cumplidas mayor a un 80%, este porcentaje es superior al PAC base, con lo cual se obtuvo mejoras para el control de los procesos constructivos, así mismo el NGA promedio del proyecto para el trabajo productivo fue de 42%, mayor al trabajo Contributorio que fue del 31% y al trabajo No Contributorio que fue del 26%, con esto indicamos que el control para los trabajos de las actividades mejoro, así como en la tesis de Gilacopa y Rider (2020), concluye “con resultados que indican que la productividad media del trabajo para las ocupaciones productivas (TP) es del 30,10%, mientras que la productividad de los trabajos contributivos (TC) es del 45,07%, y la productividad de las actividades no contributivas (TNC) es del 24,83%. Además, se ofrecieron recomendaciones para optimizar la productividad laboral y la gestión de los proyectos de construcción. Se prestó especial atención al hecho de que el despliegue de las herramientas de Lean Construction es, en sí mismo, un camino hacia la optimización de la productividad laboral y la gestión de los proyectos de construcción”.



4.2.3. Generar mayor valor a los resultados mediante el uso del sistema last planner.

Para generar mayor valor al producto final, se tuvo que controlar la producción con el índice de productividad y realizar un análisis a cada partida del proyecto, para este proyecto se tomó en cuenta cuatro partidas como son: corte de terreno, eliminación de material, encofrado y concreto; esto se dio en función al costo hora hombre, costo de materiales y costo hora máquina para los cuales se obtuvo costos unitarios menores a lo previsto en el expediente, así como en la de tesis Ortega (2017), “concluye que se podría optimizar el trabajo eliminando la mano de obra que no ofrece valor. Además, se determinó que el mismo trabajo podía ser realizado por cinco personas si el método y los recursos eran suficientes, o por un máximo de seis personas en otras circunstancias. Por todo ello, era factible lograr una mejora significativa de la productividad mediante el mantenimiento de la producción diaria, reduciendo al mismo tiempo el número de horas-hombre empleadas”, como también brioso (2015) en su tesis concluye que “Como sistema de "Lean Construction", el "Last Planner System" salvaguarda la planificación y, en consecuencia, contribuye a minimizar las pérdidas maximizando las ganancias, optimizando así los sistemas de seguridad y salud en un grado significativo”.

4.2.4. Mejorar el costo y tiempo en el proyecto con la aplicación del sistema last planner, en comparación a los métodos tradicionales.

En una programación tradicional solo se tiene proyecciones a largo plazo, a lo mucho se tiene proyecciones mensuales, los cuales no son suficientes para lograr un mejor costo y tiempo en la ejecución de un proyecto, es por ello que para



nuestra investigación aplicamos el sistema last planner, los cuales nos ayudaron a planificar, controlar, prevenir y corregir, con todo ello se logró mejorar el costo, mas no el tiempo, pero si se logró advertir de la posible ampliación de plazo por causas no imputables al contratista, así como en la tesis Mercado y Luis (2018), menciona que “La no finalización de las obras en el plazo previsto es el principal problema que se plantea en la mayoría de los proyectos de construcción. Este problema da lugar a una ampliación del plazo y, en algunos casos, a una ampliación del presupuesto. Por lo tanto, el propósito de esta tesis es sugerir una técnica de gestión de la producción con el fin de lograr un mayor nivel de control sobre el funcionamiento del trabajo.



V. CONCLUSIONES

- La implementación de la filosofía lean construction y sus herramientas ayudar a tener un panorama más claro del tipo de proyecto a ejecutar, los responsables y sus responsabilidades, estas herramientas ayudaron a la planificación a largo, corto y mediano plazo, con esto se logró controlar los trabajos semanales obteniendo un PAC según la tabla 18, mayor al 80% y un trabajo productivo superior al trabajo Contributorio y no Contributorio, así mismo ayudo a identificar y prevenir las restricciones del avance y su liberación respectiva, con todas estas herramientas se logró mejoras en la optimización de la productividad.
- La aplicación del sistema last planner ayudo al control de procesos constructivos durante la ejecución del proyecto, usando un 3 Look Ahead durante el proyecto, 3 análisis de restricciones y 33 planificaciones semanales, con lo cual se elaboró un análisis de cumplimiento, y un análisis de nivel general de actividades, de los cuales gracias a dichas herramientas se obtuvo un PAC promedio del proyecto según la tabla 18, mayor al 80% y según la figura 36, un TP=43%, TC=31% y TNC=26%.
- Se genero mayor valor al producto final, para ello se tuvo que analizar el costo y rendimiento de 4 partidas del proyecto, los cuales al realizar el análisis de costo unitario se obtuvo costos unitarios inferiores a los costos unitarios iniciales, este costo vario en función del costo HH, costo HM y costo de los materiales, por lo tanto, se obtuvo un costo menor por partida, en cuanto al presupuesto asignado.
- Se mejoro el costo mas no el tiempo de entrega, se tuvo un costo unitario para cuatro partidas los cuales tuvieron un costo total real de = S/. 1,138,676.89 soles y un costo total asignado de = S/. 1,256,925.12 soles, se tuvo un margen de ganancia adicional a lo estimado según la tabla 21, de S/.118,248.23, en cuanto al tiempo no se logró entregar en las fechas previstas, pero si se logró prevenir al contratista para que



podiese tramitar su ampliación de plazo (sin presupuesto) por causas no imputables al contratista.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda compromiso por parte del equipo técnico y del gerente de la empresa, el equipo técnico deberá planificar, prevenir y controlar con las herramientas del lean construction y el gerente de la empresa deberá gestionar los recursos según lo requerimientos del equipo técnico.
- Se recomienda realizar reuniones semanales entre el equipo técnico y la gerencia, en el cual se informe los avances y las restricciones que se tuvo durante la semana, así poder coordinar para liberar las restricciones en el tiempo mas prudente posible.
- Se recomienda revisar el expediente técnico de obra y analizar la compatibilidad con el terreno, puesto que al encontrar incompatibilidades te generaran retrasos en la obra, pero también te ayudara para que el contratista actué a tiempo y pueda poner de conocimiento a la entidad y al supervisor.
- Se recomienda realizar una planificación semanal de acuerdo a los recursos con los que se cuenta y con partidas liberadas de las restricciones.
- Se recomienda controlar los trabajos productivos, contributorios y no contributorios, cada semana, para así controlar y mejorar las causas de los trabajos contributorios y no contributorios.
- La aplicación de estas herramientas puede ser aplicadas a obras por contrata como también a obras por administración directa, siempre en cuando se gestione los recursos con debida anticipación.
- Se recomienda utilizar nuevas formas de programaciones de obra como son BIM, VDC, etc. Estas herramientas ayudaran a la gestión del proyecto y mejoraran los resultados.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brioso, X. (2015) *El análisis de la construcción sin pérdidas (Lean Construction) y su relación con el Project & Construction Management: propuesta de regulación en España y su inclusión en la ley de la ordenación de la edificación*. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- Llopis, A. (2017) *Aplicación de herramientas enfocadas a la calidad bajo el enfoque Lean Construction en actividades de pavimentación*. Universidad de Alicante. España.
- Villamizar, D. & Ortiz, L. (2017) *Implementación de los principios de Lean Construction en la Constructora Col proyectos S.A. de un proyecto de vivienda en el Municipio de Villa del Rosario*. Universidad Industrial de Santander, Colombia.
- Torres U., (2018) *Análisis y mejora de la productividad aplicando la filosofía lean construction en el mejoramiento de la av. pedro miotta en san juan de miraflores- lima*. Universidad San Martin de Porres. Lima.
- Gilacopa B. & Rider C., (2020) *Aplicación de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de las obras de edificaciones en la Ciudad de Tacna*. Universidad Privada de Tacna. Tacna.
- Mengo F. & Tuny M., (2019) *Mejora de la productividad con la aplicación de lean construction en la etapa de ejecución del proyecto hotel ibis – Miraflores, lima, Perú*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno.
- Buleje R., (2012) *Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía lean construcción*. Pontifica Universidad Católica del Perú. Lima.
- Mercado R. & Luis C., (2018) *Propuesta de una metodología de gestión de la producción para la mejora de la productividad en obras de pavimentación en la Provincia de Coronel Portillo-Ucayali*. Universidad de Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima.
- Quilla M., (2018) *Evaluación de la gestión de calidad bajo lineamientos del Project management institute (pmi) en proyectos de pavimentación ejecutadas por la*



municipalidad provincial de puno, 2014-2016. Universidad Nacional del Altiplano. Puno.

Ortega u., (2017) *Aplicación de los conceptos de la filosofía lean construction para mejorar la productividad de pavimentos rígidos.* Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Huánuco.

Botero B., (2003) *Identificación de Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción.* Universidad EAFIT.

Rojas L. & Henao G. & Valencia C., (2016) *lean construction – LC bajo pensamiento lean.* Universidad de Medellín. Colombia.

Burneo, C. (2013) *Mejora de la productividad en el mantenimiento rutinario de una carretera aplicando Lean Construction.* Universidad de Piura, Lima.

Guzmán, A. (2014) *Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos.* (Tesis de grado) PUCP, Lima.

Román, B. (2015) *Aplicación de las Metodologías Construcción Sin Perdidas e Innovación Tecnológica para la mejora de la productividad en procesos de pavimentación.* Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

Ponz. et. al., (2013) *Last Planner System, un caso de estudio.* Inmaculada Sanchis Mestre. Chile.

Buleje Revilla, K. E. (2012) *Productividad en la Construcción de un Condominio aplicando conceptos de la filosofía Lean Construction (tesis de pregrado).* Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Desde

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/1691>

Campero, M., y Alarcon, L.F. (2008) *Administración de proyectos civiles.* (3ª ed.). Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.

Becerra Posito, K. A. (2020) *Mejora en la gestión de producción aplicando el Lean Construction en la obra de recuperación del nivel de pavimento en la pista de aterrizaje del AIJCH.* Universidad Privada del Norte.

Guaña Tamayo, M. A. (2022) *Análisis de la gestión de costos utilizando la metodología*



- tradicional vs Lean Construction en pavimentos reciclados caso de estudio calle Andrés Orces, Aloasí (Bachelor's thesis, PUCE-Quito).*
- Torres Ortega, L. V. (2023) *Planificación para el mantenimiento vial con pavimento de hormigón asfáltico en varias Calles y Avenidas en el Suburbio fase 2–Parroquia Febres Cordero mediante la metodología Lean Construction (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil-Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas-Carrera Ing. Civil).*
- Aclari Hidalgo, F. C. (2021) *Aplicación de la Filosofía Lean Construction para Evaluar la Productividad del Proyecto de Pavimentación Rígida Jr. Tacna, Carhuamayo–Junin. Universidad Peruana Los Andes.*
- Chinchay Ramirez, B. P. (2023) *Aplicación De La Metodología Lean Construction Para Mejorar La Productividad En Obra De Pavimentación Urbana, Cajamarca 2020.*
- Limeira, V., Pereira, A. G. S., de Lima, M. B. A., Melo, E. K. S., & de Sales Ramos, W. (2022) *APLICAÇÃO DO MODELO LEAN CONSTRUCTION PARA OS SERVIÇOS DE ELEVAÇÃO DE ALVENARIA DE PAVIMENTO-TIPO E DE MONTAGEM DE FÔRMAS DE VIGAS E LAJES NO ANDAR-TIPO. Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS, 7(3), 59-59.*
- Chacha Chacha, X. V. (2017) *Desperdicios (pérdidas) en obras viales enfocado a la filosofía lean construction (Bachelor's tesis), Universidad Nacional de Chimborazo, 2017).*
- Chuquilin Tinoco, I. M., & Allemant Valderrama, J. D *Sistema de control de procesos para optimizar la productividad en la ejecución de pavimento flexible.*
- Chávez Espinoza, J. R., & De la Cruz Aquije, C. A. (2014) *Aplicación de la filosofía Lean Construction en una obra de edificación (caso: Condominio Casa Club Recrea–El Agustino).*
- Collachagua Fernandez, I. A. (2017) *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la construcción de departamentos multifamiliares “La Toscana”, como herramienta de mejora de la productividad.*
- Ordóñez, S. C., Ospino, B. Z., & Burbano, E. P. (2018). *Estado actual de la aplicación*



de la metodología lean construction en la gestión de proyectos de construcción en Colombia. Ingeniare, (25), 39-65.

Díaz, H. P., Rivera, O. G. S., & Guerra, J. A. G. (2014) *Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción. Avances: Investigacion En Ingenieria*, 11(1), 32-53.

Bracamonte Correa, L. E. (2015). *Aplicación de herramientas Lean Construction para optimizar los costos y tiempos en la ampliación del colegio Markham.*

Orihuela, P. (2011). Lean construction en el Perú. *Boletín*, (12).

Martínez, G. J. P. G., del Toro Botello, H. Y., & Montelongo, A. M. L. (2019). *Mejora en la construcción por medio de lean construction y building information modeling: caso estudio. Revista de Investigación en Tecnologías de la Información: RITI*, 7(14), 110-121.



ANEXOS

ANEXO 1: Panel fotográfico

ANEXO 2: Cumplimiento de actividades semanal

ANEXO 3: Análisis de causas de incumplimiento

ANEXO 4: Análisis del nivel general de actividad

ANEXO 5: Índice de productividad

ANEXO 6: Plan maestro

ANEXO 7: Reporte a3

ANEXO 8: Planeamiento a3

ANEXO 9: Presupuesto

ANEXO 10: Metrados

ANEXO 11: Cronograma gant

ANEXO 12: Análisis de costos unitario

ANEXO 13: Contrato de obra

ANEXO 14: Análisis de cumplimiento semanal

ANEXO 15: Informe de compatibilidad

ANEXO 16: Modificatorias del proyecto (resoluciones y actas)



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Richard Alexis Sucapuca Hilaraca
identificado con DNI 7203077 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"Optimización de la productividad de los procesos constructivos en obra mediante la filosofía lean construcción en pavimentos de concreto, 2021"
para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia: Creative

Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 17 de Diciembre del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Richard Alexis Sucapuca Hilaraca
identificado con DNI 72133077 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
"Optimización de la productividad de los procesos constructivos en obra
mediante la filosofía lean Construction en pavimentos de concreto, 2021"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

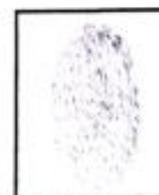
Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 17 de diciembre del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella