

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

FACULTAD DE INGENIERÍA



Análisis del sistema de abastecimiento de agua potable basado en Last
Planner System para mejora de la productividad

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL

AUTOR

Kerly Yubitza Pérez Gómez

ASESOR

Maiquel López Silva

Tarma, Perú

2023

METADATOS COMPLEMENTARIOS**Datos del autor**

Nombres	KERLY YUBITZA
Apellidos	PEREZ GOMEZ
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	73134464
Número de Orcid (opcional)	

Datos del asesor

Nombres	MAIQUEL
Apellidos	LOPEZ SILVA
Tipo de documento de identidad	CE
Número del documento de identidad	002946058
Número de Orcid (obligatorio)	0000-0002-0946-6160

Datos del Jurado**Datos del presidente del jurado**

Nombres	VÍCTOR
Apellidos	GARCÉS DÍAZ
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	32860015

Datos del segundo miembro

Nombres	DAYMA SADAMI
Apellidos	CARMENATES HERNANDEZ
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	49086915

Datos del tercer miembro

Nombres	EDWIN JHON
Apellidos	AQUISE DUEÑAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	71461245

Datos de la obra

Materia*	Last Planner, abastecimiento de agua, programación y control, optimización de recursos, productividad de obra
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado: enlace	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00
Idioma (Normal ISO 639-3)	SPA - español
Tipo de trabajo de investigación	Tesis
País de publicación	PE - PERÚ
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	Ingeniero Civil
Grado académico o título profesional	Título Profesional
Nombre del programa	Ingeniería Civil
Código del programa Consultar el listado: enlace	732016

*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).



FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA N° 069-2023-UCSS-FI/TPICIV

**SUSTENTACION DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL
FILIAL: TARMA**

Los Olivos, 20 de diciembre del 2023

Siendo las 11:00 horas del 20 de diciembre del 2023, utilizando los recursos para la videoconferencia disponibles en la Universidad Católica Sedes Sapientiae, se dio inicio a la sustentación de la Tesis:

Análisis del sistema de abastecimiento de agua potable basado en Last Planner System para mejora de la productividad

Por la Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil:

PEREZ GOMEZ, KERLY YUBITZA

Ante el Jurado calificador conformado por el:

Mgr. GARCÉS DÍAZ, Víctor	Presidente
Dra. CARMENATES HERNANDEZ, Dayma Sadami	Secretario
Mg. AQUISE DUEÑAS, Edwin Jhon	Miembro

Siendo las 12:10 horas, habiendo sustentado y atendido las preguntas realizadas por cada uno de los miembros del jurado; y luego de la respectiva deliberación, el jurado le otorgó la calificación de:

APROBADO

En mérito a la calificación obtenida se expide la presente acta con la finalidad que el Consejo de Facultad considere se le otorgue al Bachiller PEREZ GOMEZ, KERLY YUBITZA el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

En señal de conformidad firmamos,

.....
Mg. AQUISE DUEÑAS, Edwin Jhon
Miembro

.....
Dra. CARMENATES HERNANDEZ, Dayma Sadami
Secretario

.....
Mgr. GARCÉS DÍAZ, Víctor
Presidente

Anexo 2

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Lima, 16 de febrero de 2024

Señor(a),
Víctor Garcés Díaz
Jefe del Departamento de Investigación/Coordinador Académico de Unidad de Posgrado
Facultad Ingeniería UCSS

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que la tesis, bajo mi asesoría, con título: Análisis del sistema de abastecimiento de agua potable basado en Last Planner System para mejora de la productividad, presentado por Kerly Yubitza Pérez Gómez (Código 2015101399 y DNI 73134464) para optar el título profesional de Ingeniero Civil ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser publicado.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 14 %**.* Por tanto, en mi condición de asesor, firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



LOPEZ SILVA, MAIQUEL
CE: 002946058
ORCID: 0000-0002-0946-6160
Facultad de Ingeniería UCSS

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

DEDICATORIA

A mis padres Emilia y Javier por su apoyo incondicional en cada paso hacia el logro de mis metas.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi gratitud a Dios por las innumerables dádivas que llegan a mi vida, por brindarme protección y salud en cada etapa de mi desarrollo profesional

Con profundo agradecimiento, deseo expresar mi más sincero reconocimiento a mis padres, Emilia y Javier, cuyas enseñanzas y valores han sido mi guía a lo largo de la vida. Su fortaleza y ejemplo han sido mi inspiración para afrontar las dificultades en cada etapa de mi vida y perseverar en la búsqueda incansable de mis sueños. También quiero agradecer a mis queridos hermanos por su constante apoyo y motivación.

Así mismo a la Universidad Católica Sedes Sapientiae; por brindarme conocimientos y valores en la profesión de la carrera de Ingeniería Civil que me ha permitido ser un profesional competente en el ámbito laboral con sentido humanista en bien de toda la sociedad.

Mi agradecimiento también al Dr. Maiquel López Silva, cuyos conocimientos, experiencia y compromiso fueron cruciales para la realización exitosa de esta tesis.

Finalmente, a todos aquellos que me han motivado y han formado parte en el proceso continuo de mi crecimiento profesional, los que se sienten orgullosos de cada uno de mis logros, sin dejar de mencionar a aquellos que me inspiran y sirven como modelos a seguir en este apasionante camino de la ingeniería.

Kerly Yubitza Pérez Gómez

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo analizar el sistema de abastecimiento de agua potable basado en Last Planner System para mejora de la productividad. Esta investigación es de enfoque cuantitativo, diseño no experimental, alcance descriptivo, mientras que, los instrumentos de recolección fueron los informes de productividad, fichas de campo y control. El procesamiento de datos fue mediante los softwares como Ms Project y Ms Excel. Los principales resultados destacados respecto al método tradicional fue la capacidad de mejorar las deficiencias respecto al alcance, tiempo, programación y control. Los componentes estructurales de Last Planner System en el plan maestro y la planificación colaborativa redujo la duración en un 18% que se traducen en la optimización de costos incurridos en este periodo. Se logró indicadores de productividad del Plan Cumplido acumulado del 87%. Mientras que, los tiempos de los niveles productivos fue 62%, el contributorio de 28 %, y el no contributorio de 10 %, que repercute en la mejora del análisis de causas de no cumplimiento. En conclusión la integración de Building Information Modeling , plataformas colaborativas y la asignación estratégica de buffers resultó una mejora de la eficacia de Last Planner en proyectos de sistemas de abastecimiento de agua potable.

Palabra claves: Last Planner, abastecimiento de agua, programación y control, optimización de recursos, productividad de obra

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the drinking water supply system based on Last Planner System to improve productivity. This research has a quantitative approach, non-experimental design, descriptive scope, while the collection instruments were productivity reports, field sheets and control. Data processing was using software such as Ms Project and Ms Excel. The main results highlighted with respect to the traditional method was the ability to improve deficiencies regarding scope, time, scheduling and control. The structural components of Last Planner System in the master plan and collaborative planning reduced the duration by 18%, which translates into the optimization of costs incurred in this period. Productivity indicators of the accumulated Compliance Plan of 87% were achieved. While, the times of the productive levels were 62%, the contributory 28%, and the non-contributory 10%, which has an impact on the improvement of the analysis of causes of non-compliance. In conclusion, the integration of Building Information Modeling, collaborative platforms and the strategic allocation of buffers resulted in an improvement in the effectiveness of Last Planner in drinking water supply system projects.

Palabra claves: Last Planner System, Water supply system, Work schedule, Progress and deadline control

INDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT.....	
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Formulación del Problema.....	3
1.1.1. Problema Principal.....	4
1.1.2. Problemas Secundarios	5
1.2. Objetivos de la Investigación.....	5
1.2.1. Objetivo Principal	5
1.2.2. Objetivos Secundarios.....	5
1.3. Justificación e Importancia de la Investigación	6
1.3.1. Justificación Teórica	6
1.3.2. Justificación Práctica	6
1.3.3. Justificación Ambiental	6
1.3.4. Justificación Económica	7
1.3.5. Importancia	8
1.4. Delimitación del Área de Investigación	8
1.4.1. Delimitación del Contenido	8
1.4.2. Delimitación Espacial	8
1.4.3. Delimitación Temporal	9

1.5. Limitaciones de la Investigación	9
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. Antecedentes Internacionales y Nacionales.....	10
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	10
2.1.2. Antecedentes Nacionales	12
2.2. Bases Teóricas	15
2.3 Definición de Términos Básicos	36
a) Proyecto.....	36
b) Sistema de abastecimiento de agua	36
c) Alcance	36
d) Lean Construction (Producción sin perdida)	37
e) Planificación	37
f) Programación.....	37
g) Variabilidad	37
h) Last Planner System (LPS).....	37
i) Programación diaria (parte diario).....	38
j) Lookahead	38
k) PAC – Porcentajes de actividades completadas	38
l) RNC: Razones de no cumplimiento	38
m) Flujo:.....	38
n) Confiabilidad	38
o) Mejora continua.....	39
p) Productividad.....	39
q) Rendimiento.....	39

r)	Metrado.....	39
s)	Costo.....	39
t)	Plazo	39
u)	Control:.....	39
v)	Buffers	40
w)	Porcentaje de plan completado (PPC)	40
x)	Trabajo productivo (TP).....	40
CAPÍTULO III. HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....		41
3.1.	Hipótesis de Investigación.....	41
3.1.1.	Hipótesis General.....	41
3.1.2.	Hipótesis Especificas	41
3.2.	Variables e Indicadores	41
3.2.1.	Variable Independiente	41
3.2.2.	Variable Dependiente.....	41
3.3.	Operacionalización de las Variables.....	42
CAPÍTULO IV. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN		44
4.1.	Diseño de Ingeniería.....	44
4.2.	Métodos y Técnicas del Proyecto.....	45
4.2.1.	Enfoque de la Investigación.....	45
4.2.2.	Alcance de la Investigación	45
4.2.3.	Diseño de la Investigación	45
4.3.	Diseño Estadístico	45
4.3.1.	Población.....	45
4.3.2.	Muestra.	46

CAPÍTULO V. DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	49
5.1. Descripción del Proyecto.....	49
5.1.1. Ubicación Geográfica	49
5.1.2. Alcance del Proyecto	49
5.2. Sistema tradicional Vs Last Planner System	51
5.3. Desarrollo y aplicación de Last Planner System	52
5.4. Fortalecimiento de la eficiencia de Last Planner System	54
CAPÍTULO VI. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
6.1 Resultados.....	55
6.1.1 Evaluación del Método Tradicional y Last Planner System.....	55
6.1.1.1 Método Tradicional.....	55
6.1.1.2 Last Planner System.....	56
6.1.2 Optimización de la productividad.....	61
6.1.2.1 Plan maestro.....	61
6.1.2.2 Plan de fases o planificación colaborativa	63
a) Sesión Pull	66
b) Sectorización de trabajo.....	67
c) Tren de actividades	69
6.1.2.3 Lookahead.....	73
6.1.2.4 Plan semanal.	76
5.4.1.1. Plan diario	81
A. Daily report (Reportes diarios).....	82
B. Reuniones diarias.....	82
C. Rendimientos	83

D.	Reuniones semanales.....	83
5.4.1.2.	Producción diaria y semanal	83
6.1.2.5	Medición de Indicadores y aprendizaje	85
6.1.3	Mejora de planificación y ejecución	92
6.1.3.1	Debilidades de Last Planner.....	92
a)	Visibilidad y Seguimiento en Tiempo Real:.....	94
b)	Comunicación.....	95
c)	Herramientas manuales.....	96
d)	Coordinación interdisciplinaria	96
6.1.3.2	Mejoras de procesos de Last Planner System	97
a)	Incorporar la utilización de BIM (Building Información Modeling)	98
6.2	Conclusiones.....	101
6.3	Recomendaciones	103
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
	ANEXOS	108
	Anexo 01. Plantilla de Lookahead	108
	Anexo 2. Plantilla de análisis de restricciones.....	109
	Anexo 3. Compromisos	110
	Anexo 4. Plan Semanal.....	111
	Anexo 5. Kardex de obra-Registro de materiales	113
	Anexo 6. Plantilla de control de equipos	114
	Anexo 7. Daily Report	115
	Anexo 8. Rendimientos.....	116
	Anexo 9. Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Características de etiquetas de trabajo</i>	20
Tabla 2. <i>Flujos de trabajo</i>	21
Tabla 3. <i>Clasificación de la eficiencia en la productividad</i>	27
Tabla 4. <i>Variable independiente</i>	34
Tabla 5. <i>Variable dependiente</i>	35
Tabla 6. <i>Matriz de consistencia</i>	39
Tabla 7. <i>Causa efecto productividad sistema tradicional</i>	46
Tabla 8. <i>Causa efecto , productividad LPS</i>	48
Tabla 9. <i>Matriz cualitativa...</i>	50
Tabla 10. <i>Etapas del proyecto sistema de agua potable</i>	57
Tabla 11. <i>Asignación de cuadrilla por cada entregable y proceso</i>	59
Tabla 12. <i>Restricciones de obra</i>	63
Tabla 13. <i>Plantilla de compromiso y responsabilidades</i>	63
Tabla 14. <i>Frentes de trabajo</i>	65
Tabla 15. <i>Personal operativo</i>	66
Tabla 16. <i>Cálculo de obra retroexcavadora</i>	66
Tabla 17. <i>Resumen de horas máquinas obras civiles</i>	67
Tabla 18. <i>Porcentaje de actividades complementadas</i>	71
Tabla 19. <i>Porcentaje de actividades complementadas</i>	73
Tabla 20. <i>Problemas frecuentes en proceso constructivo sistema de abastecimiento</i>	78
Tabla 21. <i>Identificación de cuellos de botella e implementación buffers</i>	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Macro localización del Centro Poblado de la Arena-Huamachuco</i>	7
Figura 2. <i>Componentes del sistema de abastecimiento de agua potable</i>	13
Figura 3. <i>Proceso de producción tradicional</i>	15
Figura 4. <i>Modelo de transformación flujo- vapor</i>	16
Figura 5. <i>Comparación y planificación, sistema tradicional y LPS</i>	17
Figura 6. <i>Sistema Last Planner y modelo de control de producción</i>	18
Figura 7. <i>Proceso de construcción de proyectos 8 flujos</i>	22
Figura 8. <i>Flujograma del diseño de ingeniería</i>	35
Figura 9. <i>Implementación de LPS en sistemas de abastecimiento de agua</i>	43
Figura 10. <i>Diagrama de procesos sistema racional</i>	45
Figura 11. <i>Desventajas del Sistema tradicional</i>	46
Figura 12. <i>Diagrama de procesos de LPS</i>	47
Figura 13. <i>Ventajas del LPS</i>	48
Figura 14. <i>Plan maestro etapa 2</i>	51
Figura 15. <i>Plan maestro etapa 2</i>	52
Figura 16. <i>Entregables del proyecto del Sistema de Abastecimiento de agua potable</i>	53
Figura 17. <i>Organigrama de obra</i>	54
Figura 18. <i>Estructura de desglose de trabajo (EDT)</i>	56
Figura 19. <i>Sectorización de trabajo:1 Etapa civiles</i>	57
Figura 20. <i>Sectorización: Etapa 1</i>	58
Figura 21. <i>Curva S etapa 1</i>	68
Figura 22. <i>Curva S etapa 2</i>	69
Figura 23. <i>Flujograma 5 incompatibilidades de planos</i>	73
Figura 24. <i>Flujograma de los “5 Por qué” de las incompatibilidades personal</i>	74
Figura 25. <i>Flujograma de los “5 Por qué” insidente de obra</i>	75
Figura 26. <i>Debilidades del LPS</i>	76
Figura 27. <i>Detalle de planta del sistema de captación</i>	77
Figura 28. <i>Mejora de los procesos de planificación, ejecución y control</i>	80
Figura 29. <i>Modelado 3D del proyecto-Sistema de abastecimiento de agua</i>	81
Figura 30. <i>Modelado 3D del reservorio</i>	81

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción ha experimentado una falta de avances disruptivos en las últimas décadas, lo que ha llevado a una baja productividad, retrasos en los proyectos, variabilidad, y conflictos de interés en el sector. (Renz y Zafra, 2020)

Por lo cual en la búsqueda por mejorar la gestión de los proyectos surge la necesidad de analizar la herramienta Last Planner System como enfoque clave de conceptos de gestión de proyectos. La implementación del Last Planner System ha sido documentada en todos los continentes del mundo. Este hecho resalta su aplicabilidad universal.

Actualmente en el Perú se vienen ejecutando obras de ingeniería de sistema de abastecimiento de agua potable que presentan bajos índices de productividad debido al incumplimiento de plazo y falencias durante la ejecución de los mismos. (Araoz et al., 2018)

En tal sentido la investigación dará a conocer cómo Last Planes System como herramienta de planificación, control y ejecución conducen a una gestión más eficiente de los proyectos de sistema de abastecimiento de agua potable. Por lo expuesto previamente se analizó el sistema de abastecimiento de agua potable basado en Last Planner System para alcanzar una mejora de productividad

En el capítulo I Problema de Investigación se presentan los elementos fundamentales del problema general y específicos. Además, se plantearon los objetivos generales y específicos, así como, la justificación teórica, práctica, ambiental y económica que proporciona en forma general la relevancia y necesidad de la investigación.

En el capítulo II Marco Teórico se abordan los antecedentes de la investigación internacionales y nacionales relevantes de la investigación, así mismo se profundiza las bases teóricas científicas esenciales que respaldan este estudio. Además, se proporcionan definiciones de los términos clave que reflejan las teorías fundamentales de la herramienta Last Planner System.

El capítulo III Hipótesis y Variables de la Investigación se plantean las hipótesis que se proponen confirmar o refutar que sirve de base para iniciar la investigación a partir de la identificación de las variables dependientes e independientes.

En el capítulo IV Diseño de la Investigación se explica el diseño de ingeniería en orden lógico y cronológico del estudio, los métodos y técnicas del proyecto necesario para su implementación que incluye el diseño estadístico, y técnicas y herramientas estadísticas.

En el capítulo V Desarrollo Experimental, se desarrolla un análisis detallado de la implementación del Last Planner System en el proyecto de estudio. En primer lugar, se describe el proyecto, incluyendo su ubicación geográfica y alcance. A continuación, se realiza una comparación entre el sistema tradicional de gestión de proyectos y el Last Planner System. Posteriormente, se detallan los procedimientos específicos utilizados, desde la elaboración del plan maestro, planificación colaborativa, plan intermedio, plan semanal e indicadores de desempeño y aprendizaje. Finalmente, se exploran estrategias para fortalecer la eficiencia del Last Planner System, con la integración de herramientas tecnológicas.

En el capítulo VI de Resultados, Conclusiones y Recomendaciones se exponen los resultados relevantes de la investigación. Se da a conocer las conclusiones en función de los resultados. Además, se proporcionan recomendaciones que abarcan los aspectos teóricos, prácticos y sugerencias para investigaciones futuras que es esencial para aplicar los conocimientos adquiridos y orientar futuros estudios.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del Problema

La industria construcción aporta un 6% del PBI mundial, en comparación con las otras industrias no ha sufrido grandes cambios disruptivos en los últimos 50 años ya que no ha aplicado ampliamente los avances en procesos como “lean” como resultado, las ganancias de eficiencia han sido escasas. (Renz y Zafra, 2020)

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), El sector construcción a lo largo de los últimos 20 años se presenta una brecha entre el crecimiento de la productividad y el promedio de la economía en general con un ritmo de 1% mostrando bajos indicadores a nivel de productividad respecto a otros sectores. (OCDE,2023)

La ausencia de innovaciones significativas ha conducido a una baja eficiencia, demoras en proyectos, inconsistencias y conflictos de intereses, impactando adversamente la productividad, siendo unos de los desafíos más grandes que enfrentan las empresas en cuanto a la productividad y eficiencia en la gestión de proyectos y la adopción de nuevas tecnologías.

Por lo expuesto anteriormente es evidente que la industria de la construcción requiere una transformación en la manera en que gestiona sus proyectos (Almeida et al., 2022)

En el Perú, en el sector construcción se están registrando una extensión significativa, los datos recientes del Instituto Nacional de Estadística (INEI), en su informe Técnico “Producción Nacional” indican que el sector construcción registró el 6.83% del PBI, sustentada en los segmentos de construcción de edificaciones, servicios básicos, infraestructura vial y obras de prevención de Riesgos. (INEI, 2022)

A pesar de los considerables esfuerzos realizados por diversas instituciones y empresas, el sector construcción ha experimentado el menor aumento en su productividad en términos reales a lo largo del tiempo. De acuerdo con la Contraloría General de la República, en el Perú, a mayo del 2023, existen 1746 obras paralizadas con un costo actualizado de más de 22 mil millones de soles. (Contraloría General de la República, 2023)

Por lo cual en la búsqueda por mejorar estándares de productividad y reducir costos se han aplicado métodos y tácticas tradicionales que no han demostrado mejoras en la productividad. La implementación de la filosofía Lean Construction se converge en su generalidad en proyectos de edificación. Considerando que en el Perú las obras de servicios

básicos aportan un 43 % al sector construcción de la producción Nacional, según INEI (2022), la implementación de Last Planner System en proyectos de sistema de abastecimiento de agua potable es limitada.

Las obras de construcción de sistema de abastecimiento de agua potable presentan bajos índices de productividad debido al incumplimiento de plazo y falencias durante la ejecución. Según MEF (2023) en su Portal de Transferencia Económica - 2022, en la asignación presupuestal para el departamento La Libertad en proyectos de abastecimiento no alcanza cumplir el presupuesto y ejecuciones asignadas al gobierno regional, representando un avance de 23 %, este porcentaje muestra un indicador de baja productividad, reflejando una mala gestión de proyectos.

Por lo cual se busca aplicar conceptos de gestión de proyectos basado en Last Planes System que se miden en la mejora de la productividad. En tal sentido, se busca realizar la presente investigación en búsqueda de un análisis de sistema de abastecimiento de agua potable basado en Last Planner System como una herramienta de mejora de productividad.

1.1.1. Problema Principal

¿Como influye los indicadores de Last Planner System en un sistema de abastecimiento de agua potable en la reducción de baja productividad respecto a los métodos tradicionales de gestión de proyectos?

1.1.2. Problemas Secundarios

- a) ¿Cuáles son las causas que generan baja productividad en la planificación ejecución y control de proyectos del sistema de abastecimiento de agua potable?
- b) ¿Cómo realizar la optimización de los niveles de productividad del sistema de abastecimiento de agua potable mediante Last Planner System?
- c) ¿Cuáles son las posibles propuestas efectivas que permitan la planificación, control y seguimiento de sistemas de abastecimiento de agua potable basado en Last Planner System?

1.2. Objetivos de la Investigación

1.2.1. Objetivo Principal

Analizar el sistema de abastecimiento de agua potable basado en Last Planner System para mejora de la productividad.

1.2.2. Objetivos Secundarios

- a) Evaluar los sistemas de abastecimiento de agua potable basado en Last Planner System en comparación de los métodos tradicionales.
- b) Optimizar los niveles de productividad del sistema de abastecimiento de agua potable mediante Last Planner System.
- c) Plantear mejoras de la planificación y ejecución basado en Last Planner System de los sistemas de abastecimiento de agua potable.

1.3. Justificación e Importancia de la Investigación

1.3.1. Justificación Teórica

La justificación metodológica y teórica de este estudio se basa en la necesidad de mejorar la ejecución de proyectos de construcción de sistema de abastecimiento de agua, debido a los bajos conocimiento de gestión de proyectos basado en Last Planner System, siendo los conocimientos limitados en este tipo de proyectos. Por lo cual este estudio proporciona una explicación detallada de los conceptos teóricos clave en el campo de la construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable ya que incorporan la integración de sus componentes estructurales para obtener resultados eficientes. Esta investigación nos permitirá desarrollar planes de gestión promoviendo Last Planner System como una herramienta de gestión en proyectos siendo un componente fundamental para la gestión de proyectos en sistemas de abastecimiento de agua.

1.3.2. Justificación Práctica

La justificación práctica de esta investigación radica en la necesidad de mejorar la productividad en la gestión de proyectos tradicionales de sistemas de abastecimiento de agua potable. La propuesta de utilizar Last Planner System como método práctico y eficiente ofrece una solución tangible para minimizar pérdidas, mejorar la planificación y ejecución, y lograr resultados satisfactorios en los proyectos de construcción. Del mismo modo, esta investigación constituirá un componente fundamental siendo una guía de gestión de proyectos en sistemas de abastecimiento de agua potable.

1.3.3. Justificación Ambiental

El estudio se justifica ya que Last Planner System promueve una gestión de recursos, gestión eficiente de tiempo, gestión de flujo, gestión de calidad que implica un control estricto de materiales, equipos. Al reducir desperdicios minimiza la sobreproducción disminuyendo

el consumo de insumos, por ello el consumo de recursos naturales. Last Planner System fomenta la identificación temprana de problemas y la toma de medidas preventivas, lo que evita la necesidad de retrabajos y reduce la cantidad de residuos generados permitiendo una programación más precisa y realista de las actividades, esto reduce la duración total de proyectos, lo que a su vez disminuye el consumo de recursos y la generación de emisiones asociadas a las actividades de construcción, como el ruido y la emisión de contaminantes atmosféricos, lo que implica una menor demanda de recursos y una menor perturbación del entorno.

1.3.4. Justificación Económica

Este estudio se justifica económicamente debido a los beneficios financieros que se puede generar en proyectos de sistema de abastecimiento de agua basado en Last Planner System al garantizar el cumplimiento de plazos de un 20% reduce los costos incurridos en este periodo. Así mismo al recibir un proyecto bien planificado y ejecutado se garantiza la disponibilidad de servicios esenciales de manera eficiente y confiable teniendo un impacto directo en el desarrollo económico de la comunidad

La contratación de mano de obra local y la promoción de empresas locales que implementen en la ejecución del proyecto puede tener un efecto multiplicador en la economía local, del 2% del costo total, teniendo un impacto directo en el desarrollo económico de la comunidad. Al garantizar el cumplimiento de plazos aumenta la satisfacción del cliente (los pobladores), estos beneficios lo hacen rentable económicamente tanto para los contratistas como para los usuarios que gozaran del producto o servicio.

1.3.5. Importancia

El estudio del sistema de abastecimiento de agua potable basado Last Planner System pretende buscar mejores resultados ya que su enfoque es la reducción o eliminación de actividades y procesos que no aporten valor, logrando así la optimización de recursos y la máxima satisfacción del cliente al proporcionarle un mayor valor. Los procesos constructivos con métodos tradicionales son generados por el desconocimiento de las técnicas y herramientas de gestión de obras que afectan los plazos y costos del proyecto. En tal sentido el análisis de esta investigación permitirá hacer propuestas de cambio del método tradicional de construcción por un sistema mejorado basado en el Last Planner System mejorando la confiabilidad de la planificación ejecución y control en obra, a su vez generar propuestas de

mejora mediante la integración de herramientas digitales en conjunto con Last Planes System.

1.4. Delimitación del Área de Investigación

1.4.1. Delimitación del Contenido

El estudio pertenece al área de Ingeniería Civil se concentra en la línea de investigación “B” Construcción y gestión de edificaciones. Mientras que, el campo de investigación a la que perteneces Lean Construction.

1.4.2. Delimitación Espacial

La investigación se desarrolla en la región La Libertad, Provincia Sánchez Carrión y Distrito de Huamachuco. en las coordenadas UTM 8786849.00 m S, 364979.00 m

Figura 1

Macro localización del Centro Poblado de la Arena-Huamachuco



Nota. Elaboración propia

1.4.3. Delimitación Temporal

La investigación comprendió un tiempo de 6 meses en el año 2023 para recolectar los datos,

organizar plantear, modelar, explicar los resultados, conclusiones y recomendaciones. La actividad de revisión bibliográfica y análisis de datos como indicadores de productividad conllevó el mayor tiempo al tesista.

1.5. Limitaciones de la Investigación

Las principales limitaciones que se encontraron en el desarrollo de la investigación son:

Limitación temporal ya que la duración del proyecto que fue aproximadamente de 6 meses en los cuales se tuvo que implementar Last Planner System, así mismo se tuvo una limitación al implementar el sistema en la ejecución de Construcción del Sistema de abastecimiento de agua potable -La Arena, Huamachuco.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Internacionales y Nacionales

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Salazar et al. (2020), en su investigación titulada “Indicadores Clave para la Perspectiva de Acción Lingüística en el Sistema Last Planner”, Esta investigación desarrolló un sistema de indicadores para medir y controlar la gestión de compromisos, a través de la metodología Design Science Research (DSR), y así contribuir al desarrollo de la dimensión social de la sostenibilidad que a menudo se descuida en la investigación de gestión de la construcción. Las principales contribuciones de este artículo son una propuesta de cinco actividades principales para aplicar el método DSR, una lista de verificación para analizar el compromiso de los participantes de la reunión, un cuaderno para los últimos planificadores, profundizar en las variaciones que pueden ocurrir a los movimientos básicos de LAP, y la creación de un sistema de indicadores, por lo tanto, la actualización del Plan de Porcentaje Completo (PPC) con un indicador de confiabilidad.

Hoyos y Botero (2021), de acuerdo al artículo de investigación titulada “Implementación del sistema del último planificador en el sector constructor colombiano: Caso de estudio”. El artículo pretende ilustrar el grado de implementación y funcionamiento del Sistema del último planificador (SUP) desde la perspectiva de dieciséis empresas constructoras colombianas. La recolección de la información fue a través de tres técnicas comunes en la investigación social cualitativa: la observación no participante, la encuesta y la entrevista semiestructurada. El análisis y triangulación de estos datos revelaron diversas formas de aplicar la herramienta, identificaron algunas deficiencias conceptuales y prácticas, así como la falta de capacitación y retroalimentación continua, lo que limita su integración efectiva en la cultura empresarial. Se llevó a cabo mediante tres técnicas empleadas en la investigación social cualitativa: El estudio evidencia que el sistema no se ha integrado completamente, desde los responsables del departamento Lean o eficiencia hasta los subcontratistas y los trabajadores en el terreno, que representan la etapa final en el proceso de planificación.

Ramales (2020) en su estudio titulado "Evaluación de la Eficiencia del Last Planner System como Método de Planificación en Proyectos de Construcción", realiza una comparativa

entre el método tradicional, ampliamente utilizado en México, y el innovador enfoque de planificación conocido como Last Planner System, derivado de la filosofía Lean Construction. Este análisis se centra en las ventajas y desafíos de la implementación de estas metodologías, destacando su potencial para optimizar los procesos constructivos, reducir costos y acelerar los plazos de ejecución. La investigación identifica obstáculos en la adopción de estas técnicas, subrayando la necesidad de una mentalidad abierta hacia prácticas probadas y la capacitación del personal para lograr una ejecución de alta calidad con mejoras continuas en los procesos. No obstante, se reconoce que existen áreas conceptuales y prácticas que requieren mayor exploración, como la internalización completa del sistema entre todos los actores involucrados en el proceso de construcción.

Ramires (2021), de acuerdo a la tesis titulada “Guía de aplicación del Sistema Last Planner en PYMES constructoras en México”, en esta investigación se desarrolla una guía que explica de forma sencilla y directa la manera de aplicar el sistema Last Planner en empresas vulnerables, promoviendo la innovación en la planeación, control e incluyendo una modalidad útil de retroalimentación y mejora continua. Después de realizar una serie de encuestas a especialistas en el campo, se detectó que una de las principales barreras del avance es la capacitación, que no es brindada por las PYMES y pocas personas dedican tiempo, esfuerzo y dinero en investigar y aprender sobre innovación, mucho menos para intentar aplicarla en sus empresas.

Bygballe et al. (2022), de acuerdo a su trabajo de investigación titulada “Desafíos de la medición del desempeño en Lean Construcción y el Last Planner System®: A Caso noruego”, esta investigación tiene como objetivo agregar una mejor comprensión de los desafíos de la medición del desempeño relacionados con LC, y más específicamente relacionados con LPS. El presente trabajo demuestra que el desempeño se mide de varias maneras y en varios grados en la empresa del caso. También demuestran que se necesita un enfoque más estratégico y sistemático para la medición del desempeño para hacer frente a los desafíos de medir el desempeño y cosechar los beneficios de LC y LPS.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Caro et al. (2022), en su estudio titulado "Incorporación del Last Planner System en la gestión de proyectos de infraestructura pública basada en el PMBOK (Sexta edición)", presentan un

ejemplo práctico de la integración de los principios del Last Planner System en la dirección de proyectos de infraestructura pública, siguiendo las prácticas establecidas en la Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMBOK, Sexta edición). Esto ofrece una alternativa viable para abordar la complejidad e incertidumbre inherentes a este tipo de inversiones. El estudio concluye que la implementación del sistema LPS, junto con otras técnicas de planificación de producción, resulta efectiva para mejorar la productividad, ya que aumenta la confiabilidad del flujo de trabajo, promueve la mejora continua en el equipo de trabajo y facilita la identificación y eliminación de desperdicios, lo que se traduce en una reducción del tiempo dedicado a tareas, inspección y control, generando valor para las organizaciones que opten por adoptar estas prácticas en su cultura corporativa.

Carrasco y Contreras (2021), de acuerdo a su tesis titulada “Propuesta de implementación de la metodología Last Planner System en obras de defensa ribereña en la modalidad de ejecución de obra por administración directa”, La siguiente investigación tiene por objetivo principal elaborar una propuesta de implementación de metodologías de gestión que permitan que las obras publicas cumplan con sus plazos y presupuestos. Es muy común que los proyectos ejecutados bajo la modalidad de administración directa en la región de Cusco no cumplan con los objetivos de plazo y costo inicialmente trazados. La investigación se centra en el análisis y evaluación de un proyecto público de construcción de defensas ribereñas en la región de Cusco ejecutado bajo la modalidad de administración directa que a lo largo de su ejecución ha presentado constantes solicitudes de ampliaciones de plazo y presupuesto. La presente investigación elabora una propuesta de implementación de la metodología Last Planner System adaptando los conceptos y buenas prácticas del Lean Construction a la ejecución de proyectos bajo esta modalidad. La investigación concluye que la implementación de la metodología Last Planner System permite a las obras publicas cumplir con los objetivos de plazos y presupuestos.

Power et al. (2021), en la investigación denominada “Last Planer System implentation healt check” realizaron un estudio que evaluó la implementación de todas las funciones del Sistema Last Planner en una consultoría de Ingeniería y Gestión de la Construcción. En el estudio, se empleó un enfoque de métodos mixtos que incluyó un diseño de estudio de caso, una revisión bibliográfica y una implementación piloto. Los resultados del autor indican que la aplicación del Health Check permite a los equipos de proyecto verificar y dar seguimiento

a su enfoque en la mejora de procesos, asegurando la participación, el compromiso y la colaboración de todas las partes involucradas.

Espinoza (2022), En su investigación titulada "Last Planner y su Impacto en la Planificación de Obras en una Empresa Constructora de Saneamiento en Lima 2021, para obtener el grado académico de Maestro, busca determinar la influencia del Last Planner en la planificación de obras de una empresa constructora de saneamiento. Se empleó una metodología de investigación aplicada con un diseño correlacional causal y una muestra de 75 trabajadores seleccionados aleatoriamente de una población total de 95 empleados. La encuesta se utilizó para recopilar datos, y se validó el instrumento de cuestionario mediante juicio de expertos. El coeficiente de alfa de Cronbach demostró una alta confiabilidad (0.867) en la muestra total, lo que indica que el Last Planner tiene un impacto significativo en la planificación de obras de la empresa constructora de saneamiento en Lima 2021, respaldado por un análisis inferencial que muestra una relación eficiente

Lozano y Manturano (2022), de acuerdo a su tesis "Comparación entre el sistema last Planner y el sistema tradicional en dos obras, durante la etapa de estructuras, Dpto. de San Martín 2020". El objetivo de explicar que la Last Planner mejorará el cumplimiento de la programación en las obras. Para ello compara con el sistema tradicional para gestionar programaciones de obra durante la etapa de estructuras en dos hospitales ubicados en la región San Martín. La presente investigación diseño no experimental tipo aplicada de nivel explicativo. El autor concluye que mediante el análisis de ambas obras en estudio y comparando con el sistema tradicional con Last Planner System , este último es más eficiente , obteniendo un PPC de 80%

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Importancia del Sistema de Abastecimiento de Agua

El derecho fundamental a los servicios de agua potable y saneamiento es reconocido en el artículo 25 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos de las Naciones Unidas, donde se establece como una necesidad esencial para todas las personas. Es considerado una demanda básica en beneficio de la humanidad. (ONU, 2010)

El objetivo establecido para suministro de agua potable en el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) es "lograr el acceso universal y equitativo a un acceso seguro y asequible agua potable

para todos en 2030" (ONU, 2015)

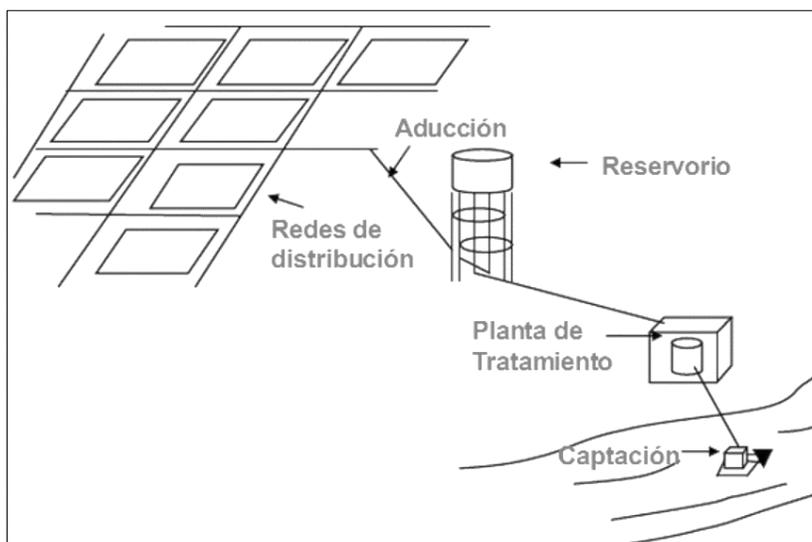
Además, ONU (2023) menciona que en el año 2023 alrededor de 2 mil millones de personas no cuentan con acceso al agua potable y 3,600 millones carecen de acceso a un sistema de saneamiento y almacenamiento eficaz, por lo que es de gran importancia lograr concluir los proyectos de sistemas de abastecimiento de agua que tengan seguridad, viabilidad, eficacia y sostenibilidad. Además, enfatiza que el acceso al agua potable es esencial para la salud y el desarrollo, con inversiones en sistemas de agua y saneamiento que son económicamente beneficiosas debido a la reducción de costos médicos y efectos adversos en la salud.

2.2.2. Componentes de sistema de abastecimiento de agua

Blaz (2021) menciona que el sistema de abastecimiento de agua potable es será el conjunto de varios componentes que coadyuvan al funcionamiento de abastecimiento de agua potable. Estos componentes son captación, aducciones externas e internas, conducción, tanque de almacenamiento y regulación, redes de distribución, conexiones domiciliarias

Figura 2

Componentes de sistema de abastecimiento de agua potable



Nota. Testa y Jimenez (2016)

2.2.3. Importancia del Sistema de Abastecimiento de Agua

2.2.4. Beneficios de las Construcciones de Sistema de Abastecimiento de Agua

- Satisfacción de necesidades básicas: Un sistema de abastecimiento de agua potable asegura las necesidades básicas de la población del acceso a agua potable, mejorando la

calidad de vida de las personas y promoviendo su bienestar.

- **Sostenibilidad:** Los sistemas sostenibles de abastecimiento de agua se diseñan y planifican considerando las necesidades actuales y futuras de la población. Un enfoque viable en la gestión del proyecto garantiza que se considere la sostenibilidad a largo plazo del sistema. Esto implica planificar y construir infraestructuras que sean duraderas, eficientes y capaces de adaptarse a cambios futuros. (CEPAL, 2022)
- **Desarrollo socioeconómico:** La disponibilidad de agua potable mejora la calidad de vida de la población y fomenta el desarrollo socioeconómico. Un sistema de abastecimiento de agua potable facilita el desarrollo de actividades económicas como la agricultura, la industria y el turismo, lo que impulsa el crecimiento y la generación de empleo. (UNICEF, 2019)
- **Optimización de recursos:** Un sistema sostenible de abastecimiento de agua se basa en el uso eficiente de recursos hídricos, lo que implica minimizar las pérdidas de agua a través de fugas, evitando el desperdicio y promoviendo prácticas de conservación y calidad. (Abhold et al., 2021).

Por lo tanto, Arzola et al. (2016) señalan que la planificación adecuada y la implementación eficiente en la construcción de sistemas de abastecimiento de agua pueden llevar a optimizar una reducción de costos y evitar gastos innecesarios por lo que una adecuada gestión de proyectos permite una asignación eficiente de recursos

2.2.5. Planificación y Gestión de Proyectos

2.3.1 Planificación Tradicional

La planificación tradicional se basa en elaborar una programación general de toda la obra con un gran detalle desde su inicio sin embargo en el avance la obra, se va presentando grandes diferencias con lo que realmente se hizo. (Toledo, 2021)

Este sistema no tiene en consideración si se cuenta con los recursos para poder ejecutar la actividad siguiente o si se terminaron los trabajos previamente necesarios. (Pons y Rubio, 2019)

Ballard (2000) señala que la planificación tradicional de proyectos se fundamenta en la capacidad del ingeniero para programar la obra, pero carece de una evaluación del rendimiento en términos de habilidad en la planificación. Esta falta de análisis dificulta la identificación de errores en la planificación y sus causas, perdiendo así la oportunidad de aprendizaje y mejora para proyectos futuros.

2.3.2 Lean Construcción

Según Mendoza (2019), Lean Construction se basa en el área de gestión de proyectos que se centra en identificar y eliminar los desperdicios en el proceso constructivo, para lograr mejoras continuas, minimizar pérdidas y lograr un máximo valor del producto final. El enfoque del Lean Construction busca optimizar cada proceso de transformación durante la fase de construcción, con el propósito de reducir al mínimo, parcial o completamente, los pasos necesarios para que los materiales o insumos lleguen a su ubicación final en la obra. (Porras et al., 2014)

Este enfoque tiene como resultado una mayor rentabilidad en el producto final obtenido siendo un sistema versátil que analiza estos problemas en función a tiempo, costo y alcance. El desafío radica en que el pensamiento tradicional se enfoca únicamente en las actividades finales de transformación, sin considerar toda la secuencia que involucra el material desde su origen hasta llegar a esa etapa. (Latorre, 2015)

Figura 3

Proceso de producción tradicional

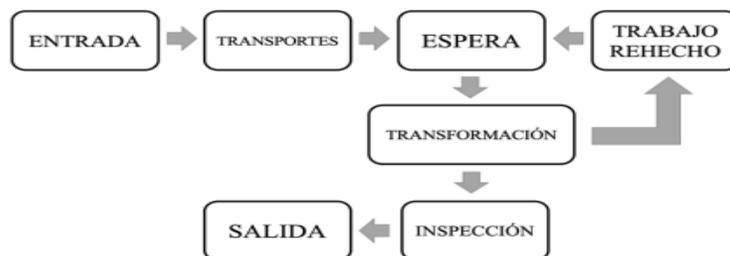


Nota. Mejía y Chávez (2021)

Lean Construction propone abarcar un modelo más adecuado que refleje mejor en la realidad que sucede en la producción, esta propuesta es el Modelo de transformación, donde no se da directamente una transformación luego de la entrada, si no que también contempla actividades intermedias entre los procesos de entrada transformación y salida. (Kosela, 2000)

Figura 4

Modelo de transformación-flujo-valor



Nota. Adaptado de Orihuela (2008)

El modelo de sistematización adecuada que contempla procesos entre la entrada y la transformación como la llegada de materiales; entre la transformación y la salida existen actividades como inspección cuyo resultados, no conformidades, nos llevan a rehacer trabajos y repetir el proceso, sin observaciones para recién inducir el proceso de salida que responden al requerimiento del cliente que genera valor. (Mejía y Chávez, 2021)

2.3.3 Planificación con Last Planner System (LPS)

Last Planner System (LPS), desarrollado por Glenn Ballard y Greg Howell en los años noventa, se fundamenta en los principios de la filosofía Lean Construction. En esencia, este sistema delega la decisión sobre el trabajo físico específico a ser realizado al día siguiente a un individuo o grupo, lo que le otorga el nombre de Último Planificador. (Ballard y Howell 2000) Hoyos & Botero (2019) mencionan que el LPS es una metodología colaborativa que busca gestionar eficazmente la variabilidad del proyecto y la asignación de recursos para controlar y reducir los contratiempos en el desarrollo del proyecto, maximizando el valor del proceso constructivo, disminuyendo la incertidumbre y variabilidad en el flujo de trabajo para alcanzar compromisos confiables.

Así mismo, Pons & Rubio (2019) definen Last Planner System como un sistema que combina la gestión de proyectos con el control de la producción, centrado en la transformación de lo planificado en lo factible. Su objetivo es reducir la variabilidad del proyecto mediante el seguimiento del cumplimiento de compromisos, destacando la importancia de liberar restricciones y basar los compromisos en la realidad del trabajo.

El último planificador se encarga de recopilar datos y registrar el progreso de las tareas realizadas, lo que permite realizar un seguimiento detallado, evaluar el cumplimiento de los plazos y la eficiencia en la ejecución, desempeñando un papel fundamental en la optimización de los procesos de construcción y en la mejora continua del rendimiento del proyecto. (Caro et

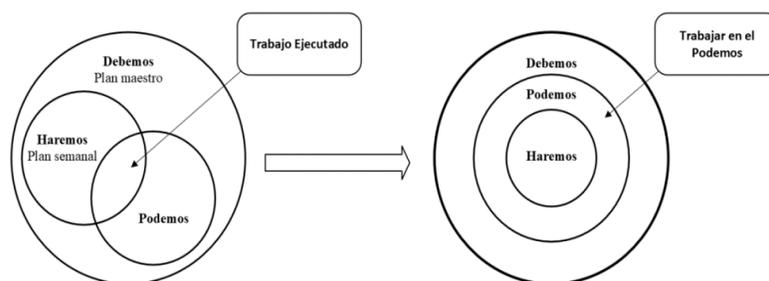
al., 2022)

Cabrera (2020) demostró que el sistema LPS se basa en realizar una planeación de cómo se debe trabajar, pudiendo manejarlo con los recursos que cuenta la empresa constructora, haciendo frente a las restricciones presentadas, este sistema es una alternativa de solución para las obras ejecutadas que se encuentran retrasadas, ya que su eficiente resultado evita las posibles penalidades a detallar ante un no cumplimiento de trabajos.

Last Planner System intervienen los conceptos de debería (should), puede (can), Hará (will) e hizo (did) fundamental en Last Planner ya que indica lo que se llevara a cabo (will), siendo esto ajustado por lo que debería hacerse (Should), y teniendo en cuenta las restricciones que pueden surgir (Can). De esta manera Ballard, presenta un esquema que ilustra la interrelación entre estas nociones durante la planificación de tareas.

Figura 5

Comparación de planificación del sistema tradicional y Last Planner System



Nota. (Pons y Rubio, 2019)

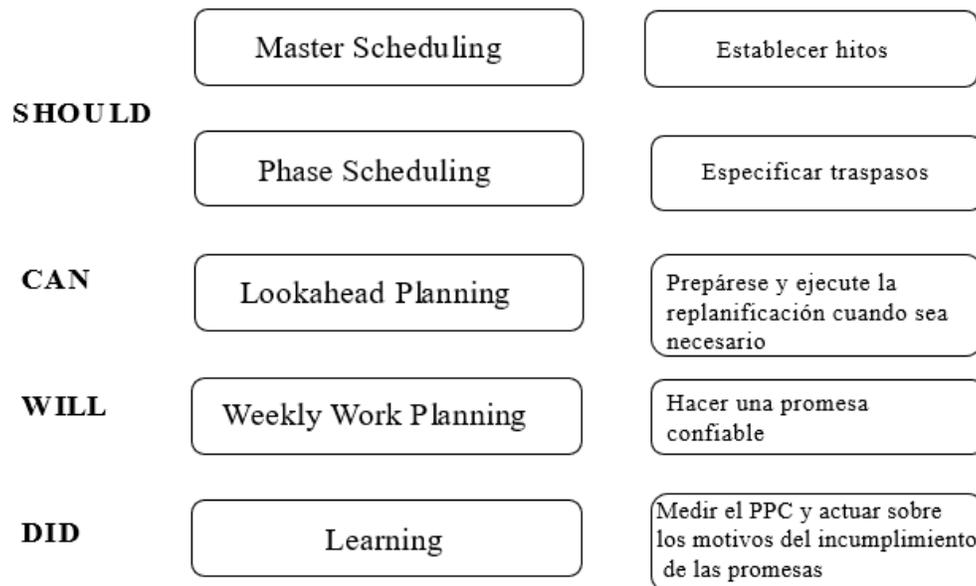
De acuerdo con, Ballard (2011), podemos identificar 5 componentes estructurales. Los componentes que conforman o que estructuran se mencionan a continuación:

- Cronograma Maestro (Master Schedule)
- Planificación por fases (Phase Schedule)
- Planificación Intermedia (Look Ahead Planning)
 - Análisis de Restricciones (Constraints Analysis)
 - Reserva de Trabajo ejecutable (Workable Backlog)
- Plan de trabajo semanal (Weekly Work Plan)
- Indicadores de aprendizaje
 - Porcentaje de Plan Cumplido (Percent Plan Complete -PPC)

Razones de No Cumplimiento (Reasons for Non- conformances)

Figura 6

El Sistema Last Planner del Modelo de Control de Producción



Nota. Adaptado de Ballard y Tommelein (2016)

Según Edil (2017) estos procesos progresivos producen beneficios significativos, especialmente en el desarrollo de una relación de colaboración, compromiso, coordinación, transparencia.

2.2.6. Estructuración del sistema Last Planner System

2.2.4.1 El Plan Maestro (Master Schedule)

El plan maestro se define como las operaciones que integran la programación de todos los movimientos del proyecto, estableciendo hitos que son sucesos importantes, exigidos para el cumplimiento de plazos establecidos. (Alarcón et al., 2019)

En su tesis doctoral Ballard (2000) menciona que el propósito del plan maestro es brindar claridad sobre el alcance y las expectativas del proyecto, así como establecer los hitos más significativo.

Pons y Rubio (2019) mencionan:

El plan maestro debe abordar elementos clave como la definición del alcance, el análisis de

interesados, la Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT) y la Estructura Organizativa de Descomposición (OBS), la evaluación de riesgos, la estrategia de trabajo, recursos críticos, identificación de hitos, secuencia de actividades, duración, solapamientos y costos asociados.

El plan maestro, también denominado programa de contrato se presenta mediante un diagrama de gantt o en primavera P6 que constituye la base para el desarrollo del programa colaborativo o planificación de fases. (Edil ,2017)

Para el desarrollo del plan maestro es común utilizar diversas herramientas informáticas, como el Ms Project, Primavera, excel, entre otras, para crear el cronograma maestro. En la elaboración de este cronograma, es fundamental identificar los hitos clave del proyecto.

2.2.4.2 Planificación por fases (Phase Scheduling) o programación colaborativa

Según Alarcón et al. (2019) el plan de fases es una oportunidad de lograr compromisos confiables de planificación con la participación de los principales actores de cada fase del proyecto.

La planificación colaborativa implica a todos los contratistas y subcontratistas, así como técnicos y demás interesados a participar y aportar su criterio a la hora de elaborar el plan de actividades de obra afrontando la variabilidad (Alvarez et al., 2019)

La estructura, escenarios y condiciones de colaboración que proporciona el Last Planner System es un potencial para crear nuevos conocimientos, habilidades y competencias. Un ejemplo es la estructura de la reunión, que sugiere que la práctica de trabajo colaborativo multisectorial es adoptada. (Corilla y Pereda, 2020)

Esta programación se lleva a cabo mediante una metodología llamada Pull Planning, la cual se describe a continuación:

A. Pull Planning

Pull Planning es básicamente lo que se debe hacer, planificando cada actividad con su respectivo tiempo de duración, esto con la finalidad de velar por los intereses del proyecto. (Rodríguez, 2021)

Según Pons y Rubio (2019) las sesiones Pull Planning tienen como objetivo establecer un plan coordinado y aprobado por todos los interesados, concienciar al equipo sobre la importancia del cumplimiento de compromisos, analizar restricciones y contingencias, y actualizar el plan para lograr los objetivos del proyecto de manera óptima.

En tanto, Pasquirre (2019) recomienda que durante las sesiones de pull planning cada hito debe

tener múltiples etiquetas de actividad asociadas representando un compromiso de trabajo con su respectiva duración identificando las siguientes características por cada actividad se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Características de etiquetas de trabajo

Contenido de la etiqueta de trabajo
Nombre de la actividad
Duración de la actividad
Antecedentes
Restricciones

Nota. Adaptado de Pasquiere (2019)

Es importante que todos entiendan que cuando llenan la etiqueta están haciendo una promesa a sus compañeros para completar una acción específica. El facilitador debe identificar los flujos para aclarar si hay algo más que impedirá el inicio de la actividad.

Las metodologías analizadas tradicionalmente eran todas del tipo “push” es decir que se planificaba desde el principio hacia el final, mientras que LPS es una planificación tipo “pull”. Por lo cual se planifica desde el final hacia el principio, por lo cual se debe identificar las tareas que generan flujo para llegar a la transformación. (Ballard et al., 2020)

Como afirma Gonzales (2018), la planificación de fases constituye un conjunto de procesos, cada uno compuesto por varias operaciones, siendo cada operación el resultado de una serie de movimientos. Se puede inferir que en una obra de construcción, se identifican y clasifican distintas “fases” por parte del equipo de trabajo. Por lo tanto, en la etapa de programación de fases (Phase Scheduling), el equipo determina cuáles de estas “fases” deben ser detalladamente desglosadas y programadas, basándose en su relevancia y impacto en el proyecto.

Por lo cual, Ballard et al. (2020) recomienda visualizar los calendarios maestros como redes lógicas ayuda a identificar si un hito es alcanzable ayudando a los últimos planificadores a ser más capaces de determinar la criticidad de las tareas de ejecución.

2.2.4.3 Planificación Intermedia: Lookahead Planning

El Lean Construction Institute “El Lookahead es un plan a corto plazo basado en un plan de fases que identifica las actividades que se realizarán en las próximas semanas para cumplir con la variabilidad y las limitaciones de cada proyecto”.

En su tesis doctoral, Daniel (2017) destaca los propósitos clave de la planificación lookahead, que incluyen la eficiencia en el flujo de trabajo del proyecto, la coordinación de recursos y mano de obra, el cumplimiento de tareas programadas, la agrupación de actividades similares y la identificación de tareas conjuntas. Estos objetivos se detallan en la tabla 2, que enumera los ocho flujos identificados.

Tabla 2

Flujos de trabajo

Flujos de trabajo
Materiales
Personas
Equipo
Información
Espacio seguro
Espacio físico
Tiempo
Mentalidad
Condiciones externas
Comprensión

Nota. Koskela, (2004)

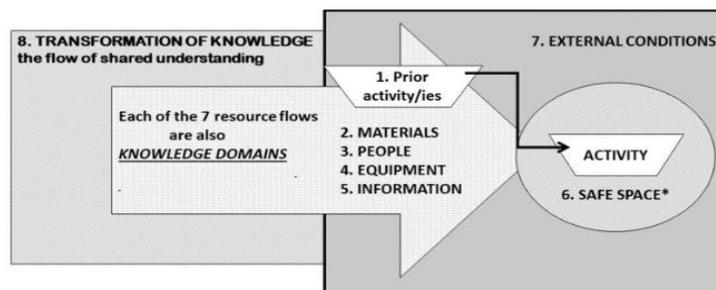
A. Análisis de restricciones

Luego que se definen las tareas o asignaciones en el Lookahead Schedule, se procede a realizar el análisis de restricciones de estas asignaciones.

Pasquarre (2019), recomienda que la preparación requiere que cada tarea sea examinada en busca de restricciones utilizando el diagrama de procesos de los 8 flujos como disipador. Toda actividad en el lookahead debe examinarse para cualquier restricción utilizando el modelo de proceso propuesto por Pasquarre de los 8 flujos.

Figura 7

Proceso de producción de proyectos: modelo de 8 flujos



Nota. Pasquirre (2019)

B. Registro y gestión de restricciones

Se reconocen todas las limitaciones que podrían causar fallos en la planificación, generalmente asociadas a la producción de la obra. Por lo que es importante identificar las restricciones con un listado de restricciones frecuentes.

Álvarez et al. (2019) menciona que LPS estudia detenidamente cuáles son las limitaciones que pueden obstaculizar el logro de los objetivos tales como la carencia o falta de materiales, identificación de diseño o la falta de mano de obra, etc.

Pasquirre (2019) en su investigación menciona “También se asignan los responsables de eliminar las restricciones. Los ejemplos de restricciones incluyen RFI, autorizaciones, permisos, entregas, estrategias de aislamiento, acceso, seguridad.

Es necesario asignar a una persona responsable de identificar y dar seguimiento a las restricciones, además de establecer una fecha límite para la liberación de la asignación. Es importante que esta fecha límite sea anterior a la fecha de inicio para garantizar que el proceso pueda comenzar sin retrasos. Una vez que se han identificado las limitaciones, se lleva a cabo su gestión con el objetivo de asegurar que no haya ninguna razón por la cual las tareas no puedan llevarse a cabo cuando corresponda su ejecución.

El propósito al realizar el análisis de restricciones es conseguir un conjunto de tareas ejecutables (Workable Backlog) que estén disponibles y preparadas para ser incluidas en la programación.

C. Reserva de trabajo ejecutable (workable backlog)

Como mencionan Pirca y Pirca (2019), las actividades con restricciones liberadas provenientes del workable backlog de la semana actual que no se llevaron a cabo. El objetivo de mantener

una reserva de tareas ejecutables es prevenir la inactividad en las unidades de producción en caso de que surjan inconvenientes con una tarea que estaba originalmente planificada para la semana de trabajo (weekly work plan) y ya no pueda ser realizada. Si esto ocurriese pues se tomaría otra actividad de workable backlog para que fuera ejecutado por esta unidad de producción evitando así tiempos muertos.

Si el planificador no está seguro de poder eliminar las restricciones, las asignaciones potenciales son postergadas a una fecha posterior” (Ballard 2000).

Es importante destacar que la eliminación del desperdicio es uno de los principales objetivos del enfoque Lean Construction.

La importancia de que el último planificador del proyecto sea minucioso al identificar todas las condiciones previas necesarias para llevar a cabo una actividad de manera sólida. Si no se tienen en cuenta todas estas condiciones, existe el riesgo de interrumpir todo el proceso. Por lo tanto, es crucial asegurarse de considerar todos los requisitos previos para garantizar la continuidad y el éxito del proyecto.

A. Inventario de trabajo ejecutable (ITE)

Según Angeli (2017) se analizan las actividades que se “deben” hacer y las “pueden hacer”. Dentro del Inventario de trabajo ejecutable (ITE) se puede distinguir las siguientes categorías de actividades

- Actividades con restricciones liberadas que forman parte del ITE de la semana actual pero no se llevaron a cabo.
- Actividades con restricciones liberadas que forman a la primera semana futura que se pretende planificar.
- Actividades con restricciones liberadas que abarcan dos o más semanas futuras (situación ideal para cualquier planificador)

2.2.4.4 Plan de trabajo semanal (weekly work plan):

El programa semanal de programación es una estrategia a corto plazo que se deriva del lookahead en la cual se lleva a cabo un análisis previo de restricciones para eliminarlas y garantizar que los trabajos que se programen dispongan de los recursos necesarios. En otras palabras, se seleccionan las actividades que han sido liberadas de restricciones y que formaban parte del inventario de trabajo ejecutado. (Guzmán, 2014)

Edil (2017) en su investigación menciona que el Plan de trabajo semanal se realiza para revisar

las tareas planificadas en la semana anterior con el fin de planificar la próxima semana en colaboración con el equipo, durante la planificación semanal solo se permiten producción las actividades que cumplen con los criterios especificados y que se han desarrollado en colaboración a partir del Make Ready, que identifica las restricciones asociadas y gestiona estableciendo compromisos, responsables y fechas de liberación. (Caro et al., 2022)

A. Reunión diaria y semanales

Mossman (2014) menciona que la reunión que ocurre en el día de la producción con los Last Planner, ya sea al comienzo o al final del trabajo se da para evaluar el progreso de las tareas planificadas para el día y revisar la producción del día siguiente. A través de esta reunión, las “malas” noticias, ayuda considerablemente a tomar medidas de mitigación para abordar los problemas de manera temprana y adecuada

Además, Pasquirre (2019) menciona que el seguimiento diario de los compromisos perdidos durante la reunión diaria facilita la replanificación y crea una oportunidad para que el facilitador haga preguntas como: ¿Qué podemos hacer como equipo para mitigar el incumplimiento del compromiso?, ¿Podemos trasladar a la cuadrilla a otro lugar o volver a planificar el trabajo en otra área teniendo en cuenta esta restricción?

La reunión de coordinación diaria podría ser semanal durante la etapa de diseño y diaria en la etapa de construcción. El enfoque se utiliza para mantener todo el sistema de producción, asegurando así que se logre el resultado diseñado o previsto al final del proceso de producción. (Daniel et al., 2016)

2.2.4.5 Medición del desempeño y aprendizaje (Learning)

Los indicadores claves medidas de Last Planner System son: PPC (Porcentaje de Planificación completada) representada como índice de confiabilidad de métricas. (Hamzehet et al., 2015)

Mientras que el registro de Causas de no cumplimiento (CNC), fomentan el aprendizaje y brindan un indicador claro de productividad. (Ballard et al., 2018)

A. PPC

El PPC (Porcentaje de la Planificación Completada) es un indicador muy utilizado en la metodología del LPS para medir el cumplimiento de la planificación semanal y por tanto conocer en qué medida se cumplieron los compromisos establecidos por el equipo de trabajo, teniendo en cuenta que no mide exactamente el avance del proyecto ya que se basa en una

planificación a corto plazo. (Pons y Rubio, 2019)

Ballard (2000) menciona que la medición consiste en el cálculo de indicador del PPC (Porcentaje de Planificación Completada) el cual representa el porcentaje de actividades comprometidas ejecutadas en la semana en relación a las planificadas del plan semanal. La cual se expresa en la siguiente formula:

$$\text{PPC} = \frac{\text{Cantidad de tareas completadas}}{\text{Total de tareas programadas}}$$

Para clasificar las tareas completadas y no completadas se utiliza el criterio binario de SÍ/NO, donde solo se considerarán como terminadas (SÍ) a aquellas tareas que se encuentren al 100% de finalización. (Pons y Rubio, 2019)

El PPC es un análisis de confiabilidad, no busca medir el avance sino la efectividad del sistema de programación. (Palomino et al., 2018)

Según Edil (2017) El aprendizaje es el nivel final y posiblemente el más importante del Last Planner System siendo fundamental mejorar el sistema como retroalimentación a todos los demás niveles y elementos. Así mismo la tarea anticipada (TA) y tarea lista para ser ejecutada (TMR) apoyan y complementan al PPC para garantizar un control más efectivo y confiable de la planificación y ejecución de las tareas.

2.2.5.1 Razones de no cumplimiento (RNC)

Son las razones por las que las actividades comprometidas no pudieron ser completadas de las tareas programadas para la semana El análisis de las causas de incumplimiento generalmente se representa mediante gráficos, como el Diagrama de Pareto, que son herramientas altamente efectivas en las reuniones semanales destinadas a la mejora continua.

Como mencionan Pons y Rubio (2019), “Se realiza una mejora continua para analizar la causa raíz de los problemas y tomar medidas, cuando no se alcanza lo planificado”.

La retroalimentación es un elemento fundamental, en la medida en que sepamos los motivos por los cuales no completamos lo programado de cada semana se debe tomar acciones correctivas

Pasquirre (2019) menciona “Las revisiones son la aplicación directa del principio del Kaizen, la mejora continua, referidas en los 5 por qué, a partir de las respuestas a estas preguntas se

establecen compromisos, este enfoque funciona ya que nadie quiere llegar a la siguiente reunión sin haber hecho su parte del trabajo.”

2.2.7. Productividad en obra

Serpell (2006) sostiene que la productividad es una evaluación de la eficiencia con que los recursos son administrados para culminar un proyecto específico, cumpliendo con un plazo predeterminado y manteniendo un nivel establecido de calidad.

Vega (2018) menciona que la productividad en el proceso constructivo es el desempeño de la calidad, seguridad, costo, tiempo, planeación y control sobre una ejecución u obra”

En el sector construcción, se encuentra un sistema de producción cuya característica principal es su capacidad para transformar diversos recursos e insumos en productos deseados. Los recursos clave en este sector incluyen materiales, mano de obra, maquinaria, herramientas y equipos. Debido a la diversidad de recursos involucrados, en la construcción se deben considerar diferentes aspectos de productividad.

- Productividad de los materiales: Minimizando los desperdicios para optimizar su costo.
- Productividad de la mano de obra: Este recurso establece el ritmo de la construcción y afecta directamente la productividad de otros recursos e insumos.
- Productividad de la maquinaria: Reducir los períodos inactivos durante su utilización en proyectos debido a su significativo costo.

Según Botero (2002) la eficiencia en la productividad de la mano de obra puede variar en un amplio rango que va desde 0%, cuando no se realiza actividad alguna, hasta 100% si se presenta la máxima eficiencia teórica posible. Enmarcados entre los dos anteriores límites, en la tabla 3 se encuentran los rendimientos y consumos reales de la mano de obra obtenibles en cualquier condición, para los cuales se han definido rangos de acuerdo con la eficiencia en la productividad.

Tabla 3

Clasificación de la eficiencia en la productividad

Eficiencia en la productividad	Rango
Muy baja	10 % - 40 %
Baja	41 % - 60 %

Normal (promedio)	61 % - 80 %
Muy alta	81 % - 90 %
Excelente	91 % - 100 %

Nota. (Botero, 2002)

Se considera como normal o promedio, el rango de eficiencia en la productividad comprendido entre 61 % y 80 %, por lo tanto, se puede definir como el 70 % la cantidad normal de productividad en la mano de obra, dicha cantidad puede ser afectado positiva como negativamente por diversos factores, dando como resultado rendimientos mayores o menores al promedio respectivamente. (Botero, 2002)

Oglesby et al. (1989) propuso las tres principales categorías de trabajo utilizadas para las mediciones de productividad referidas a mano de obra

- Trabajo productivo (T.P): aquel que aporta en forma directa a una unidad de producción. (agrega valor):

Por ejemplo: Vaciar concreto, Habilitado de acero, Excavar zanjas, Colocar tuberías etc

- Trabajo contributorio (T.C.) Se refiere a las labores necesarias para facilitar la ejecución del trabajo productivo, pero que no contribuyen directamente al valor de la unidad de construcción. (no agrega valor):

Por ejemplo: transporte de material, , limpieza , lectura de planos, mediciones, etc.

- Trabajo no contributorio (T.N.C.) : cualquier actividad que no corresponde a las categorías anteriores, ya que son actividades que no son necesarias, tienen un costo y no agregan valor por ende, genera pérdidas.

Por ejemplo: ocio, esperas, descansos, interrupciones no autorizadas, trabajos rehechos, traslado de un lugar a otro, descansos, factores climáticos, etc. (no agrega valor):

2.2.8. Rendimiento

El rendimiento se refiere al tiempo que demora un obrero para un determinado trabajo. El rendimiento es uno de los factores principales para lograr la construcción de un plan exitoso y un presupuesto adecuado. (Cutipa, 2018)

Según Botero (2002) define el rendimiento de la mano de obra como la cantidad de trabajo de alguna actividad ejecutada por una cuadrilla, formado por uno o varios operarios de diferente especialidad por unidad de recurso humano, estas horas se expresada como um/ hH (por hora

Hombre)

$$\text{Rendimiento} = (T) * \frac{\text{MO}}{A}$$

Donde:

A = Avance diario (m)

T = Horas (H)

MO = Mano de obra (hombre)

2.2.9. Mejoramiento de la Productividad en la Construcción

A comienzo de la década de 1990 se observó una transformación en el sistema productivo a nivel global. Esta transformación tuvo su origen en el sector automovilístico y posteriormente se extendió a otros sectores, como la construcción. (Pons,2014)

Es así que en el ámbito de la construcción surge una nueva filosofía de producción para la industria de la construcción, conocida como Lean Construction o construcción sin desperdicios. Esta filosofía implica la aplicación de los principios y herramientas del sistema Lean a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción, desde su concepción hasta su ejecución y puesta en funcionamiento.(Cortez et al.,2020)

Ascue (2021) destacó el progreso en la gestión de proyectos en la industria de la construcción en el Perú desde el año 2000, donde se ha adoptado la filosofía Lean Construction. Según el autor, esta implementación conlleva beneficios para las empresas constructoras al mejorar la optimización de recursos, costos y tiempos de producción, lo que, en última instancia, resulta en una mayor eficiencia y rentabilidad para las compañías.

2.3 Definición de Términos Básicos

a) Proyecto

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos implica la existencia de un inicio y un fin claramente definidos. El fin del proyecto se alcanza cuando se logran sus objetivos o cuando se finaliza debido a que no se cumplirán o no se pueden cumplir dichos objetivos, o cuando la necesidad que originó el proyecto ya no existe.

b) Sistema de abastecimiento de agua

Un sistema de abastecimiento de agua es un conjunto de infraestructuras, procesos y

recursos diseñados para proveer agua potable de forma segura y confiable a una comunidad o área geográfica determinada.

c) Alcance

Es el proceso que consiste en desarrollar una descripción detallada del proyecto y del producto. El principal beneficio de este proceso radica en que define los límites del producto, servicio o resultado, al especificar qué requisitos recopilados serán incluidos y cuáles serán excluidos del alcance del proyecto.

d) Lean Construction (Producción sin pérdida)

Sistema de producción, diseñado para minimizar el despilfarro y agregar valor sistemáticamente en el proceso, gran parte de las tareas se realizan en equipos de trabajo.

e) Planificación

La planificación es aquel proceso de programación, que tiene por finalidad el logro de un objetivo específico mediante la toma de decisiones, teniendo en cuenta la situación actual y los distintos factores externos que pueden intervenir el Sistema de producción, diseñado para minimizar el despilfarro y agregar valor sistemáticamente en el proceso, gran parte de las tareas se realizan en equipos de trabajo.

f) Programación

Etapa dirigida a evaluar los planes de trabajo escogidos determinando el tiempo total que podría demorar la obra, el costo de ella y los recursos que serían necesarios utilizar para cumplir con las metas señalada dirigida a evaluar los planes de trabajo escogidos

g) Variabilidad

Se refiere a la aparición de sucesos que generan desviaciones respecto a una planificación inicial. Ocurre en todo tipo de proyecto del ámbito de la construcción donde los factores son impredecibles y no pueden ser eliminados aumentado su magnitud y complejidad

h) Last Planner System (LPS)

Herramienta más utilizada de Lean construcción para para contrarrestar los principales obstáculos en la construcción. Su enfoque principal consiste en mejorar el flujo de trabajo, disminuir la variabilidad y aumentar la productividad mediante la planificación colaborativa y la identificación de las interdependencias entre las distintas actividades involucradas. Se refiere a la aparición de sucesos que generan desviaciones respecto a una planificación inicial. Ocurre en todo tipo de proyecto del ámbito de la construcción donde los factores son

impredecibles y no pueden ser eliminados aumentado su magnitud y complejidad

i) Programación diaria (parte diario)

Sirve para saber qué vamos a hacer hoy, qué es lo que vamos a dejar de hacer hoy, en qué momento y (lo más importante) por qué.

j) Lookahead

Es un cronograma de ejecución a mediano plazo (suele estar entre 3 a 6 semanas). Se parte de la programación maestra.

k) PAC – Porcentajes de actividades completadas

Forma de medir el desempeño de la planificación y la productividad de la unidad de producción y se obtiene como la razón entre el número de asignaciones completadas y las planificadas.

l) RNC: Razones de no cumplimiento

Cuando las actividades por algún motivo no fueron realizadas, se tiene que indagar los motivos por el cual no pudieron ser completadas, para eso se buscan las causas de no cumplimiento, ya que estos son los primeros pasos para generar una mejora.

m) Flujo:

Consiste en diseñar, planificar y ejecutar exactamente aquello que el cliente/usuario quiere, en el momento que lo quiere y en el lugar que lo quiere

n) Confiabilidad

Grado en que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes. Es decir, en que su aplicación repetida al mismo sujeto u objeto produce resultados iguales.

o) Mejora continua

Implica mejorar todos los días en todas las áreas productivas y operacionales de Productividad.

Medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado

p) Rendimiento

Cantidad de recursos usados para realizar una unidad de producción

q) Metrado

Constituyen la expresión cuantificada por partidas de los trabajos de construcción que se ha programado ejecutar en un plazo determinado, expresadas en la unidad de medida que ha

sido establecidas para cada partida

r) Costo

Es el gasto económico ocasionado de algún bien o la oferta de algún servicio que incluye los procesos involucrados

s) Plazo

Es el tiempo requerido para completar cada uno de los componentes del proyecto

t) Control:

Es el seguimiento a la ejecución del proyecto para luego comparar los datos obtenidos con el programa macro y se toman las acciones para corregir las diferencias que se hayan producido.

u) Buffers

Los buffers desempeñan un papel crucial en el éxito del proyecto, ya que permiten controlar la variabilidad inherente a la planificación. Estos buffers, también conocidos como holguras de programación, resultan muy útiles para reducir la incertidumbre asociada a la variabilidad en el proyecto.

v) Porcentaje de plan completado (PPC)

Es el número de actividades previstas completadas, dividido por el número total de las actividades planificadas.

w) Trabajo productivo (TP)

Corresponde a las actividades que aportan en forma directa a la producción de alguna unidad de construcción.

CAPÍTULO III. HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Hipótesis de Investigación

3.1.1. Hipótesis General

El análisis de sistema de abastecimiento de agua basado en Last Planner System, mejora significativamente la productividad

3.1.2. Hipótesis Específicas

- Las causas que generan baja productividad en los sistemas de abastecimiento de agua es el escaso uso de herramienta de planificación y control de proyectos
- El análisis de los componentes estructurales del Last Planner System en sistemas de abastecimiento optimiza el nivel de productividad
- La aplicación de Last Planner System en sistema de abastecimiento de agua tiene un impacto positivo en los cumplimientos de plazo y costo del proyecto

3.2. Variables e Indicadores

3.2.1. Variable Independiente

Las variables independientes son aquellas que permite al investigador predecir algún resultado ya sea positivo o negativo, tras realizarse un estudio comparativo entre ambos. (Gómez et al., 2016)

Variable independiente: Last Planner System

3.2.2. Variable Dependiente

Según Herbas y Rocha (2018), la variable dependiente es aquella que es manipulada por el investigador y no está relacionada con el resultado que se está midiendo.

Variable dependiente: Productividad del sistema de abastecimiento de agua potable.

3.3. Operacionalización de las Variables

Núñez (2017) señala que la operacionalización de las variables busca detallar las acciones que se llevarán a cabo, lo que implica desglosar de manera deductiva las variables presentes en el problema de investigación, desde lo más general hasta lo más específico, con el fin de determinar el método que serán medidas o analizadas las variables en áreas, indicadores, índices e ítems. En síntesis, es un instrumento para la construcción de la investigación.

En la Tabla 4, se muestra la variable independiente y sus dimensiones, indicadores, unidades de medida e instrumentos utilizados para su correcta medición.

Tabla 4*Variable independiente*

Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Instrumentos	
V1: Last Planner System	Plan maestro	Alcance del proyecto-	Nominal	-	
		Programación de obra	Nominal		
		Cronograma del proyecto	Nominal		
		Hitos del proyecto. de	Nominal		
	Planificación por fases	Reunión de trabajo	Nominal		Fichas de inspección de campo
		Reuniones Pull planning	Nominal		
		Compromiso	Nominal		
	LookAhead Planning	Planificación semanal	Numérica		Formatos de recolección de datos
		Planificación de actividades	Numérica		
		Programación semanal	Numérica		
		Análisis de Restricciones	Numérica		
	Plan de trabajo semanal	Recursos de Mano de obra	Numérica		MS Project, Excel Power Bi
		Recursos de Materiales	Numérica		
		Recursos de Equipos	Numérica		
		Análisis de ratios y rendimientos	Numérica		
Plan cumplido	Porcentaje de plan cumplido				
Razones de no Cumplimiento	(PPC)	Numérica			
	Sectorización y Tren de actividades	Nominal			

Nota. Elaboración propia

En la Tabla 5, se muestra la variable dependiente y sus dimensiones, indicadores, unidades de medida e instrumentos utilizados para su correcta medición.

Tabla 5*Variable dependiente*

Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Instrumentos
V2: Productividad de del sistema de abastecimiento de agua	Actividades ejecutadas	Trabajo contributivo (TC),	Nominal	Procesamiento de datos en Excel
		Trabajo no contributivo (TNC)	Nominal	
		Trabajo productivo (TP)	Nominal	
Productividad en Mano de Obra	Productividad en Mano de Obra	Cantidad de horas hombre	Numérica	Registro diario de insumos
		Índice de Curvas	Numérica	
		PPC		

Nota. Elaboración propia

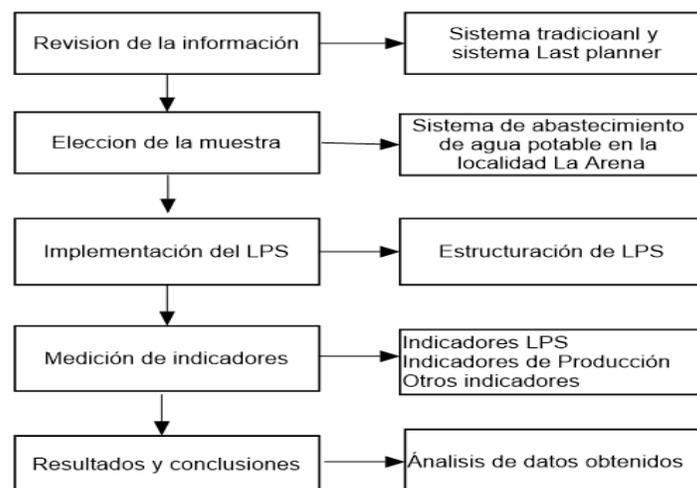
CAPÍTULO IV. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Diseño de Ingeniería

El diseño de ingeniería propuesto en el estudio se compone de cinco etapas esenciales. La Figura 8 ilustra el flujo de trabajo del diseño de ingeniería. La primera etapa comprende a la revisión de la información, seguida por la elección de la muestra que será los sistemas de abastecimiento de agua potable en la localidad La Arena. En la tercera etapa, se lleva a cabo la Implementación del LPS en todos sus procesos estructurales. La cuarta etapa implica la medición de indicadores, para lo cual se utilizará los indicadores LPS, indicadores de producción como rendimientos y eficiencia y otros indicadores que permitan garantizar la producción de obra. Finalmente, en la quinta etapa, se realiza un análisis de resultados para evaluar y plantear mejoras.

Figura 8

Flujograma del diseño de ingeniería



Nota. Elaboración propia

4.2.Métodos y Técnicas del Proyecto

4.2.1. Enfoque de la Investigación

Se denomina que una investigación está bajo el enfoque cuantitativo porque se trata de fenómenos que se puedan medir mediante la utilización de técnicas estadísticas con el objetivo de analizarlas, describirlas, explicarlas y predecirlas. (Sánchez, 2019)

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo.

4.2.2. Alcance de la Investigación

Sampieri (2014) menciona que los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.

Según el alcance de la investigación fue descriptivo.

4.2.3. Diseño de la Investigación

Sampieri (2014) indica que “el propósito del estudio no experimental -transversal es describir y proporcionar evidencia de la existencia de la asociación entre las variables, recolectando datos en un tiempo único. Los estudios no experimentales son aquellos que se realizan sin la manipulación de las variables dado que solo se observa el fenómeno para su análisis.

El elemento clave que define a un estudio transversal es la evaluación de un momento específico y determinado de tiempo. (Maguiña et al., 2021)

Por lo tanto, el diseño de investigación fue no experimental de tipo transversal.

4.3.Diseño Estadístico

4.3.1. Población

Para Mohsin (2016) La población son los miembros que cumplen con el criterio particular especificado para una investigación.

La población de estudio fue un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra, y que cumple con una serie de criterios pre determinados (Gómez et al., 2016). La población del presente proyecto de investigación fueron los proyectos de sistemas de abastecimiento de Huamachuco.

4.3.2. Muestra.

Es un subgrupo obtenido del universo o población que los datos recolectados de este deben ser representativos de la población de interés. Este debe definirse y delimitarse con precisión (Hernández et al., 2014).

La muestra estuvo representada por la obra de sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado de La Arena-Huamachuco.

4.4. Técnicas y Herramientas Estadísticas

4.4.1. Técnica para la Investigación

Medina et al. (2023) señalan que la técnica de investigación es un método sistemático utilizado para recopilar y analizar información, con el fin de responder a una pregunta o resolver un problema específico. Así mismo menciona que la técnica de observación permite a los investigadores recopilar información detallada y objetiva sobre comportamientos, actitudes y eventos, en el cual la observación directa, el investigador obtiene la información directamente de la población o sujeto del estudio.

La técnica representativa para la presente investigación fue la observación directa.

4.4.2. Instrumentos para la Investigación

Hernández et al. (2003) señalan que un instrumento de investigación es aquel que permite registrar datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente permitiéndole obtener la información que debe analizar.

Por tal motivo se plantea que los instrumentos que utilizarán son: Informe de productividad de mano de obra (TP, TC, y TNC), fichas de campo, control de hora hombre y control hora máquina, informe de índice de productividad semanal (HH, HM y costos), informes de implementación de Last Planner (PAC Y CNC), informes de avance físico semanal.

Tabla 6

Matriz de Consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Alcance	Técnica e instrumento	Tamaño, muestra ensayos
¿Como influye los indicadores de Last Planner System en un sistema de abastecimiento de agua potable en la productividad respecto a los métodos tradicionales de gestión de proyectos	Analizar el sistema de abastecimiento de agua potable basado en Last Planner System para mejora de la productividad	El análisis de sistema de abastecimiento de agua basado en Last Planner System, mejora significativamente la productividad			
Específicos		Específicos			
¿Cuáles son las causas que generan baja productividad en la planificación ejecución y control de proyectos del sistema de abastecimiento de agua potable?	Evaluar los sistemas de abastecimiento de agua potable basado en Last Planner System en comparación de los métodos tradicionales.	Las causas que generan baja productividad en los sistemas de abastecimiento de agua es el escaso uso de herramienta de planificación y control de proyectos		Fuentes de información Fichas de inspección de campo Informes de implementación de Last Planner (PAC Y CNC), Instrumentos informáticos de procesamiento (Software) (MS Proyect, Excel)	El sistema de Last abastecimiento de agua del caserío La Arena.
¿Como realizar la optimización de los niveles de productividad del sistema de abastecimiento de agua potable mediante Last Planner System?	Optimizar los niveles de productividad del sistema de abastecimiento de agua potable mediante Last Planner System	El análisis de los componentes estructurales del Last Planner System en sistemas de abastecimiento optimiza el nivel de productividad		Fuentes de información Informes de avance físico semanal y mensual Informe de productividad de mano de obra (TP, TC, y TNC) Registro diario de insumos	
¿Cuáles son las posibles propuestas	Plantear mejoras de la	La aplicación de Last Planner		Informe de índice de productividad	

descriptivo

efectivas que permitan la planificación y ejecución System en sistema de	semanal (HH, HM y costos)
planificación, control y seguimiento basado en Last Planner abastecimiento de agua tiene	Control HH y control HM
de sistemas de abastecimiento de System de los sistemas un impacto positivo en los	Informes de Avance Gráficos:
agua potable basado en Last Planner de abastecimiento de cumplimientos de plazo y	
System? agua potable. costo del proyecto.	

Nota. Elaboración propia

CAPÍTULO V. DESARROLLO EXPERIMENTAL

5.1. Descripción del Proyecto

5.1.1. Ubicación Geográfica

El área del proyecto se encuentra ubicada en la zona norte del Perú, en la región La Libertad, en la provincia de Sánchez Carrión, en el distrito de Huamachuco, aproximadamente a 3300 m m.s.n.m a 18 km de la ciudad de Huamachuco, el sistema de abastecimiento de agua potable se encuentra ubicado en el centro poblado La Arena.

5.1.2. Alcance del Proyecto

El proyecto contempla la construcción del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable que incluye la instalación del sistema de agua de consumos que se explican a continuación:

El proyecto del sistema de agua de consumo está compuesto por diferentes sistemas, los sistemas involucrados en el proceso son: sistema de captación, filtración, tratamiento PTAP, bombeo, almacenamiento y distribución.

A. Sistema de Captación

Contempla la construcción de captación de agua para el posterior procesamiento y abastecimiento a los sectores involucrados. Se construirá una captación de concreto de tipo Ladera, con la finalidad de recibir el flujo de agua proveniente del manantial que actualmente viene descargando sobre la superficie como escorrentía natural.

B. Sistema de Filtración

Se realizará la construcción de dos filtros lentos de arena con capas internas de material filtrante variado para purificar el agua cruda y permitir su operación de mantenimiento en serie o paralelo según sea necesario.

C. Sistema de Tratamiento

Se plantea el diseño e instalación de una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP), para un flujo de procesamiento en función a los caudales de abastecimiento requeridos, para los sectores de La Pampa, El Centro y La Perdiz del caserío La Arena. De acuerdo a lo indicado en la ingeniería de detalle, el flujo total para la dotación del caserío La Arena será de 1,75 l/s a 2.2 L, valor que fue base de cálculo para los componentes de la PTAP.

D. Sistema de bombeo

Es necesario construir el sistema de bombeo hasta el reservorio destinado al almacenamiento y posterior abastecimiento de los tres sectores conformantes del caserío La Arena. Dicho sistema está integrado por los siguientes componentes: tanque de succión para bombeo de agua tratada, bomba centrífuga, línea de bombeo (piping) hacia reservorio, tanque de succión para bombeo de agua tratada,

El sistema de tuberías de bombeo hasta el reservorio, conducirá el agua tratada mediante una línea de impulsión y posteriormente mediante líneas de gravedad abastecerá a los tres sectores del caserío La Arena. La línea de conducción estará conformada por una tubería de acero al carbono Schedule 80, de 2.5" de diámetro, con una longitud aproximada de 1 200 m. El desnivel entre puntos es de 320 m, desde la estación de bombeo (3 220 msnm) hasta la plataforma del reservorio (3 540 m).

E. Sistema de Almacenamiento/Distribución

Se definió la construcción un reservorio de concreto armado con capacidad para 65 m³ a una altitud de 531 msnm para garantizar el suministro de agua a tres sectores. Se utilizará una línea de aducción inicial de HDPE de 3" y 1,200 m de longitud para abastecer los sectores de La Pampa y El Centro con un caudal promedio de 0.95 l/s.

- Líneas de aducción: El sistema de almacenamiento contará con líneas de aducción que llevarán las aguas tratadas hasta los usuarios finales, según los siguientes tramos:
- Línea de conducción Esta línea de conducción estará conformada en su tramo inicial por una tubería de material de HDPE, la cual tendrá un diámetro de 3" con longitud de aproximadamente 1 200 m, la misma conducirá un caudal promedio de 0.95 l/s, que es el flujo total requerido para abastecer a los sectores de La Pampa y El Centro.

5.2.Sistema tradicional Vs Last Planner System

Las obras de construcción de sistema de abastecimiento de agua potable tienen varios contratiempos durante su tiempo de ejecución. Existen distintos factores que pueden afectar el avance y cumplimiento de metas, las causas por la cual no se concluyen los proyectos de sistema de abastecimiento de agua desde su fase inicial hasta su ejecución lo que permitió buscar información de diferentes autores.

A través de una búsqueda bibliográfica exhaustiva, se recopiló datos relevantes sobre proyectos de sistemas de abastecimiento de agua y otros campos relacionados. Estos datos se han utilizado

para sustentar y respaldar las comparaciones y evaluaciones realizadas. Por lo cual generamos una tabla de las causas más comunes en el sistema tradicional y como Last Planner System actúa frente a estas causas, en función a esto se detalla lo que se realizó:

Para la evaluación de Last Planner System se ha elaborado una matriz cualitativa respecto a las causa, efecto y productividad de Last Planner System, para ello se ha considerado las variables alcance, tiempo, plazo, desperdicios, metas y estimación de la productividad, con una búsqueda bibliográfica en función a los sistemas de abastecimiento de agua y otros relacionados a lo mismo. Esta matriz permite visualizar cómo Last Planner System responde a cada causa y cómo influye en la productividad general del proyecto.

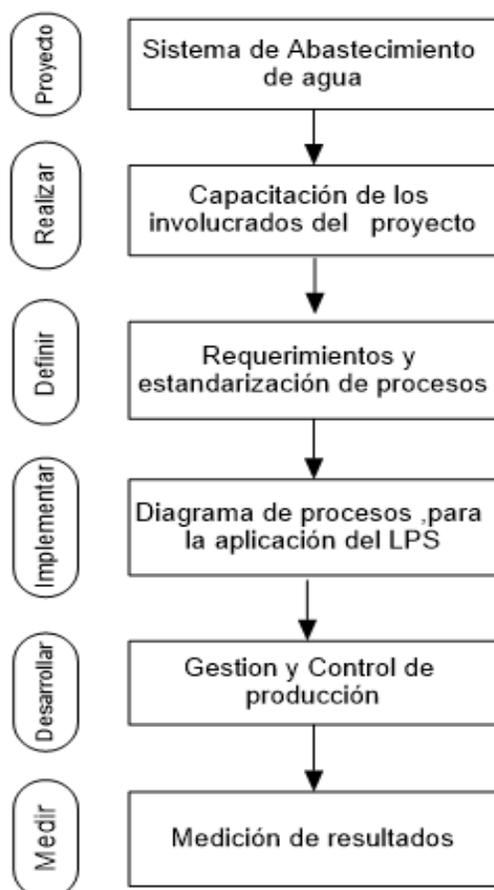
5.3.Desarrollo y aplicación de Last Planner System

Para comprender cómo se llevó a cabo la implementación de la aplicación, se presenta un flujograma que resume los pasos definidos que se elaboró para la metodología de implementación en el proyecto de sistema de abastecimiento de agua como caso de estudio de la presente tesis.

El objetivo es proporcionar una visión general del proceso de implementación que se muestra la siguiente figura:

Figura 9

Implementación de Last Planner System en sistemas de abastecimiento de agua



Nota. Elaboración propia

Se planteó una nueva metodología para la implementación de Last Planner Sytem. Para lo cual se elaboró el diagrama de flujo de sistema de abastecimiento de agua basado en Last Planner System. Se desarrolló un diagrama de flujo que abarcó desde definir el alcance, elaborar el plan maestro, plan de hitos, planificación intermedia, plan semanal. Para medir los indicadores de producción se utilizó la métrica del Porcentaje de Plan Cumplido (PPC), con un análisis de Causas de No Cumplimiento –(CNC).Para realizar el análisis de mano de obra se clasificó el trabajo en categorías distintas: Trabajo Productivo(TP), Trabajo Contributivo(TC) y Trabajo No Contributivo (TCN).

5.4.Fortalecimiento de la eficiencia de Last Planner System

Para ello se describieron los obstáculos que se ha tenido en obra durante la implementación actual de Last Planner System en el proyecto de sistema de abastecimiento de agua de la Arena

Este análisis permitió identificar los desafíos específicos que surgen en la implementación actual del Last Planner System y proporcionará una base sólida para la comprensión de las áreas de mejora y fortalecimiento necesarios.

Esta información fue fundamental para plantear las bases de una comprensión más profunda de las áreas que requieren mejoras y fortalecimiento. Al identificar estos desafíos, facilitó la implementación de estrategias que optimizaron el uso del Last Planner System en el proyecto de sistemas de abastecimiento de agua.

CAPÍTULO VI. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Resultados

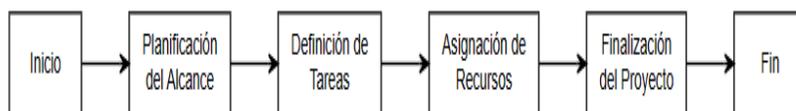
6.1.1 Evaluación del Método Tradicional y Last Planner System.

6.1.1.1 Método Tradicional

El método tradicional consiste una secuencia de procesos y procedimientos para la planificación construcción de estructuras civiles en particular. En la Figura 10, se reflejó el flujograma del método tradicional de sistema de abastecimiento de agua potable de la localidad de la Arena.

Figura 10

Diagrama de procesos de Sistema tradicional



Nota. Elaboración propia

En la Tabla 7 se muestra las causas, efectos y productividad que se ha identificado en el método tradicional de sistema de abastecimiento de agua potable

Tabla 7

Causa efecto, productividad de Sistema tradicional

Causas	Efectos	Productividad
Escaso personal de profesionales, máximo 3	Incapacidad o imposibilidad de control de actividades	Mínima
Tiempo rígido	Parcial reducción de costos	Mínima
Falta de análisis de restricciones	Incumplimiento de actividades, retraso en tiempo	Mínima
Carencia de plantillas sistemáticas	Omitir información de seguimiento en obra	Mínima
Falta de comunicación con los proveedores	Vulnerabilidad a fluctuaciones.	Mínima
Desviaciones en rendimiento de obra	Incumplimiento de plazos	Mínima

Poca importancia a la programación
y control

Costos imprevistos

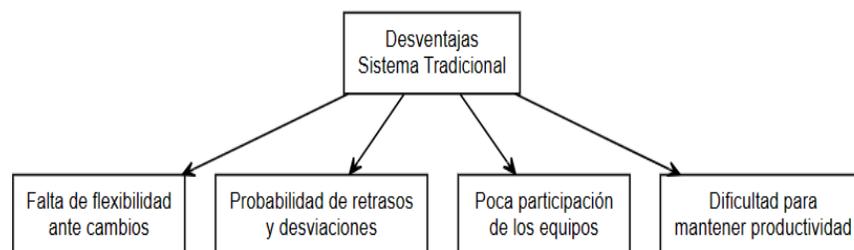
Mínima

Nota. Elaboración propia

En la Figura 11, se refleja las desventajas significativas que se han identificado en el método tradicional.

Figura 11

Desventajas del sistema tradicional



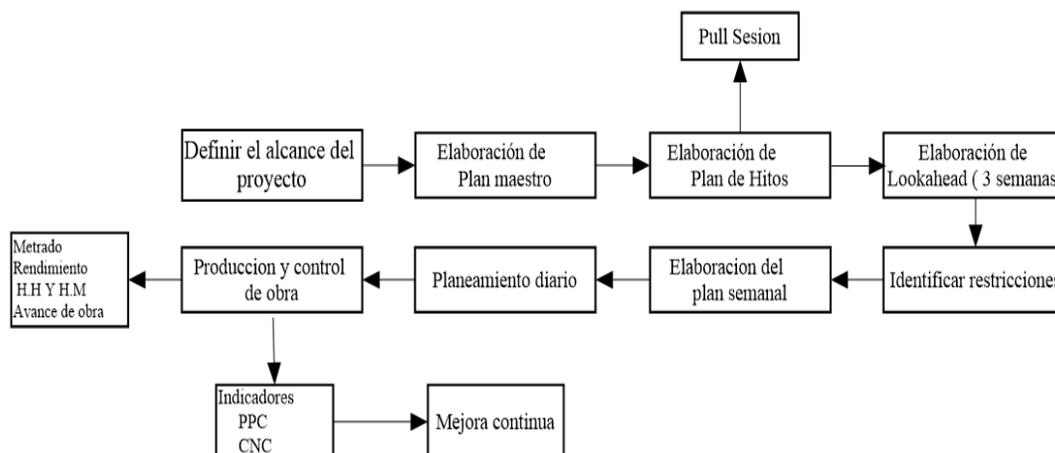
Nota. Elaboración propia

6.1.1.2 Last Planner System

El método Last Planner System consiste una secuencia de procesos y procedimientos para la planificación construcción de estructuras civiles en particular, en la Figura 12 se reflejó el flujograma de Last Planner System del bastecimiento de agua potable de la localidad de la Arena.

Figura 12

Diagrama de procesos de Last Planner System



Nota. Elaboración propia

En la Tabla 8 se muestra las causas, efectos y productividad que se ha identificado con el método de Last Planner System en sistemas de abastecimiento de agua potable.

Tabla 8

Causa efecto, productividad de Last Planner System

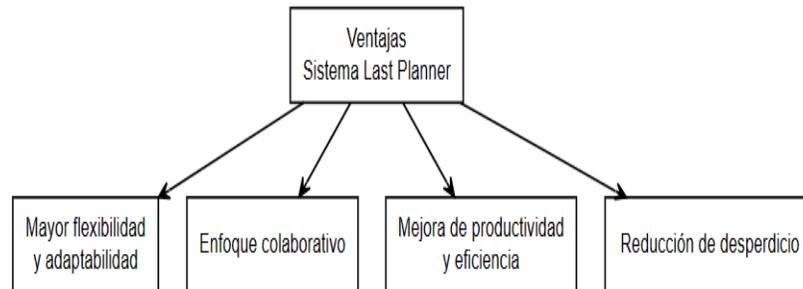
Causas	Efectos	Productividad
Profesionales capacitados, 8 profesionales	Control de actividades	Alta
Tiempo dinámico	Reducción de costos	Alta
Análisis detallado de restricciones	Cumplimiento de plazo	Alta
Plantillas sistemáticas de programación y control	Información real de seguimiento	Alta
Comunicación y coordinación con los proveedores	Optimización de tiempo en la llegada de materiales	Alta
Cumplimiento de los rendimientos	Cumplimiento de plazos	Alta
Enfoque de programación y control	Control en el avance de obra	Alta

Nota. Elaboración propia

En la Figura 13, Se refleja las ventajas significativas que se han identificado en el método Last Planner System.

Figura 13

Ventajas del método Last Planner System



Nota. Elaboración propia

En la Tabla 9 se refleja una matriz cualitativa del método tradicional y Last Planner System.

Tabla 9*Matriz cualitativa del sistema tradicional de proyectos vs LPS*

	Tradicional	Last Planner System	Desarrollo	Comparación
Profesionales asignados a la programación y ejecución	Ing. Residente Ing. Campo	Ing. Residente, jefe de Oficina Técnica Jefe de Calidad, Jefe de SSOMA, administración Jefe de Producción	Ing. Residente, jefe de oficina técnica, control de proyectos, jefe de calidad, jefe de SSOMA, jefe de producción, jefe de logística, administración y asistentes	En el método tradicional se asigna un número de profesionales reducida la cual no cumple en su totalidad con los resultados. Por otro lado, con Last Planner System, se enfatiza la planificación colaborativa y la asignación adecuada de recursos
Alcance	El alcance del proyecto tiende a definirse de manera más rígida y estática desde el inicio del proyecto	Se fomenta la participación activa de los equipos de trabajo y los interesados en la definición del alcance y entregables	Se desarrolló la planificación maestra, planificación colaborativa	Facilita la adaptación del alcance a medida que el proyecto avanza ya que comprende las necesidades y expectativas de todas las partes involucradas que realizan una planificación conjunta para reducir tiempos
Programación	La programación semanal de actividades se da sin un análisis detallado de restricciones	Utiliza la planificación maestra, colaborativa e intermedia (Lookahead) para realizar la programación detectando restricciones	Se desarrolló la planificación intermedia (Lookahead), 3 week y plan semanal para realizar las programaciones y análisis de restricciones	La planificación tradicional es poco realista ya que no considera los factores críticos mientras la programación de Last Planner System permite un análisis exhaustivo de restricciones para eliminarlas
Utilización sistemática de plantillas	Plantillas tradicionales en Excel sin detalles	Plantillas sistemáticas de detalle diario, semanales, control de producción	Se adoptó y se estandariza las plantillas para un mayor control de obra	Tener plantillas estandarizadas permite un mejor control y seguimiento de obra
Proveedores	Los proveedores son entidades externas que	Se integran al equipo de proyecto y colaboran activamente en la planificación y ejecución del mismo	Se mantuvo comunicación y coordinación entre los proveedores y equipo del	El aporte de los proveedores es fundamental para determinar los tiempos y recursos necesarios para cumplir con las actividades planificadas.

	suministran materiales, equipos y servicios		proyecto, para atender las necesidades del proyecto	
Rendimientos	Rendimientos del presupuesto	del	Seguimiento del rendimiento real de obra	Se registró el rendimiento diario de obra y se evaluó las restricciones de avance
				El enfoque colaborativo del Last Planner System permite una mayor comprensión y análisis de los obstáculos para mejorar rendimientos diarios de obra
Control de avance	Se asigna poca importancia a la programación semanal	Control semana al	para detectar restricciones y actividades no realizadas	Control diario
				A diferencia del sistema tradicional Last Planner System facilita la toma de decisiones permitiendo una dirección más eficiente de obra

Nota. Elaboración propia

6.1.2 Optimización de la productividad

Mediante el análisis de la implementación de Last Planner System se logró desarrollar los componentes estructurales del Last Planner System lo que permitió identificar áreas de mejora como optimización de recursos, tiempo, eficiencia y aplicar aprendizajes en futuros proyectos.

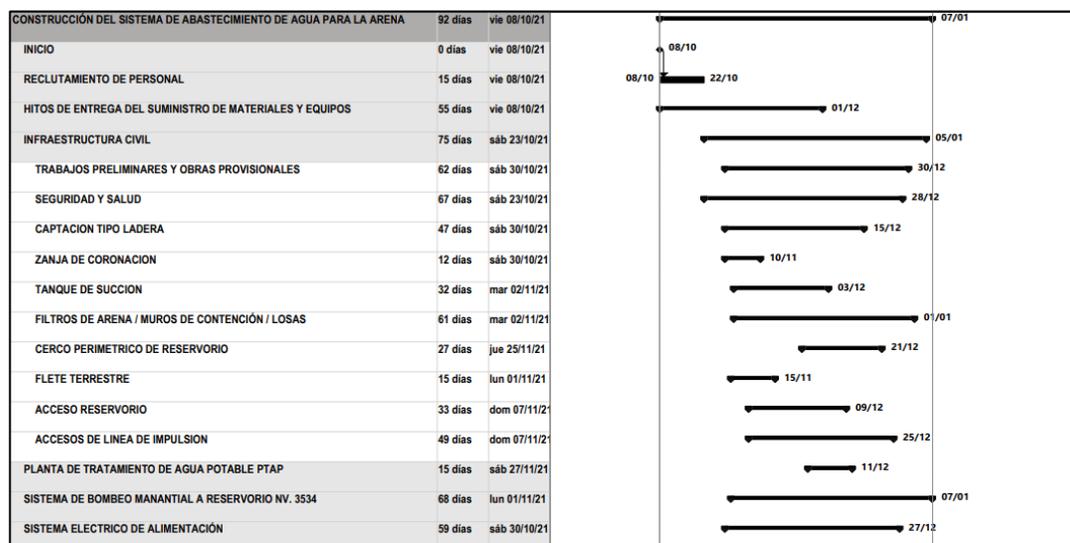
6.1.2.1 Plan maestro

Se elaboró el cronograma de obra del proyecto donde se identificó los hitos del proyecto por cada etapa. PTAP, sistema de Bombeo, Sistema de Almacenamiento y distribución.

Se logro armar la programación de obra del proyecto de sistema de abastecimiento de agua donde se identifica los hitos del proyecto por cada etapa. El plan maestro inicial se desarrolló según alcance y metas del proyecto. A continuación, se llevó a cabo una reunión inicial para identificar las actividades de la ruta crítica. Posteriormente, se establecieron la secuencia y dependencia de las actividades, definiendo sus sucesoras y predecesoras. Luego, se procedió a estimar las duraciones y recursos necesarios para cada actividad. Finalmente, se creó el cronograma inicial de obra tras una revisión exhaustiva mediante la planificación colaborativa, la planificación maestra fue aprobada y aceptada por el equipo del proyecto y las partes interesadas. Esta programación permitió obtener un cronograma para las dos etapas del proyecto que fue realizado en Ms project.

Figura 14

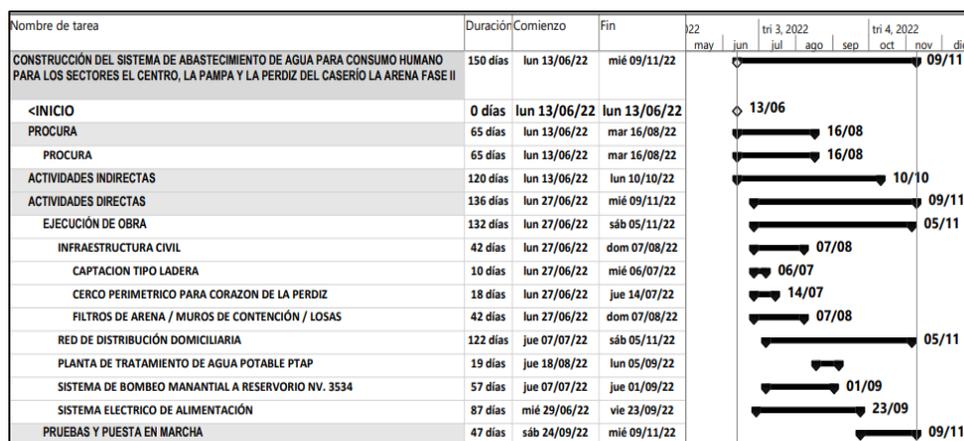
Plan Maestro final Etapa 1



Nota. Elaboración propia

Figura 15

Plan Maestro Etapa 2



Nota. Elaboración propia

6.1.2.2 Plan de fases o planificación colaborativa

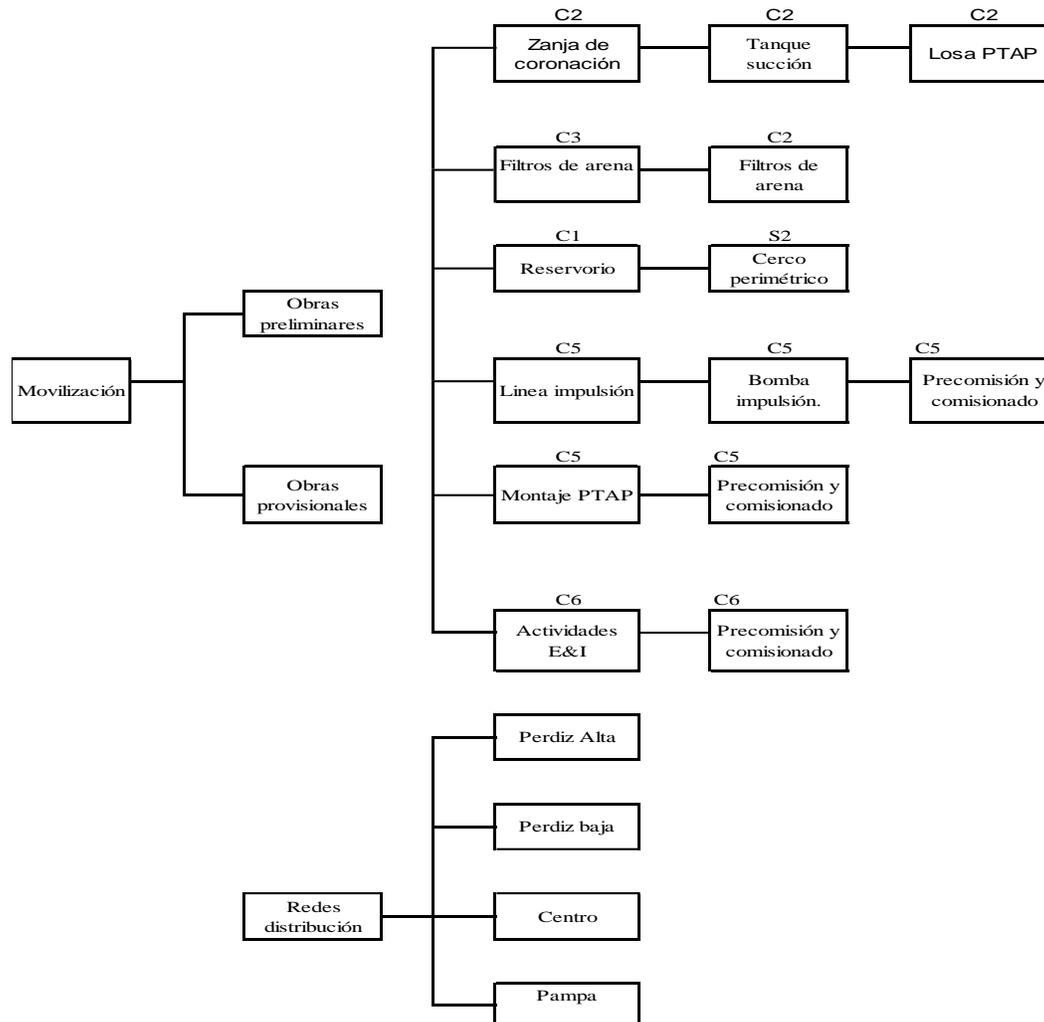
Como inicio se elaboró la estructura organizacional del proyecto para asegurar que todos los involucrados asuman responsabilidades y compromisos asegurando el equipo de trabajo para obtener un flujo de comunicación y asignar responsabilidades. Para ello cada uno de los involucrados fueron registrados en un organigrama, estableciendo un flujo de comunicación.

Una vez establecido la estructura organizacional, se designó al facilitador, que actuó como el responsable de control de proyectos y desempeñó el papel de monitor y guía en las sesiones de planificación. Se definió la programación con los entregables del proyecto, de esta manera, se establecieron paquetes de trabajo esenciales y adecuados para la ejecución de las secuencias de actividades de los procesos establecidos en la gestión del cronograma.

Luego, se asignaron responsabilidades al miembro del equipo de obra para cada actividad, identificando un responsable para cada tarea. Durante el proceso, se revisó y definió el plan colaborativo junto con el equipo de trabajo, realizando ajustes en función de la retroalimentación recibida. Finalmente, se obtuvo la aprobación final del plan colaborativo por parte del equipo del proyecto, siendo el responsable de control de proyectos el encargado de presentar la última planificación.

Figura 16

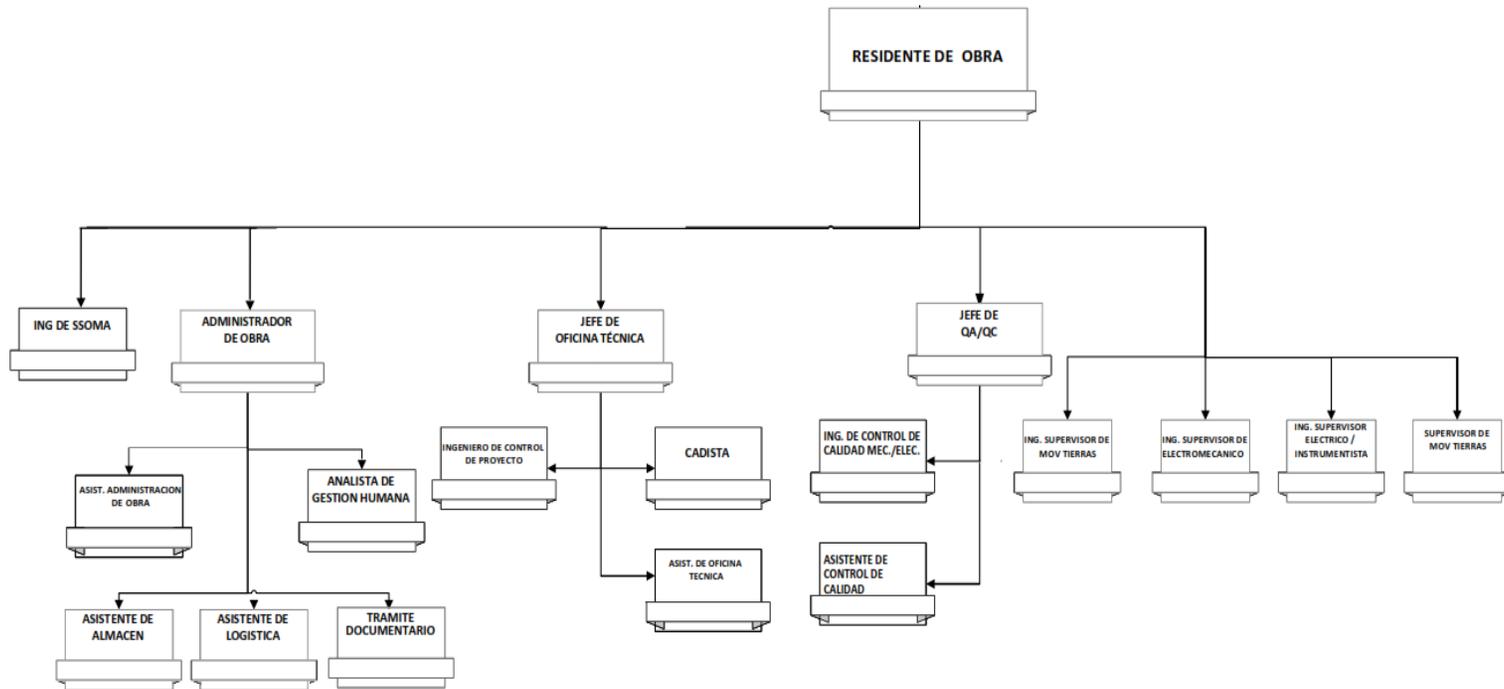
Entregables del proyecto del Sistema de Abastecimiento de agua potable



Nota. Elaboración propia

Figura 17

Organigrama de obra



Nota. Elaboración propia

a) Sesión Pull

Como primeros planificadores se realizó una reunión Pull con todo el equipo de trabajo para compartir opiniones, elaborando el plan de fases donde todos los involucrados residentes de obra, administrador, jefe de calidad, jefe de oficina técnica, área de logística, jefe de seguridad, supervisores de campo, supervisor de equipos y asistentes de todas las áreas integradas.

Se reunió al equipo del proyecto para discutir y definir las fases y actividades principales del proyecto.

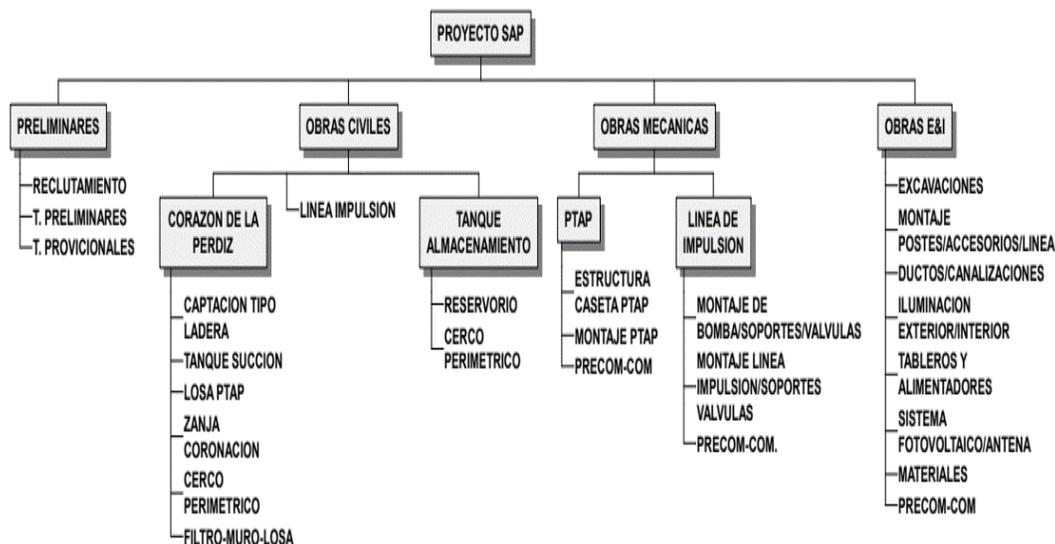
Se elaboró la estructura de desglose de trabajo (EDT) que se generó con la descomposición de paquetes de trabajos o entregables vinculados a los procesos constructivos. De esta manera, se establecieron paquetes de trabajo esenciales y adecuados para la ejecución de las secuencias de actividades de los procesos establecidos en la gestión del cronograma. En tal sentido se establecieron entregables por cada disciplina.

Durante el proceso, se revisó y definió el plan colaborativo junto con el equipo de trabajo, realizando ajustes en función de la retroalimentación recibida. Finalmente, se obtuvo la aprobación final del plan colaborativo por parte del equipo del proyecto, siendo el responsable de control de proyectos el encargado de presentar la última planificación.

Este enfoque se adoptó permitió fomentar la discusión, compartir perspectivas y asignar responsabilidades para las diversas partidas a ejecutar. Como resultado de este proceso colaborativo, se ha logrado establecer una estructura de desglose eficiente, representada visualmente en la Figura 18, que se generó por la descomposición vinculada a cada disciplina.

Figura 18

Estructura de desglose de trabajo (EDT)



Nota. Elaboración propia

Dentro de este marco, se establecieron entregables concretos para cada disciplina que participó en el proyecto, y se procedió a asignar los recursos requeridos para garantizar la ejecución adecuada de las tareas planificadas.

b) Sectorización de trabajo

El proyecto de sistema de abastecimiento de agua se dividió en dos etapas basados en la construcción de los elementos civiles del sistema de abastecimiento de agua y la distribución de líneas de abastecimiento de agua. (Ver anexo 2)

Tabla 10

Etapas del proyecto del sistema de abastecimiento de agua potable, La Arena

Sectorización	Descripción
Etapa 1	Muro de Contención N°1, N°2, N°3 y N°4, filtros, tanque succión, captación tipo ladera, zanja de coronación, cerco perimétrico en captación, losa PTAP, caseta PTAP, reservorio, línea de impulsión

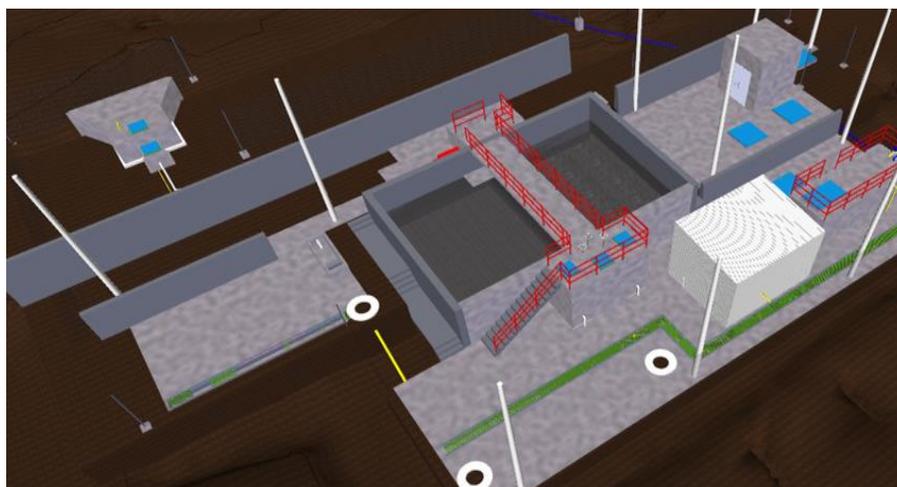
Etapa 2	Red de distribución domiciliaria, montaje mecánico en PTAP, instalaciones eléctricas e instrumentación, prueba de sistema de bombeo, puesta en marcha
---------	---

Nota. Elaboración propia

En la figura 19 se observa los elementos que comprende la ejecución de la etapa 1 y en la figura 20 lo correspondiente a la etapa 2.

Figura 19

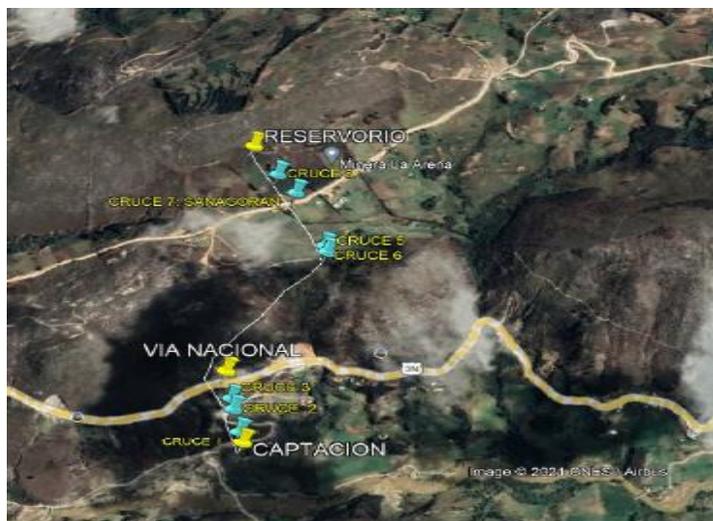
Sectorización de trabajo: Etapa I - Construcción de las estructuras civiles



Nota. Elaboración propia

Figura 20

Sectorización de trabajo: Etapa 2



Nota. Elaboración propia

c) Tren de actividades

Para que los procesos detallados en el plan de fases se desarrollen sin problemas el quipo asignara cargas de trabajo, generando cuadrillas de operaciones como se muestra en la Tabla 11. Se analizó los metrados y rendimiento de obra del presupuesto costo, para si aprovechar en aumentar los tiempos y rendimientos de trabajo, en tal sentido la estructuración de todos los procesos productivos de la obra resultó de adelantar la finalización de las entregas previstas.

Para generar las cuadrillas de trabajo se analizó los metrados y rendimiento de obra del presupuesto costo, para si aprovechar en aumentar los tiempos y rendimientos de trabajo. Mediante la asignación de cuadrillas los procesos productivos se llevaron a cabo de manera continua con un ritmo constante de producción se analiza rendimiento de obra diaria por cada entregable asignado, y se registra en el reporte diario de avance

Tabla 11

Asignación de cuadrilla por cada entregable y proceso de fase

Código	Cuadrillas	Cantidad
C1	Cuadrilla 1 (captación, reservorio)	10
	Capataz civil	1
	Topógrafo	1
	Oficial movimiento tierras	1
	Oficial obras civiles	1

	Operador de eq. pesado.	1
	Operario movimiento tierras	1
	Operario obras civiles	1
	Peones	3
C1	Cuadrilla 2 (zanja coronación/tanque/losa/línea impulsión).	16
	Capataz civil	1
	Topógrafo	1
	Oficial movimiento tierras	2
	Oficial obras civiles	2
	Operador de equipo pesado.	1
	Operario movimiento tierras	2
	Operario obras civiles	2
	Peones	5
C3	Cuadrilla c3 (filtros de arena).	15
	Capataz civil	1
	Topógrafo	1
	Oficial movimiento tierras	2
	Oficial obras civiles	2
	Operador de equipo pesado.	1
	Operario movimiento tierras	2
	Operario obras civiles	2
	Peones	4
C5	Cuadrilla c4 (obras mecánicas).	19
	Capataz civil	1
	Topógrafo	1
	Armador	2
	Inspector nivel 2	1
	Mecánico 1a	1
	Montajista	2
	Operador de grúa	1
	Rigger	1
	Soldador	1
	Soldador 1a 6g	2
	Tubero 1a	2
	Ayudantes	4
C6	Cuadrilla c5 (obras e&i).	16
	Capataz e&i	1

Topógrafo	1
Electricista 1a	2
Instrumentista 1a	2
Oficial electricista	2
Operario electricista	2
Ayudantes	4
Operador de grúa	1
Rigger	1

Nota. Elaboración propia

Mediante la asignación de cuadrillas los procesos productivos se llevaron a cabo de manera continua con un ritmo constante de producción se analiza rendimiento de obra diaria, en la cual se expone a detalle los trabajos a ejecutar a toda la línea de mando:

- La primera cuadrilla destinado a la construcción de obras civiles de la captación y reservorio.
- La segunda cuadrilla estar destinado a la construcción de zanja coronación, tanque succión, losa PTAP y trabajos de la línea impulsión.
- La tercera cuadrilla estar destinado a la construcción de los 2 filtros de arena correspondiente a las obras civiles en captación.
- La cuarta cuadrilla destinado a las obras mecánicas en captación, reservorio, línea de impulsión, línea de distribución.
- La quinta cuadrilla destinado a las obras eléctricas e instrumentación en captación, reservorio línea de impulsión, línea de distribución.
- La quinta cuadrilla estar destinado a la construcción de los 2 filtros de arena correspondiente a las obras civiles en captación.

6.1.2.3 Lookahead

Para comenzar con la implementación de la Planeación Intermedia se generó la plantilla del lookahead, lo cual el intervalo de tiempo fue de tres semanas (3 week) (Anexo 1).

Se procedió a desglosar las actividades del cronograma maestro con el fin de establecer el Lookahead para las primeras 3 semanas.

En la primera ventana listamos las actividades que se están llevando a cabo según la planificado.

Aquí se detallaron las actividades que se ejecutarán durante la presente semana. Las cuales se analizan antes de ingresar a la semana siguiente, proyectándonos a la planificación de la semana N°3 con dos semanas de anticipación para realizar la gestión de restricciones que implica la validación del producto y aseguramiento de los procesos para que puedan ejecutarse las tareas de dicha semana.

En la ventana N°2 se alistan las actividades que están programadas para comenzar después de la semana actual y antes de la tercera semana a ejecutar en la presente semana.

En la ventana N° 3 las actividades que están programadas para comenzar después de la segunda semana y hasta la finalización del período de tres semanas. Estas ventanas aseguran un flujo continuo en la ejecución de las actividades semanales al mismo tiempo nos permitió anticipar los recursos necesarios para su ejecución.

A) Metrados

Los metrados programados fueron prorrateados en todas las semanas de acuerdo al “plan mensual” y se consideró los metrados teóricos de oficina técnica. Los metrados reales se calcularon semanalmente en base a cada proceso ejecutado, utilizando un formato de producción diaria.

El formato fue completado por los jefes de producción y supervisores de campo de cada frente de trabajo. Estos registros fueron revisados por los responsables de producción y oficina técnica; finalmente consolidados por el área de control de proyectos.

Adicionalmente al formato original del lookahead planning viene acompañado del análisis de restricciones, se usa un formato que denominamos lookahead de obra, en este formato se integra el lookahead planning con el análisis de restricciones. Para lo cual se usó la Plantilla de Análisis de restricciones (Ver anexo 2).

En el proceso de “Preparar el Trabajo” o “Make Ready” se identificaron y gestionaron las restricciones asociadas a las actividades.

B) Análisis de restricciones

La evaluación de restricciones es una parte integral y podemos considerarla como la herramienta que le da significado al Lookahead. Sin este enfoque, el Lookahead sería simplemente una programación intermedia sin la capacidad de formar una barrera que proteja al proyecto de los efectos de la variabilidad del entorno contribuyendo en la confiabilidad de los procesos de planificación y programación. En consecuencia, se logró listar las restricciones identificadas en obra con la cual se llevó un control diario y se realizó el seguimiento de obra. Cada tipo de

Nota. Elaboración propia

Con los compromisos registrados se procedió a dar seguimiento al cumplimiento y levantamiento de la restricción en la última columna se coloca el estado en que se encuentra, si se coloca “Cumplido” damos por finalizado el compromiso para luego ser liberada. (Anexo 3).

6.1.2.4 Plan semanal

Una vez que se han levantado las restricciones identificadas en la etapa previa, se determinó las tareas viables y se programó en un plan semanal.

Se elaboró el plan de trabajo comprometido con actividades específicas y metas cuantitativas claras. La ventana a planificar fue de una semana, donde se asignó los recursos necesarios para su ejecución, teniendo en cuenta rendimientos los rendimientos teóricos contractuales. De esta manera, se establecieron los compromisos de producción para la semana.

Se creó el Plan Semanal después de haber establecido la programación lookahead, lo que permitió una evaluación precisa de los avances semanales. (Ver anexo 4)

El encargado de producción asumió la responsabilidad de crear el plan semanal, el cual detalla los trabajos a realizar diariamente, teniendo en cuenta las cuadrillas y las áreas de progreso en las que se trabajarán. Para lograr esto se evaluó las restricciones que se debían liberar, de modo que se obtuvo frentes de trabajo.

En este proceso, se programaron los frentes de trabajo correspondientes para su ejecución, enfocándonos en abordar específicamente las áreas de trabajo planificadas y asignando recursos de manera eficiente en función a la programación y planificación del proyecto.

En la Tabla 14 se detallan los frentes de trabajo del proyecto en el cual se enlistaron 10 frentes de trabajo.

Tabla 14

Frentes de trabajo

Frente	Zona
Frente 1	Captación, filtración, PTAP filtración, PTAP y tanque Succión
Frente 2	Línea de Bombeo
Frente 3	Tanque de almacenamiento zona alta
Frente 4	Línea de distribución la perdiz baja
Frente 5	Línea de distribución la perdiz alta
Frente 6	Línea de distribución el Centro.
Frente 7	Línea de distribución la Pampa.
Frente 8	Acceso de ingreso a frente 2 y frente 4
Frente 9	Instalación de cajas de agua perdiz alta-perdiz baja
Frente 10	Instalación de cajas de agua-pampa-centro

Nota. Elaboración propia

Asimismo, se realizaron reuniones de planificación detallada con el equipo para garantizar una comprensión completa de las tareas y compromisos, lo que contribuyó al control de las actividades programadas de cada semana planificada. El siguiente paso fue la gestión de campo para el cumplimiento de esta planificación semanal. Con el fin de lograr un control más efectivo, se asignó los recursos necesarios para su ejecución, teniendo en cuenta rendimientos adecuados. Para lograr un control eficiente de los recursos, se adquirió la información necesaria sobre las cantidades de materiales, la disponibilidad de mano de obra y la asignación de equipos requeridos para la ejecución de las tareas planificadas. De esta manera, se establecen los compromisos de producción para la semana.

A. Materiales

Para tener un mayor control se registró semanalmente el consumo de materiales mediante fecha de ingreso y salida, y para el control semanal se considera las salidas de materiales según la fecha de corte y su correspondiente fase o centro de costo. La información del Kardex de obra fue proporcionada por el área de almacén. (Ver anexo 5)

B. Mano de obra Mano

Se logró realizar y cuantificar la cantidad del personal operativo para el proyecto presentada en la Tabla 15. El control del personal operativo donde figuran la categoría y especialidad de cada persona, así como el costo y horas de trabajo fue controlado por el área de administración y recursos humanos.

Tabla 15*Personal operativo*

PERSONAL OPERATIVO		
1 ETAPA	Máx	46
	Mín	24
	Promedio	35
2 ETAPA	Max	55
	Min	21
	Promedio	38

Nota. Elaboración propia**C. Equipos**

El control de horas maquina se obtiene del cálculo de los horómetros de maquinaria. El cálculo es el siguiente

Horómetro final -Horómetro Inicial

Se logró generar la planilla para el cálculo de horas máquinas de los equipos Cisterna y Carmix, retroexcavadora para el control y seguimiento de obra (Anexo 6). Como ejemplo detallaremos el cálculo de horas máquina de la retroexcavadora correspondientes al mes de noviembre de la etapa 1

Tabla 16*Cálculo de horas de la retroexcavadora*

Fecha	Horómetro inicial	Horómetro final	Horas
09/11/2021	2206.3	2213.4	7.1
10/11/2021	2213.4	2222.3	8.9
11/11/2021	2222.3	2228.8	6.5
12/11/2021	2228.8	2231.6	2.8
13/11/2021	2231.6	2238.2	6.6
14/11/2021	2238.2	2238.2	0
15/11/2021	2238.2	2245.2	7
16/11/2021	2245.2	2253.8	8.6
17/11/2021	2253.8	2263	9.2
18/11/2021	2263.0	2270.7	7.7

19/11/2021	2270.7	2278.6	7.9
20/11/2021	2278.6	2287.6	9
21/11/2021	2287.6	2295.2	7.6
22/11/2021	2295.2	2295.2	0
23/11/2021	2295.2	2295.2	0
24/11/2021	2295.2	2304.5	0
25/11/2021	2304.5	2311.5	7
26/11/2021	2311.5	2317.4	5.9
27/11/2021	2317.4	2322.6	5.2
28/11/2021	2322.6	2322.6	0
29/11/2021	2322.6	2329.9	7.3
30/11/2021	2329.9	2337.3	7.4
Total		121.7 horas	

Nota. Elaboración propia

De esta manera la productividad se expresará en un/HM, La cantidad de horas máquina (HM) consumidas por un determinado equipo de producción directa.

Por lo cual como resumen presentamos el control de horas de equipos en la siguiente tabla:

Tabla 17

Resumen de horas máquina obras civiles

EQUIPO	HM
Retroexcavadora	379
Cisterna	81
Carmix	78

Nota. Elaboración propia

Mediante el registro se alcanzó un nivel óptimo de supervisión de las horas de operación de las máquinas, las cuales quedaron debidamente consignadas en el formato de registro de equipos. Esta responsabilidad de llevar a cabo dicha actividad fue delegada al encargado del control de equipos

D. Subcontratos:

Comprendió la cantidad de avance del subcontratista, esto si aplica el registro de acuerdo al proceso a controlar

Así se registró semana a semana todos los costos incurridos como el avance ejecutado de la semana.

5.4.1.1. Plan diario

Con el fin de mejorar el control de la información adquirida durante el trabajo de campo, resultó fundamental llevar a cabo un seguimiento detallado del cumplimiento del plan diario en ejecución. Esto permitió generar una evaluación al final de cada semana para medir y perfeccionar el desempeño en la realización de tareas en las semanas subsiguientes.

A. Daily report (Reportes diarios)

El Ingeniero Residente y el Ingeniero de Control de Proyectos llevaron un registro detallado de las labores realizadas a diario. Esto se tradujo en la obtención de los "Daily Report," que se incorporaron como un componente integral de la producción diaria (Ver anexo 6). Los reportes diarios ayudan a gestionar el plan diario para, así poder indicar en las reuniones diarias donde se expondrán el avance diario. A partir de los datos registrados del reporte diario se generaron los reportes semanales, proyectando visualizaciones y cuadros de resumen para el aprendizaje y mejora continua de la gestión del proyecto. Para un control específico de las tareas se tendrá reuniones diarias y semanales.

B. Reuniones diarias.

Durante las reuniones diarias se aseguró el cumplimiento de los estándares establecidos tomando medidas inmediatas a través de un plan de acción cuando se identificaron los problemas. Se realizó la reunión diaria con todo los involucrados para establecer compromisos confiables. Medimos los rendimientos diarios de obra, según el plan semanal, con lo que se logró hacer las reuniones diarias para informar los sucesos en campo, analizar las restricciones, así poder medir la producción diaria.

C. Rendimientos

Los rendimientos de obra se establecen por cada partida, el ingeniero supervisor correspondiente a la disciplina que ejecuta evalúa los rendimientos diarios de obras que son contrastados al final del día con los reportes diarias elaborado por el área de oficina técnica, es importante hacer el seguimiento. En tal sentido se obtuvieron los rendimientos generales que se tenía que considerar

para su control y seguimiento en obra y no tener menos producción de los establecido (Ver anexo 7).

D. Reuniones semanales.

Las reuniones semanales permitieron la óptima asignación de recursos y la constante evaluación de su rendimiento mediante el índice de confiabilidad del plan semanal. Esta estrategia redujo los incumplimientos. En la reunión semanal se obtuvo el PPC por semana, lo cual permitió su seguimiento y control. Así mismo se revisó las causas de no cumplimiento con sus respectivas acciones correctiva.

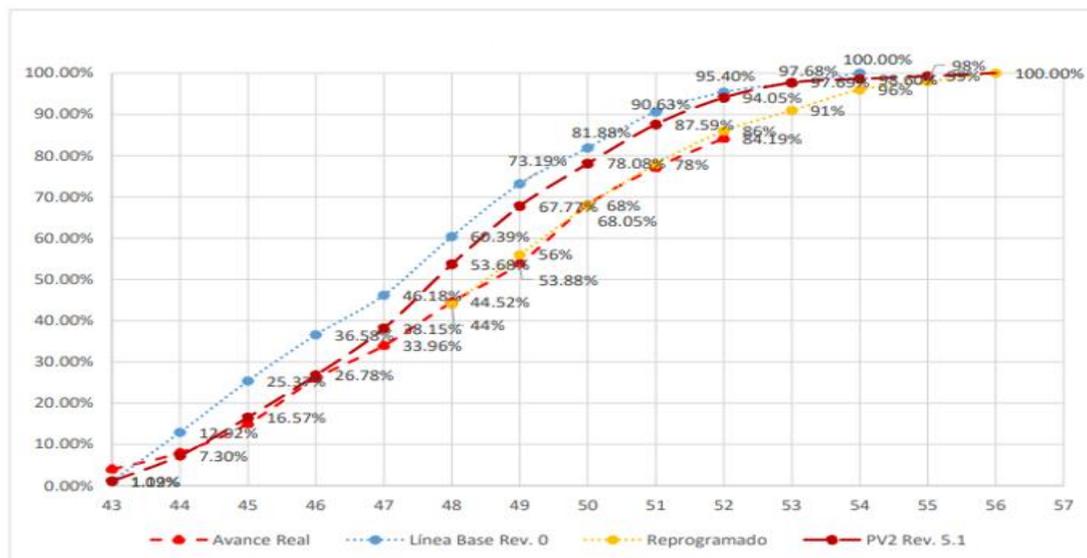
5.4.1.2. Producción diaria y semanal

Se obtuvieron los metrados diarios de avance de obra estos son ingresados dentro del plan semanal de obra para así poder evaluar con la curva S el porcentaje de avance de cada semana.

Para un control específico de las tareas se realizó reuniones diarias y semanales donde se evaluó los avances como resultado se logró con la Curva S.

Figura 21

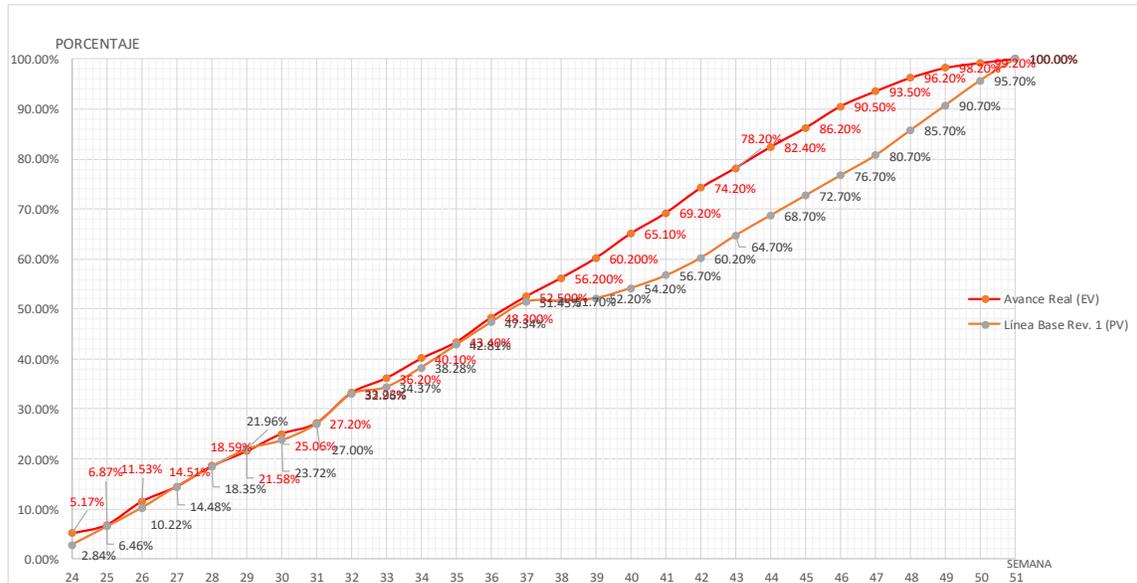
Curva S del proyecto, etapa 1



Nota. Elaboración propia

Figura 22

Curva S del proyecto etapa 2



Nota. Elaboración propia

6.1.2.5 Medición de Indicadores y aprendizaje

A. Porcentaje de Actividades Completadas (PPC)

Al concluir el ciclo, se llevó a cabo un análisis para determinar el grado de cumplimiento de los compromisos asumidos utilizando un indicador denominado PPC (Porcentaje del Plan Completado).

Para obtener el PPC se dividió el número de tareas comprometidas que se completaron entre el número total de tareas comprometidas planificadas para la ventana de tiempo evaluada.

$$PPC = \frac{N^{\circ} \text{ de tareas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de tareas programadas en plan semanal}}$$

Semanalmente se midió el PPC para las dos etapas del proyecto

Tabla 18

Porcentaje de actividades completadas

Descripción	Semanas
-------------	---------

		Actividades Programadas	Actividades Programadas	No Actividades Completadas	% Semanal	PPC	
Etapa 1	43	17	3	14	82%		
	44	18	3	15	83%		
	45	18	3	15	83%		
	46	19	3	16	84%		
	47	19	3	16	84%		
	48	21	3	18	86%		
	49	21	3	18	86%		
	50	22	2	20	91%		
	51	22	2	20	91%		
	52	23	2	21	91%		
	53	18	2	16	89%		
	54	17	2	15	88%		
	Etapa 2	24	20	4	16	80%	
		25	20	2	18	90%	
26		20	4	16	80%		
27		21	4	17	81%		
28		21	3	18	86%		
29		21	2	19	90%		
30		19	2	17	89%		
31		19	3	16	84%		
32		19	2	17	89%		
33		19	2	17	89%		
34		19	2	17	89%		
35		19	2	17	89%		
36		19	2	17	89%		
37		19	2	17	89%		
38	19	2	17	89%			
39	20	2	18	90%			
40	15	2	13	87%			
41	14	2	12	86%			
42	15	2	13	87%			
43	16	2	14	88%			
44	15	2	13	87%			
45	16	1	15	94%			
46	16	1	15	94%			

47	15	2	13	87%
48	14	2	12	86%
49	10	1	9	90%
50	10	1	9	90%
51	9	1	8	89%
% PPC acumulado				87%

Nota. Elaboración propia

Según el análisis de los resultados en la anterior tabla se utilizó gráficos tablas para visualizar los datos de manera efectiva (Ver anexo 8).

B. Índices de productividad

Para el cálculo de otros indicadores de producción se contempló las partidas con mayor incidencia en el proyecto los cuales son el habilitado de acero, encofrado, concreto, instalación de tubería HDPE, para ello se utilizó la herramienta carta balance el tiempo de diagnóstico fue de 1 hora mediante el control de índices de productividad según tiempo productivo (TP), tiempo contributorio (TC) y tiempo no contributorio (TCN). Los siguientes resultados se detallan en la Tabla 19.

Tabla 19

Porcentaje de actividades completadas

Medición de actividades productivas					
	Actividades	Med inicial		Med. después de implementar	
TP	Habilitado de acero	10.000%		16.000%	
	Vibrado de concreto	18.000%	48%	10.000%	62%
	Excavación de zanja	10.000%		21.000%	
	Tendido de tuberías	10.000%		15.000%	
TC	Transporte de materiales	10.000%		20.000%	
	Limpiar zona de trabajo	5.000%	20%	0.000%	28%
	Mediciones	5.000%		8.000%	
TCN	Esperar mixer	12.000%		3.000%	
	Trabajo rehecho	10.000%	32%	2.000%	10%
	Imprevisto de materiales	10.000%		5.000%	

Total

100%

100%

Nota. Elaboración propia

Al inicio del diagnóstico las actividades productivas reflejaban un trabajo productivo TP= 48%, trabajo contributorio TC=20% y un trabajo no contributorio TNC=32%. Esta distribución inicial evidenciaba desafíos en la gestión de la productividad del proyecto que indicaron que había problemas de control de productividad en el proyecto generalmente por falta de coordinación del área técnica. Permitiendo analizar la eficiencia de la productividad y medirla implementado Last Planes System que dio como resultado el incremento en TP en 14%, TC en 18% y el TNC se redujo en un 12%. Estos resultados demostraron una eficiencia productiva, alcanzando un trabajo productivo de 62% clasificándolo como “Muy buena”.

Así mismo los indicadores permitieron el cumplimiento de las actividades programadas. El PPC no se mantuvo constante a lo largo de la ejecución del proyecto, sino que experimentó un aumento significativo a medida que avanzaban las semanas. Esto se debió a que se logró un mayor control sobre las actividades mediante un monitoreo constante y seguimiento, gestión de la planificación, comunicación efectiva, aprendizaje continuo y compromiso

C. Razones de no cumplimiento

Para identificar las causas de no cumplimiento se realizó efectuando los siguientes pasos:

- Identificación: Según el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC), se identificaron las actividades de no cumplimiento
- Análisis de causa raíz: Se analizaron las razones detrás del no cumplimiento, para lo cual se aplicó la metodología de la mejora continua los 5 porque
- Seguimiento y mejora continua: Realizar un seguimiento continuo para evaluar la efectividad de las acciones correctivas y mejorar el proceso.

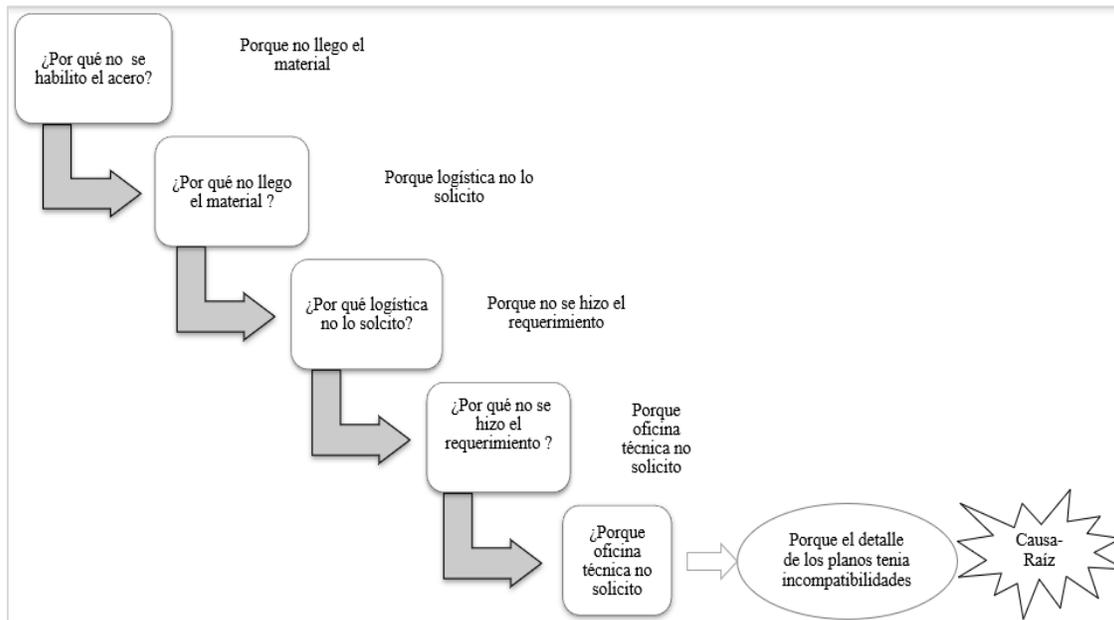
Para identificar las causas de no cumplimiento se utilizó la técnica de los 5 porque, para la resolución práctica y rápida de los problemas.

Como parte de las reuniones semanales, para identificar causas raíz se identificó los planes de acción a partir de la clasificación de los 5 por qué, contando con una retroalimentación semanal.

En la Figura 23 se muestra el flujograma de la mejora continua a través de los 5 porque en relación a los inconvenientes que se tuvo en campo en lo que refiere a la partida de habilitación de acero.

Figura 23

Flujograma de los “5 Por qué” de las incompatibilidades de planos



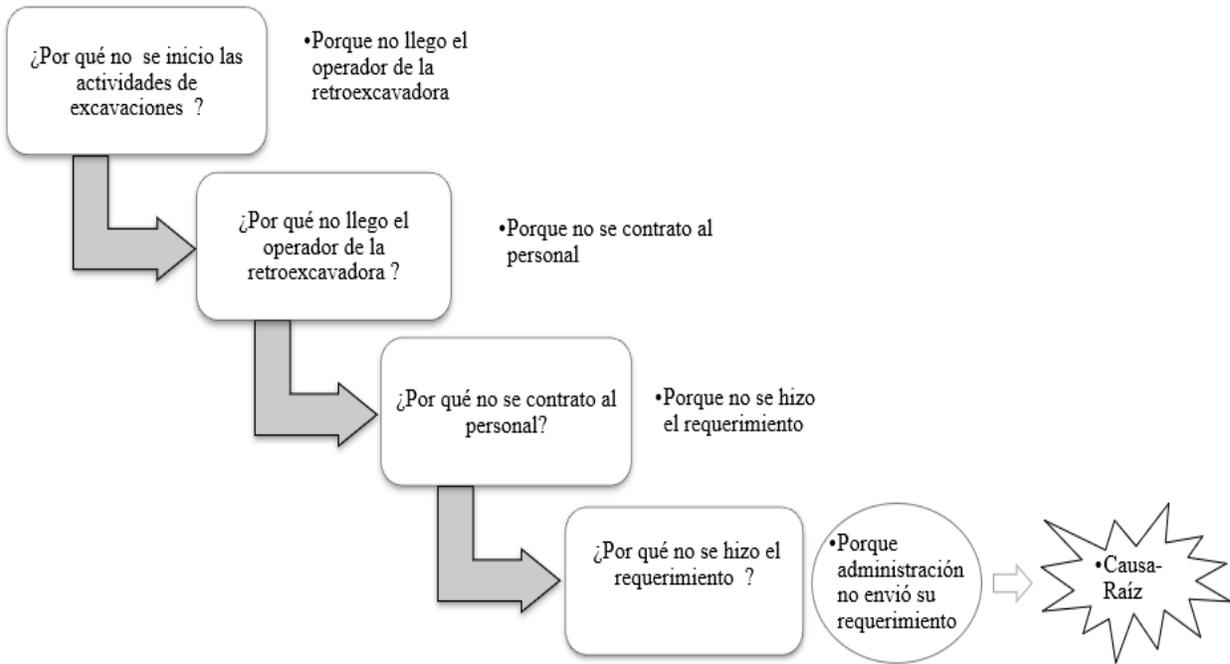
Nota. Elaboración propia

Se logró analizar la causa-raíz, lo cual permitió que cualquier incompatibilidad de ingeniería en planos, se mande RFI (Solicitud de Información) a la supervisión, estableciendo un flujo de comunicación entre supervisión y contratista.

En la Figura 24 se muestra el flujograma de la mejora continua a través de los 5 por qué referente a los inconvenientes sobre la contratación del personal en obra.

Figura 24

Flujograma de los "5 Por qué" de contratación de personal



Nota. Elaboración propia

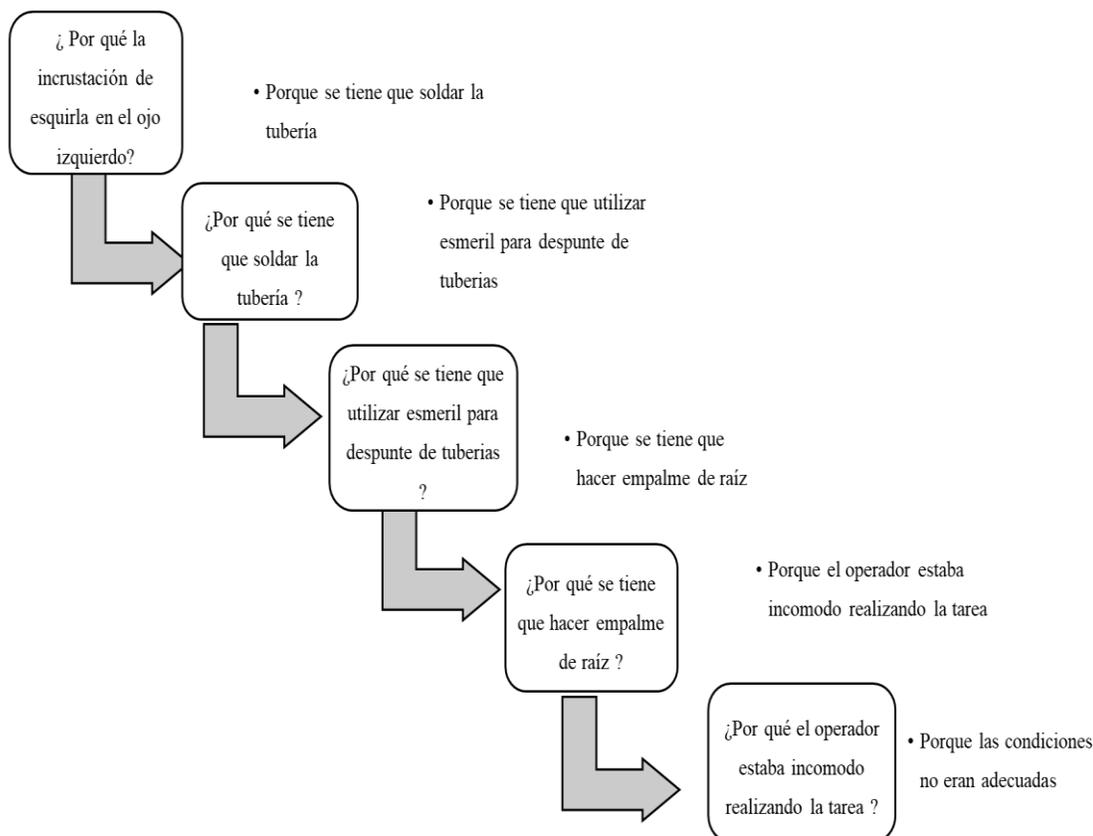
Una vez identificada la causa -raíz se estableció que cada área era responsable de hacer sus requerimientos, en tal sentido lo que refiere a contratación de personal era encargado el área de Administración, los materiales y equipos son responsables el área de logística con coordinación con producción y revisados por oficina técnica.

En la Figura 25 se muestra el flujograma del análisis causa raíz mediante la herramienta de los 5 por qué, para identificar los inconvenientes de un incidente suscitado en obra permitiendo corregir las prácticas en tema de seguridad que retrasaban la producción diaria.

Figura 25

Flujograma de los “5 Por qué” incidente de obra

Nota. Elaboración propia



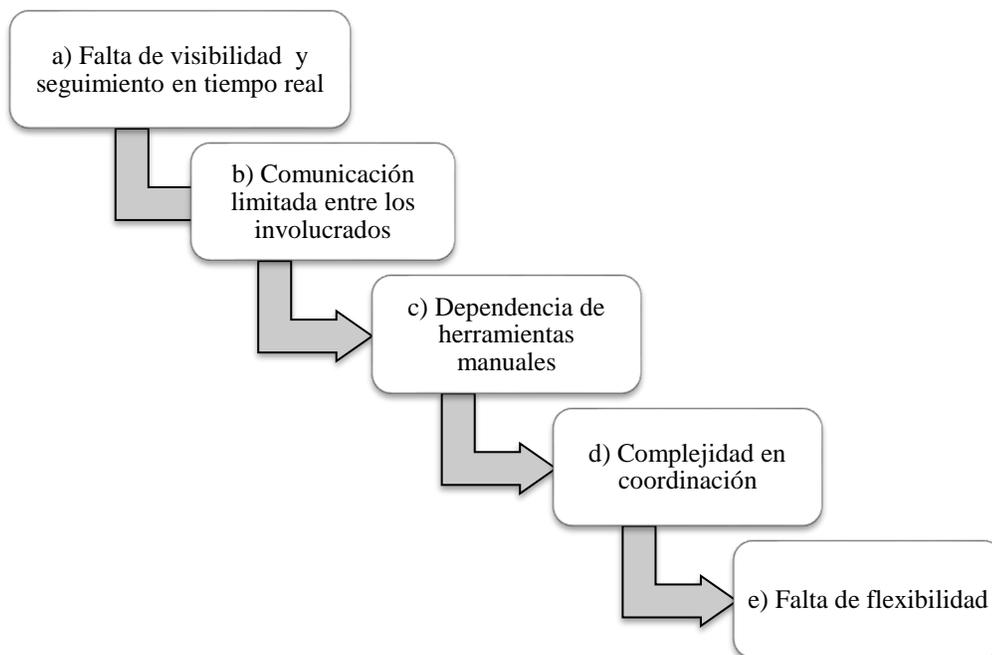
Nota. Elaboración propia

Esta práctica buscó aumentar la eficiencia de la producción, impulsando una colaboración efectiva entre los equipos y la adaptabilidad en la ejecución del proyecto. Las etapas clave involucraron la identificación y priorización de problemas, la implementación de acciones correctivas y preventivas, el seguimiento constante. Logrando alcanzar el objetivo del 100% de actividades completadas en el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) . Lo cual fomentó una mentalidad de mejora continua en cada uno de los stakeholders del proyecto, reflejadas como una cultura de aprendizaje constante.

6.1.3 Mejora de planificación y ejecución

6.1.3.1 Debilidades de Last Planner

Se mencionan las debilidades encontradas a medida que se iba ejecutando el proyecto en el sistema de abastecimiento de agua potable de la localidad de la Arena.

Figura 26*Debilidades de Last Planner System*

Nota. Elaboración propia

En la Tabla 20 se muestra las debilidades que se encontró en cada proceso.

Tabla 20*Problemas frecuentes del proceso constructivo de sistema de abastecimiento de agua*

Problemas	Descripción
Actualización de información	Malas coordinaciones de los planos actualizados en obra en la construcción de reservorio, filtros
Poca verificación de los trabajos en tiempo real	Dificultad en verificar trabajos en tiempo real de las obras civiles obstaculiza efectividad de Last Planner.
Coordinaciones con el cliente	

Coordinaciones deficientes como permisos de trabajo para ejecutar las actividades de vertido de concreto, habilitado de acero de tanque succión, y filtros

Limitaciones de Coordinación en Reuniones de Trabajo Restricciones de pandemia limitaron reuniones, así mismo la distancia de obra y las oficinas principales dificultó encuentros efectivos.

Nota. Elaboración propia

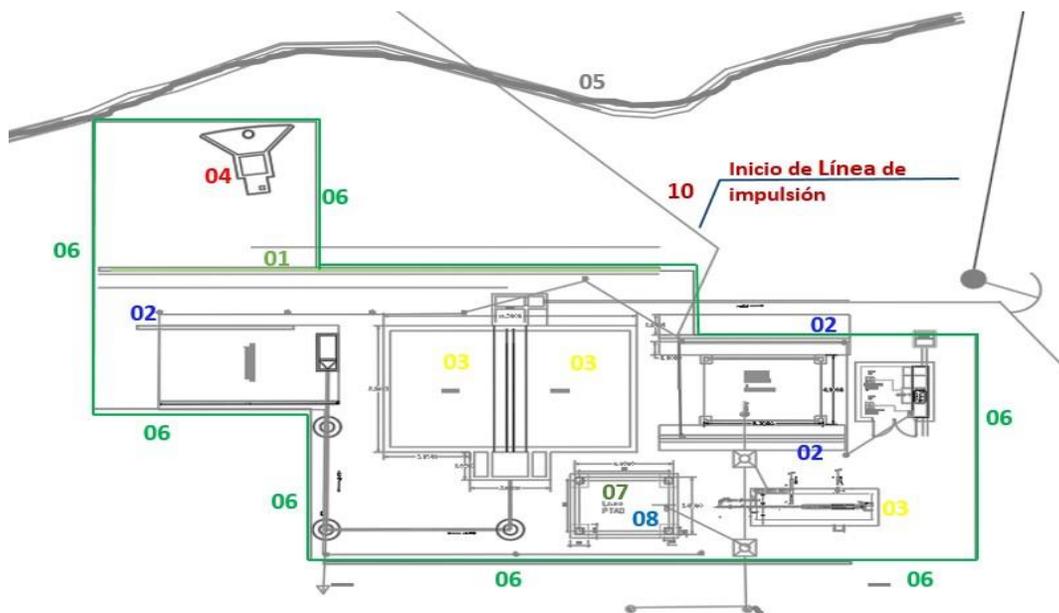
Estas limitaciones representaron desafíos significativos que afectaron la planificación y ejecución del proyecto lo que permitió listar debilidades frecuentes en campo. A continuación, se describen cada debilidad encontrada.

a) Visibilidad y Seguimiento en Tiempo Real

Se identificó una limitada visibilidad y seguimiento en tiempo real de las actividades. La falta de una herramienta centralizada para visualizar el progreso y la programación actualizada de tareas dificultaba la toma de decisiones ágiles y la detección oportuna de desviaciones en el plan. En las primeras semanas para las construcciones de obras civiles, se tenía un detalle de planos en 2D.

Figura 27

Detalle de planta del sistema de captación



Nota. Elaboración propia

La construcción contempló:

- 01: Muro de Contención N° 1
- 02: Muro de contención N°2, N°3 y N°4
- 03: Filtros y Tanque succión
- 04: Captación tipo Ladera
- 05 zanja de coronación
- 06: Cerco perimétrico en Captación
- 07: Losa PTAP
- 08: Caseta PTAP

A inicios del proyecto se empezó por la construcción de obras civiles la cual la información estaba fragmentada y dispersa solamente en planos 2D, dificultando la comprensión integral del estado del proyecto. El control de actividades en las obras civiles propiciaba la aparición de brechas en la comunicación, dificultando la comprensión integral del estado del proyecto por lo que el personal directo de obra tenía dificultades sustanciales en la transmisión fluida de la información de los planos.

Para abordar este desafío, se exploró la adopción de plataformas digitales que permitió el monitoreo continuo de las actividades en ejecución en tiempo real.

b) Comunicación

Se presentaron instancias de desalineación en la ejecución de las actividades. Esta limitación en la comunicación ocasionó dificultades en la en la sincronización de modificaciones de planos. La ausencia de un medio ágil y unificado para transmitir y compartir las actualizaciones de planos entre equipos y disciplinas generó obstáculos en la comunicación efectiva impactando en la toma de decisiones y en la identificación temprana de desviaciones lo que llevo a reprocesos.

c) Herramientas manuales

La dependencia en herramientas manuales surgió debido a limitaciones de la entrada manual de datos propensa a errores. El riesgo de errores humanos es probable que sucede ya sea por el registro de un mal dato en campo o también por la dependencia de herramientas tradicionales que generó dificultades en la generación de informes y en la evaluación del progreso del proyecto.

En tal sentido se optó que el avance del proyecto por el uso de herramientas de seguimientos como son los softwares de Gestión de Proyectos: Excel, Microsoft Project por lo que se tuvo que

registrar y compartir la información diariamente por ello se optó reuniones diarias donde participan todos los involucrados, se registraron los datos con la participación de todo el equipo, incluimos también el maestro de obra, capataces por cada disciplina. Sin embargo, esta información tiene que ser llevada a campo en tiempo real por lo que optó mejorar con uso con herramientas digitales que permitieran el seguimiento de las actividades.

d) Coordinación interdisciplinaria

La interacción entre diversas disciplinas como ingeniería civil, mecánica, eléctrica e instrumentación ha tenido un impacto en la ejecución del proyecto. Las actividades de estas diferentes disciplinas están intrínsecamente interrelacionadas y dependen mutuamente para avanzar de manera efectiva.

En la coordinación entre el equipo de ingeniería civil, y el equipo de control de calidad en la inspección de estructuras fue deficiente a inicio de obra. Algunas de las consultas no se llegaron a absolver ya que no se actualizaba la información de los planos de obra, lo cual había incompatibilidades en la ejecución de proyectos ya sea por falta de planos actualizados, no considerar la red line de obra o cuando había modificaciones del cliente.

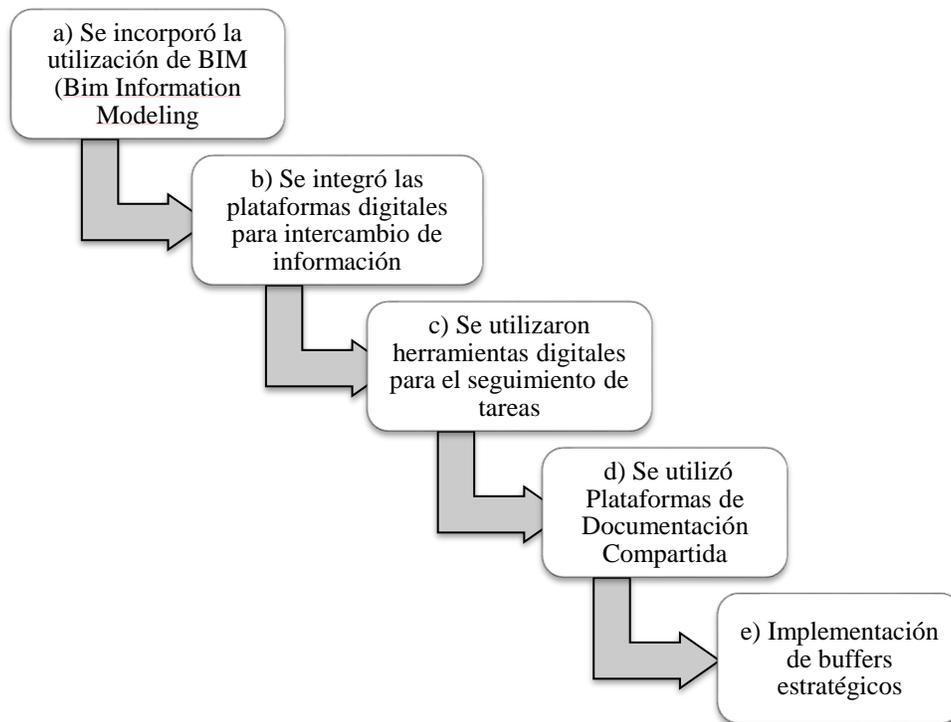
En este contexto, se evaluó como la adopción de herramientas digitales influyeron en la actualización de los datos ingresados, ya que cada disciplina depende de la otra. Este análisis permitió identificar los desafíos específicos que surgen en la implementación actual del Last Planner System y proporcionará una base sólida para la comprensión de las áreas de mejora y fortalecimiento necesarios. A través, de estas debilidades que surgieron al adoptar el Last Planner System en proyectos de abastecimiento de agua potable y se propuso soluciones dirigidas a abordar estos desafíos de manera efectiva.

6.1.3.2 Mejoras de procesos de Last Planner System

Por lo cual se logró plantear estrategias de mejora para estas debilidades mencionadas lo cual se muestra en la siguiente figura:

Figura 28

Mejora de los procesos de planificación, ejecución y control



Nota. Elaboración propia

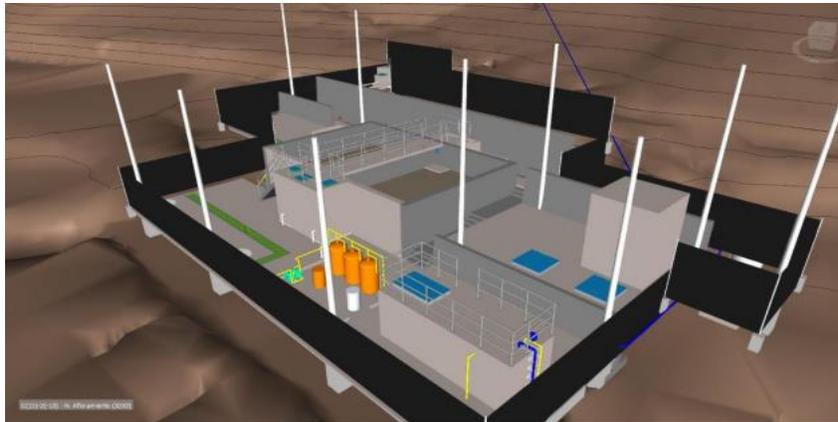
a) Incorporar la utilización de BIM (Building Información Modeling)

Lo cual para abordar este desafío de la Falta de visibilidad y seguimiento en tiempo real se integró Building Information Modeling (BIM) como solución. Esta integración permitió mejorar la visibilidad general y la toma de decisiones informadas a su vez acceder a información actualizada y detallada sobre el proyecto en todas sus etapas.

En la Figura 29 se aprecia el modelo 3D del proyecto correspondientes a los alcances de sistema de Captación, Tanque succión, filtros, Losa PTAP, Losa de lavado de arena, Muro de contención, cerco perimétrico.

Figura 29

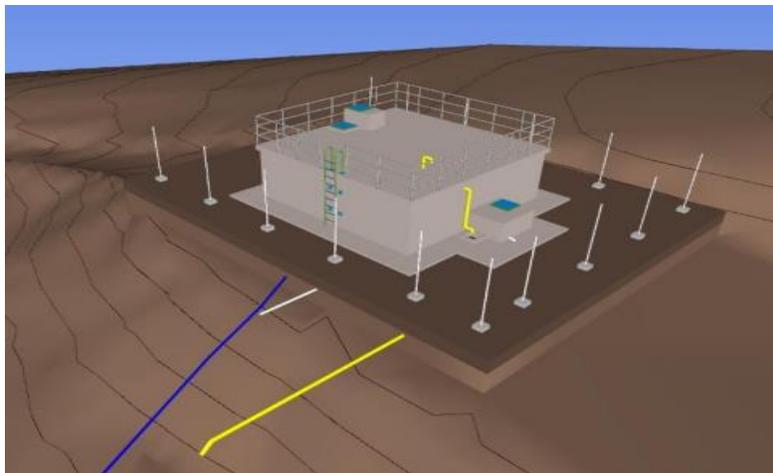
Modelado 3D del proyecto “Sistema de abastecimiento de agua de La Arena”



Nota. Elaboración propia

Figura 30

Modelado 3D del reservorio



Nota. Elaboración propia

Integración de plataformas digitales para comunicación colaborativa

Al ver el problema ocurrido frecuentemente en campo se utilizó las Plataformas de Documentación Compartida, se utilizó los servicios en la nube para compartir y acceder a documentos relevantes, asegurando que todos los miembros del equipo estén al tanto de la información más reciente.

Además, se integró las plataformas digitales de intercambio de información utilizado herramientas de videoconferencias (Zoom, Microsoft Teams). Así mismo para la comunicación colaborativa se

empleó aplicaciones de mensajería instantánea como WhatsApp, se crearon grupos de trabajo para actualizarla información.

Estas herramientas permitieron establecer un medio centralizado y eficiente para compartir y actualizar los planos de manera colaborativa estableciendo una comunicación fluida y efectiva entre equipos y disciplinas. La integración de estas herramientas agilizó la comunicación en los tiempos de respuesta mediante la detección temprana de discrepancias, asegurando que todos los involucrados cuenten con la información actualizada.

b) Herramientas digitales para el registro y seguimiento de tareas

Para el registro de actividades se utilizó plataformas que garantizaron la actualización continua de la información a través de dispositivos móviles y tableros digitales donde se muestre el avance de obra, uso de tabletas para monitorear el progreso de la ejecución con la información actualizada de obra y programas como Fieldwire que permitió a los equipos registrar actividades y mostrar avances de obra directamente desde el sitio de trabajo.

c) Plataformas de documentación compartida

Para superar el obstáculo en la coordinación entre el equipo de ingeniería civil, y el equipo de control de calidad en la inspección de estructuras, se generó una alerta para mejorar la coordinación y asegurar la inspección oportuna, contribuyendo así a una ejecución más fluida y coordinada del proyecto.

Así mismo para la coordinación de las disciplinas civil, mecánica, eléctrica e instrumentación se integraron plataformas de documentación compartida utilizando el Google drive, mega. Estas herramientas permitieron almacenar, compartir y colaborar en planos actualizados de manera efectiva.

d) Implementación de buffers estratégicos

En el proceso de planificación ejecución y control, los equipos identificarían las etapas críticas y las áreas más propensas a desviaciones. Se asignaron buffers estratégicos lo que contribuyó a una gestión más efectiva de los proyectos.

Lo cual se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 21*Identificación de Cuellos de botella y implementación de buffers en el proyecto*

Etapa	Cuellos de botella	Buffers
Ejecución	Preparación de terreno (Movimiento de tierras para iniciar actividades de obras civiles)	Mantener recurso de mano de obra y equipos en caso de imprevistos
Control	Permisos y aprobaciones para la línea de distribución	Contingencia de tiempo
Control	Acceso a Logística (procura de materiales)	Tener una Procura e inventario
Control	Fabricación y entrega de equipos mecánicos para spool de tubería en tanque succión, en la línea de distribución (válvulas, tuberías y conexiones)	Contingencia de tiempo (considerar tiempo de fabricación y entrega)
Control	Integración de componentes mecánicos (en la línea de distribución (válvulas, tuberías y conexiones)	Mantener recurso de materiales
Control	Prolongamiento de prueba de equipos mecánicos, sistema eléctrico	Reclutamiento de personal calificado con experiencia
Ejecución	Cableado y conexiones	Inspección y Control de Calidad
Planificación	Condiciones climáticas	Contingencia de tiempo

Nota. Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. Se demostró que los sistemas tradicionales a menudo presentan baja productividad en términos de flexibilidad, comunicación deficiente, adaptabilidad limitada, flujo interrumpido, desperdicio de recursos, incumplimiento de plazo. En comparación con el enfoque Last Planner System busca abordar la planificación detallada, la colaboración, adaptabilidad de cambios y enfrentar desafíos imprevistos. Lo que conduce a una mejora significativa en la planificación, ejecución y control, gestión efectiva y respuesta ágil. Este análisis permitió evaluar el potencial impacto positivo de Last Planner System en la gestión de proyectos de abastecimiento de agua potable.
2. Se desarrolló un detallado plan maestro que estableció metas, hitos y un cronograma de ejecución de las partidas del proyecto. Al aplicar el plan de fases mediante la reunión de trabajo (Pull Sesión), se logró integrar de manera efectiva las disciplinas civil, mecánica, eléctrica e instrumentación. Lo que resultó en una ejecución más ágil y eficiente de las actividades, garantizando un compromiso sólido por parte de los responsables. La colaboración proporcionó un enfoque de optimización del tiempo requerido que contribuyó a mejorar las fechas establecidas y disminuir la duración del proyecto en un 18% equivalente a 53 días.
3. El plan intermedio lookahead proporcionó una visión proactiva de las actividades futuras, anticipando obstáculos mediante análisis de restricciones. Por lo cual reflejó que las restricciones más comunes se debían a información técnica (35%) por errores de ingeniería inicial. Así mismo conjunto al plan semanal permitió una supervisión rigurosa de índices de productividad, como los tiempos de producción y rendimientos proporcionando un seguimiento y control, logrando mantener a lo largo del tiempo las actividades programadas.
4. Los indicadores de productividad alcanzados fueron el Porcentaje Actividades Programadas (PPC) brindó una visión clara del cumplimiento de las planificaciones, impulsando la eficiencia del proyecto, alcanzando un PPC acumulado de 87%. En ese mismo contexto, se identificaron las áreas críticas para lograr una asignación óptima de recursos, lo que resultó mediante la optimización alcanzar los niveles productivos significativos de TP 62%, TC 28. % y TNC 10%. Así mismo el análisis de causas de no cumplimiento (CNC) permitió un proceso de mejora continua en la ejecución de actividades permitiéndonos abordar los

errores identificados.

5. La integración de tecnologías digitales como el Building Information Modeling (BIM), plataformas digitales para la comunicación colaborativa y documentación compartida, herramientas de registro y seguimiento de tareas optimiza la gestión y control de actividades. Por lo que ofrece una mayor visibilidad, coordinación y eficiencia en las etapas críticas del proyecto. Además, la asignación de buffers estratégicos en estas fases clave ha sido fundamental para una gestión efectiva y la reducción de desviaciones durante la ejecución. Estas mejoras integradas a Last Planner System logró con éxito la ejecución y control de proyectos, generando mejoras significativas en la eficiencia de la producción de sistema de abastecimiento de agua potable.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que es esencial utilizar indicadores como el PPC y las CNC para anticipar y gestionar eficazmente las actividades del proyecto vinculando el PPC con el Lookahead asegurándose de que ambos estén alineados con el cronograma meta del proyecto. Así mismo fomentar sesiones de revisión y lecciones aprendidas al identificar las causas de no cumplimiento, lo que permitirá identificar y corregir desviaciones y optimizar los procesos constructivos de sistemas de abastecimiento de agua potable.
- Se recomienda implementar las reuniones diarias al concluir cada jornada laboral para así no interrumpir en el horario laboral de las actividades programadas. Estas reuniones ofrecen la oportunidad de evaluar en tiempo real los rendimientos diarios, identificar retrasos o disminuciones en la producción y tomar medidas correctivas y preventivas de inmediato.
- Se recomienda realizar un sistema de gestión de datos centralizado y accesible a todas las partes interesadas involucradas, implicando la adopción de tecnologías digitales y herramientas colaborativas que faciliten el almacenamiento, análisis y el intercambio de datos de manera eficiente en tiempo real para los proyectos de sistema de abastecimiento de agua potable.
- Se recomienda que las investigaciones futuras examinen la adopción y efectividad de metodologías ágiles, como SCRUM, estándares del PMI, así como herramientas de valor ganado y otros para cualquier tipo de proyecto de empresas privadas y públicas. Con el fin de generar estudios complementarios para mejorar la productividad en el sistema de abastecimiento de agua potable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. Cvetkovic-Vega, Jorge L. Maguiña, Alonso Soto, Jaime Lama-Valdivia, Lucy E. Correa-López. *Estudios transversales. Rev. Fac. Med. Hum.* Enero 2021; 21(1):164-170. DOI 10.25176/RFMH.v21i1.3069
- Almeida del Savio, A., Suescas, O.F, Isoré, G.F.A. *Productividad en la industria de la Construcción.*
- Alvarez, P.M.A, Soler, M.S, y Pellicer, E.A. (2019) *Una mejora en la planificación de la construcción: el sistema del last Planner System, vol.3 (2), p.60-70.*
- Araoz, C. R .C, Ascue, E. K.J, Llerena, C.R.R, (2018). “*incumplimiento de plazos e incremento de costos en obras por administración directa en la ciudad del Cusco - caso de estudio: nueva sede institucional de la eps sedacusco*”. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Ascue, M.C.V. (2021). *Optimización del tiempo de ejecución del proyecto multifamiliar “baumhaus” mediante el sistema Last Planner en Barranco, Lima 2020.* Universidad Privada del Norte.
- Ballard, G., y Tommelein, I. (2021). *Current Process Benchmark for the Last Planner®System of Project Planning and Control.* Obtenido de Project Production Systems Laboratory:
- Ballard, G.; Howell, G. (1997). *Implementing Lean Construction: Improving Downstream. Lean Construction, 111–125.*
- Ballard, G.; Howell, G. (1998). *Shielding Production: Essential Step in Production Control. Journal of Construction Engineering and management, 124(1), 11-17.*
- Ballard, H. (2000). *The Last Planner System of Production control, School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, The University of Birmingham, Birmingham, U.K*
- Barth, KB, Formoso, CT y Sterzi, MP (2019). *Medición del rendimiento en sistemas de producción ajustada: una exploración de requisitos y taxonomías.*
- Blaz, A. (2021). *Componentes y Funcionamiento de un Sistema de Agua Potable.*
- Botero, L.F. y Hoyos, M.F. (2018). *Evolución e impacto mundial del Last Planner System: una revisión de la literatura.* Ingeniería y Desarrollo Aporte, 36(1), 187-214.
- Bygballe, Lena E., Sand-Holm, Sanne K., Pakoglu, Ceyda y Svalestuen, Fredrik. (2022). *Desafíos*

- de la medición del desempeño en Lean Construction y el Last Planner System®: un caso noruego.* Lean Construction Journal 2022 pp 24-40 (presentado el 23 de octubre de 2021; aceptado el 28 de diciembre de 2021). www.leanconstructionjournal.org
- Caro, G.J.R, García, D.J.R, Lozano, S.L.F, Poma, A.K.K, Tapia, D.A.Y. (2023). *Integración de Last Planner® System en los planes para la dirección de proyectos de infraestructura pública, creados con las prácticas de la Guía del PMBOK®, sexta edición.* Caso: Proyecto “Control de desbordes del río Ica (Tramo 1-II)”. info:eu-repo/semantics/openAccess; Attribution-NonCommercial-ShareAlike4.0International.
<http://hdl.handle.net/10757/667144>
- Carrasco Muñoz, Miriam; Contreras Cusi, Leonid Simón. (2023). *Propuesta de implementación de la metodología last planner system en obras de defensa ribereña en la modalidad de ejecución de obra por administración directa.* Caso de estudio: construcción de defensa ribereña del Rio Huatanay – Cusco. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), <http://hdl.handle.net/10757/658630>
- Corilla Usquiano, Shirley Lizzeth; Pereda Torres, Andrea Natividad. (2023). *Guía de implementación del LPS (Last Planner System) para la etapa de acabados de un proyecto multifamiliar dirigido a los sectores económicos A y B ubicado en la ciudad de Lima.* Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). <http://hdl.handle.net/10757/655443>
- Cortés, M.J, Herrera, R.F., Muñoz, F.C., Ávila, B., Eça de Matos. (2020). *Key requirements of an IT tool based on last planner® system Principales requerimientos de una herramienta TI basada en last planner® system.* Revista Ingeniería de Construcción RIC, Vol 35, No2.
- Damian Ccallata, G. (2020). *Implementación de la filosofía Lean Construction en el proyecto de sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019* [Tesis de maestría Universidad Privada de Tacna].
- Ebbs, P. and Pasquire, C., (2019). *A Facilitator’s Guide to the Last Planner® System.* Nottingham: Nottingham Trent University.
- Espinoza Valerio, Jose Fredy. (2022). *Last Planner y su Incidencia en la Planificación de Obras en una Empresa Constructora de Saneamiento,* Lima 202. Universidad Cesar Vallejo.
- Fuentes, N. (2015). *Guía para la mejora de la productividad en la mano de obra en la industria de la construcción a través de los círculos de calidad.* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México].

- Glenn, H. (2000). *The Last Planner system of production control* [Tesis doctoral, University of Birmingham].
- Gonzales, C.F. (2018). *Aplicación de la metodología Last Planner en el planeamiento, programación y control en la construcción de obras públicas de riego*. Universidad Privada del Norte.
- Guzmán Tejada, A. (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Guzmán, G. (2019). *Aplicación de herramientas y Tecnología BIM en la mejora de la gestión de operación y mantenimiento de una infraestructura deportiva* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]
- Hamzeh, F. R., Saab, I., Tommelein, I. D., and Ballard, G. (2015) “*Understanding the Role of “Tasks Anticipated” in Lookahead Planning through Simulation*”, *Automation in Construction*, Elsevier, pp 18-26
- Herbas Torrico, B. C., & Rocha Gonzales, E. A. (2018). *Metodología científica para la realización de investigaciones de mercado e investigaciones sociales cuantitativas*. *Revista Perspectivas*, pp. 123-160. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1994-
- Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. México, D.F.: MCGrau-Hil
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6a ed.). México D.F.: Editorial McGraw Hill
- Hoyos, M. F., y Botero, L. F. (2018). Evolución e impacto mundial del Last Planner System: una revisión de la literatura. *Ingeniería y Desarrollo*, 36(1), 187-214.
- Hoyos, R.M.F, Botero, B.L.F. (2021). *Implementation of the last planner system in colombian* [HTTPS://WWW.CONEXIG.COM/ES/PRODUCTIVIDAD_INSDUSTRIA_CONSTRUCCION/](https://www.conexig.com/es/productividad_industria_construccion/)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2023). *Informe de gestión de Gestión 2022*.
- Itodo, E.D. (2017). *Estudio exploratorio sobre el uso de Last Planner System y planificación colaborativa para la mejora del proceso de construcción*. Nottingham Trent Univ., Nottingham, Reino Unido.
- Lagos Crúa, C.I. (2017). *Desarrollo e implementación de herramientas para el mejoramiento de la gestión de la información de Last Planner*. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad

Católica de Chile].

Latorre, U.A. (2015). *Filosofía Lean en la construcción*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería en Edificaciones.

Lozano Cabrera, Michael Joaquin; Manturano Arteaga, Victor Hugo. (2020). *Comparación entre el sistema last planner y el sistema tradicional en dos obras, durante la etapa de estructuras, Dpto. de San Martin 2020*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), <http://hdl.handle.net/10757/655850>

Mejía Olivera, Brandon David; Chavez Palomino, Leonardo German. (2021). *Implementación del sistema Last Planner para la mejora de la etapa de planeación en la construcción de muros de contención, caso región Cusco, 2021*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) <http://hdl.handle.net/10757/659150>

[Mejora de la productividad en la construcción : Oglesby, Clarkson Hill, 1908- : Descarga, préstamo y transmisión gratuitos : Internet Archive](#)

Mendoza Sánchez, W.W. (2019). *Implementación del Last Planner y la Metodología del Valor Ganado en proyectos civiles, Construcción de puentes, red vial 5- Huacho*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil, Universidad Nacional del Centro del Perú]

Millones, M. (2019). *Modelo de gestión basado en flujo de procesos (Lean Construction) y en PMBOK, para mejorar la productividad de obras de infraestructura vial. caso: mantenimiento rutinario de la ruta pe-34e*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa]

Mohsin, A. (2016). *A Manual for Selecting Sampling Techniques in Research*. <https://mpr.ub.uni-muenchen.de/70218/1/>

Mossman, A. (2017). Last Planner: 5 + 1 crucial & collaborative conversations for predictable design & construction delivery. <https://www.researchgate.net/publication/321804312>

Mossman, A., Ballard ,G. y Pasquiere C. (2010). *Lean Project Delivery innovation in integrated design and delivery*. Lean Construction Journal, 1-26.

Núñez-Flores, M. I. (2007). *Investigación Educativa. Las Variables: Estructura y función en la hipótesis*. http://200.62.146.19/bibvirtualdata/publicaciones/inv_educativa/2007_n20/a12v1
1n

Oglesby .C H , Parker H,W , Howell G A. *Productivity improvement in construction*.

ONU , 2010 , El derecho humano al agua y al saneamiento | Decenio Internacional para la Acción

- "El agua, fuente de vida" 2005-2015 (un.org).
https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtm.
- ONU 2015, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- ONU, 2023 <https://www.ohchr.org/es/water-and-sanitation/about-water-and-sanitation>
- Organización Mundial de la Salud. (2018). Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda [Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating first addendum]. ISBN 978-92-4- 354995-8
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2023).
- Orihuela, P. (2011). *Lean Construction en el Perú. Construcción Integral*, 1-4
- SERPELL, A. (2002). *Administración de operaciones de construcción*. 2a ed. México, DF: Alfaomeg
- Pirca, G. y Pirca, J. (2018). *Aplicación del sistema Last Planner System en el proceso de planificación de la obra: “dirección regional de educación de Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica
- Aplicación de la metodología Last Planner en el planeamiento, programación y control en la construcción de obras públicas de riego. Universidad Privada del Norte.
- Pons, A., J. (2014). *Introducción a Lean Construction* (1era ed.). Madrid, España: Fundación Laboral de la Construcción.
- Pons, J. y Rubio, I. (2019). *Lean Construction y la planificación colaborativa metodología del Last Planner System*. Madrid. Gráficas Hispania Valladolid, S.L.
- Ramírez, C.R.C. (2021). *Guía de aplicación del Sistema Last Planner en PYMES constructoras en México*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Renz, A, y Safra, M. S. (2016). *Dando forma al futuro de Construcción/work economic fórum*.
- Rodríguez A, Alarcón, y Pellicer E. (2011). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. *Revista de obras públicas*, 1–9
- Salazar, L.A, Paz, A, and Alarcón. F.L. (2020). *Key Indicators for Linguistic Action Perspective in the Last Planner System*. *Sustainability* 2020, 12, 8728; doi:10.3390/su12208728
- Sánchez Flores, F. A. (2019). *Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos*. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, Lima. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2223-25162019000100008&script=sci_arttext
- Serpell A y Alarcón. (2002) “Planificación y control de proyectos”. Segunda edición, Ediciones Universidad Católica, 2001

- Serpell Bley, A. (2006). *Planificación y Control de Proyectos*. 3ra ed. Santiago de Chile, Universidad Católica de Chile.
- Talin, B. (2020). *¿Qué Es Un Ecosistema Digital? –Comprender El Modelo De Negocio Más Rentable*. MoreThanDigital.
- Toledo, T.L.A (2022). *Implementación del Last Planner System utilizando herramientas digitales colaborativas en proyectos de edificación*. Universidad Nacional de Ingeniería. *último planificado*.
- Velasco, A. (2018). *Análisis de la gestión a pie de obra mediante la digitalización del Sistema Last Planner*. Group for Lean Construction (IGLC).
- Viana, D.D. Formoso, C.T. Isatto, E.L. (2016). “Understanding the theory behind the Last Planner System using the Language-Action Perspective: two case studies”. *Production Planning & Control*, 28(3), 177-189.

Anexo 2. Plantilla de análisis de restricciones

REGISTRO																	
ANÁLISIS DE RESTRICCIONES																	
CODIGO DE PROYECTO:										AREA / DPTO							
NOMBRE DE PROYECTO:										CLIENTE							
SEMANA:					SEMANAS ANTERIORES					SEMANA 1		SEMANA 2		SEMANA 3			
N° TOTAL DE RESTRICCIONES (SEMANA ANTERIOR)									0		0		0				
N° TOTAL DE RESTRICCIONES									0		0		0				
% DE RESTRICCIONES POR SEMANA																	
N°	SOLICIT ANTE	ACTIVIDAD DEL LOOKAHEAD	TIPO	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	SEM ANA	FECHA REQUERIDA	RES P.	FECHA PROPUESTA	STATUS							OBSERVACIONES	
										SEMANA 1		SEMANA 2		SEMANA 3			
									POR INICIAR								
									POR INICIAR								
									POR INICIAR								
									EN PROCESO								
									EN PROCESO								
									EN PROCESO								
									LEVANTADA								
									LEVANTADA								
									LEVANTADA								

POR INICIAR	3.00
EN PROCESO	3.00
LEVANTADA	3.00
TOTAL	9.00

Anexo 3. Compromisos

ITEM	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	Fecha compromiso	Prioridades	ESTADO
1.0	Cronograma linea base 1	Oficina Técnica	27/07/2022	2	Cumplido
2.0	Curva s actualizado	Oficina Técnica	27/07/2022	3	Cumplido
4.0	Reporte del SPI	Oficina Técnica	27/07/2022	4	Cumplido
6.0	Seguimiento de la llegada de tubería	Oficina Técnica	27/07/2022	2	Cumplido
7.0	RFI Conexiones domiciliarias	Oficina Técnica	27/07/2022	3	Cumplido
8.0	BIM Actualizado	Oficina Técnica	27/07/2022	5	Cumplido
9.0	Seguimiento a requerimiento de operarios	Oficina Técnica	27/07/2022	2	Cumplido
10.0	Replanteo de línea	Oficina Técnica	27/07/2022	2	Cumplido
11.0	Metrto por seccion linea la de distribucion	Oficina Técnica	27/07/2022	3	Cumplido
12.0	Costos diarios	Oficina Técnica	27/07/2022	2	Cumplido
13.0	RFI Bombas	Oficina Técnica	27/07/2022	2	Cumplido
14.0	RFIs pendientes	Oficina Técnica	27/07/2022	3	Cumplido
15.0	Procura	Oficina Técnica	27/07/2022	1	Cumplido
16.0	Materiales del proyecto	Oficina Técnica	27/07/2022	2	Cumplido
17.0	Costos semanales	Oficina Técnica	27/07/2022	2	Cumplido
18.0	Costos de junio	Oficina Técnica	27/07/2022	2	Cumplido
19.0	Costos al cierre de Junio	Oficina Técnica	27/07/2022	1	Cumplido
20.0	Reporte CPI	Oficina Técnica	27/07/2022	3	Cumplido
21.0	Plan diario y semanal por parte de produccion	Oficina Técnica	27/07/2022	3	Cumplido
22.0	Costos de impacto generados a la fecha	Oficina Técnica	27/07/2022	3	Cumplido
23.0	2 Retroexcavadoras	Recursos humanos	26/07/2022	1	Evaluación
24.0	12 operarios (6 Carpinteros, 4 albañiles, 2 Fierros)	Recursos humanos	30/07/2022	1	Reclutamiento
25.0	12 oficiales	Recursos humanos	30/07/2022	1	Reclutamiento
26.0	ENFERMERA	Recursos humanos	30/07/2022	1	Reclutamiento
27.0	ASISTENTE SOCIAL	Recursos humanos	30/07/2022	3	Reclutamiento
28.0	Electricista y mecanico, calidad electricista	Recursos humanos	30/07/2022	2	Entrevistas
29.0	4 Estantes	Administración	01/08/2022	3	Cumplido
30.0	Welding book, hdpe	Calidad	29/07/2022	2	Pendiente
66.0	Ensayo de densidad de campo para la via nacional	Calidad	29/07/2022	4	Pendiente
67.0	Manual de operaciones	Calidad	25/08/2022	2	Pendiente
69.0	Procedimiento de precomisionado puesto en marcha, parte	Calidad	25/08/2022	1	Cumplido
70.0	Cardex actualizado	Almacén	25/07/2022	1	Pendiente
72.0	Log de requerimientos	LOGISTICA	01/07/2022	1	Cumplido
73.0	RQ PARA VIA NACIONAL (EQUIPOS, HERRAMIENTAS, MATERIALES, EPPS, SEÑALÉTICAS, ETC.)	LOGISTICA	19/07/2022	2	Pendiente
74.0	Master actualizado de requerimientos	LOGISTICA	19/07/2022	1	en revision
75.0	Master actualizado de requerimientos	LOGISTICA	09/07/2022	1	en revision
77.0	Material de agregados (Captación)	LOGISTICA	22/07/2022	1	Pendiente
80.0	RQ - PLAN COVID	SSOMA	25/08/2022	2	En revisión
81.0	Procto de instalacion electrica la en postes	SSOMA	25/08/2022	1	En revisión
86.0	Procto de instalacion electrica la en postes	SSOMA	04/07/2022	2	en revision
87.0	Master actualizado de requerimientos	PRODUCCION	26.07.22	1	en revision
97.0	Visita técnica - Bomba de impulsión y accesorios	PRODUCCION	26.07.22	3	Revisión por producción
98.0	Recursos que se esta utilizando en interferencias (formato	PRODUCCION	26.07.22	3	Cumplido
99.0	Planto de trabajo diario la y semanal	PRODUCCION	26.07.22	3	Cumplido

Anexo 4. Plan Semanal

Item	Partidas		und	Metrado	24							METRADO SEMANA	Cumplimiento Semanal	
					lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom			
					13/06	14/06	15/06	16/06	17/06	18/06	19/06			
01.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES													
01.01.01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y	LB00	glb	1.00	0.067	0.067	0.067	0.067	0.067	0.067	0.067	0.067	0.47	
		Reprog.	glb	1.00									-	
		Actual	glb		0.067	0.067	0.067	0.067	0.067	0.067	0.067	0.067	0.47	100%
01.01.02	OBRAS PROVISIONALES													
01.01.02.01	ALMACEN DE OBRA	LB00	glb	1.00									-	
		Reprog.	glb	1.00									-	
		Actual	glb										-	
01.01.02.02	COMEDOR PARA OBRA	LB00	glb	1.00				0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.80	
		Reprog.	glb	1.00									-	
		Actual	glb				0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.80	100%
01.01.02.03	SERVICIOS HIGIENICOS PARA EL PERSONAL DE OBRA	LB00	mes	1.00									-	
		Reprog.	glb	1.00									-	
		Actual	glb										-	
01.01.02.04	CONSUMO DE COMBUSTIBLE	LB00	glb	1.00	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.08	
		Reprog.	glb	1.00									-	
		Actual	glb		0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.08	100%
01.01.02.04	ALMACÉN DE OBRA TEMPORAL - FEB/MARZO	LB00	mes	2.00	0.286	0.286	0.286	0.286	0.286	0.286	0.286	0.286	2.00	
		Reprog.	mes	2.00									-	
		Actual	mes		0.286	0.286	0.286	0.286	0.286	0.286	0.286	0.286	2.00	100%
01.02	SEGURIDAD Y SALUD													
01.02.01	IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DEL PLAN DE	LB00	glb	1.00				0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.80	
		Reprog.	glb	1.00									-	
		Actual	glb				0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.80	100%
01.02.02	EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL	LB00	glb	1.00		0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.86	
		Reprog.	glb	1.00									-	
		Actual	glb			0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.86	100%
01.02.03	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	LB00	glb	1.00						0.011	0.011	0.011	0.02	
		Reprog.	glb	1.00									-	
		Actual	glb							0.011	0.011	0.011	0.02	100%
01.02.04	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	LB00	glb	1.00						0.011	0.011	0.011	0.02	
		Reprog.	glb	1.00									-	
		Actual	glb							0.011	0.011	0.011	0.02	100%
01.02.05	CAPACITACION Y SEGUIMIENTO EN SEGURIDAD Y SALUD	LB00	glb	1.00			0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.06	
		Reprog.	glb	1.00									-	
		Actual	glb				0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.06	100%

Item	Partidas	und	Metrado	24							METRADO SEMANA	Cumplimiento Semanal	
				lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom			
				13/06	14/06	15/06	16/06	17/06	18/06	19/06			
02.	RED DE DISTRIBUCIÓN DOMICILIARIA											-	
02.01	REDES DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LOS SECTORES EL CENTRO, LA PAMPA Y LA PERDIZ											-	
02.01.01	REDES DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LOS SECTORES EL CENTRO, LA PAMPA Y LA PERDIZ											-	
02.01.01.01	RED DE DISTRIBUCIÓN EN SECTORES											-	
02.01.01.01.01	OBRAS PRELIMINARES											-	
02.01.01.01.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO NORMAL	LB00	m	28,065.70		1000	2000	2000	2000	3500		10,500.00	
		Reprog.	m	28,065.70								-	
		Actual	m			1000	2000	2000	2000	2000		9,000.00	86%
02.01.01.01.01.01.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO	LB00	m	28,065.70		1000	2000	3000	3000	3500		12,500.00	
		Reprog.	m	28,065.70								-	
		Actual	m			1000	2500	2500	2500	2500		11,000.00	88%
02.01.01.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS											-	
02.01.01.01.02.01	EXCAVACION DE ZANJA EN MATERIAL CONGLOMERADO	LB00	m	28,065.70	300	300	300	300	300	300	300	2,100.00	
		Reprog.	m	28,065.70								-	
		Actual	m			120	150	170	200	330	0	970.00	46%
02.01.01.01.02.01.01	REFINE Y NIVELACION DE FONDO DE ZANJA B=0.50M T.N	LB00	m	28,065.70								-	
		Reprog.	m	28,065.70								-	
		Actual	m									-	
02.01.01.01.02.01.02	CAMA DE APOYO CON MATERIAL PROPIO PARA TUBERIA E=10CM	LB00	m	28,065.70								-	
		Reprog.	m	28,065.70								-	
		Actual	m									-	
02.01.01.01.02.01.02.01	RELLENO DE ZANJA APISONADO CON MATERIAL PROPIO	LB00	m	28,065.70								-	
		Reprog.	m	28,065.70								-	
		Actual	m									-	
02.01.01.01.02.01.02.02	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE DIST.=30M	LB00	m3	1,628.18								-	
		Reprog.	m3	1,628.18								-	
		Actual	m3									-	
02.01.01.01.03	INSTALACION DE TUBERIAS Y ACCESORIOS											-	
02.01.01.01.03.01	INSTALACION DE TUBERIA HDPE DN=90MM	LB00	m	1,210.40								-	
		Reprog.	m	1,210.40								-	
		Actual	m									-	0%
02.01.01.01.03.01.01	INSTALACION DE TUBERIA HDPE DN=63MM	LB00	m	2,365.10								-	
		Reprog.	m	2,365.10								-	
		Actual	m									-	
02.01.01.01.03.01.01.01	INSTALACION DE TUBERIA HDPE DN=50MM	LB00	m	4,129.70								-	
		Reprog.	m	4,129.70								-	
		Actual	m									-	
02.01.01.01.03.01.01.01.01	INSTALACION DE TUBERIA HDPE DN=32MM	LB00	m	7,386.00								-	
		Reprog.	m	7,386.00								-	
		Actual	m									-	
	INSTALACION DE TUBERIA HDPE DN=25MM	LB00	m	12,331.70						70	70	140.00	
		Reprog.	m	12,331.70								-	
		Actual	m							0	0	-	0%
		Actual	m									-	80.0%

PPC

Anexo 5. Kardex de obra-Registro de materiales

Fecha	Nombre Producto	Entrada	Salida	Stock Actual	Proveedor	P.Unitario	Parcial
03/11/2021	Yeso (bolsa) (1)	3	3	0	BS	S/ 7.20	S/ 21.61
03/11/2021	Palanas tramontina	8	4	4	BS	S/ 29.66	S/ 237.29
03/11/2021	Pico de mango de madera (1)	8	8	0	BS	S/ 40.68	S/ 325.42
03/11/2021	Rastrillo mango de madera	8	0	8	BS	S/ 29.66	S/ 237.29
03/11/2021	Cemento Rojo Inca	15	15	0	BS	S/ 23.73	S/ 355.93
03/11/2021	Hormigón x m3	4	4	0	BS	S/ 67.80	S/ 271.19
03/11/2021	Plástico azul grueso p/lluvia x mt	10	0	10	BS	S/ 13.56	S/ 135.59
04/11/2021	Casco de seguridad+rachet+tafilete color (blanco) (2)	3	3	0	BS	S/ 32.20	S/ 96.61
04/11/2021	Casco de seguridad+rachet+tafilete color (verde) (2)	15	15	0	BS	S/ 10.17	S/ 152.54
04/11/2021	Zapato punta de acero talla "varios"	20	20	0	BS	S/ 49.15	S/ 983.05
04/11/2021	Palanas cuchara tramontina	3	3	0	BS	S/ 29.66	S/ 88.98
04/11/2021	Carretilla azul semipesada	1	1	0	BS	S/ 110.17	S/ 110.17
04/11/2021	Paletas "Pare/signa"	4	4	0	BS	S/ 29.66	S/ 118.64
04/11/2021	Martillo mango de madera	2	2	0	BS	S/ 23.73	S/ 47.46
04/11/2021	Barreta pala ancha (2)	8	8	0	BS	S/ 93.22	S/ 745.76
04/11/2021	Barreta pala ancha (3)	3	3	0	BS	S/ 93.22	S/ 279.66
04/11/2021	Lima triangular	1	1	0	BS	S/ 5.93	S/ 5.93
04/11/2021	Broca p/ madera 3/8 (unds)	1	1	0	BS	S/ 8.90	S/ 8.90
04/11/2021	Picaporte pequeño	1	1	0	BS	S/ 6.78	S/ 6.78
04/11/2021	Broca p/ madera 1/2 (unds)	1	1	0	BS	S/ 12.71	S/ 12.71
04/11/2021	Alambre #16 x kg	2	2	0	BS	S/ 5.93	S/ 11.86
04/11/2021	Machete bellota (1)	5	5	0	BS	S/ 13.56	S/ 67.80
04/11/2021	machete bellota (2)	2	2	0	BS	S/ 13.56	S/ 27.12
04/11/2021	Rastrillo c/n mango	5	5	0	BS	S/ 29.66	S/ 148.31
04/11/2021	Inflador truper	1	1	0	BS	S/ 29.66	S/ 29.66
04/11/2021	Hilo de pescar x und	60	60	0	BS	S/ 10.17	S/ 610.16
04/11/2021	TUBO ANARANJADO DE 6	1	1	0	BS	S/ 131.36	S/ 131.36
04/11/2021	BALDE VACIO GRANDE	1	1	0	BS	S/ 9.32	S/ 9.32
04/11/2021	PLASTICO ROJO x mt	10	10	0	BS	S/ 2.54	S/ 25.42
04/11/2021	CEMENTO TIPO I X 42.50 KG INKA	3	3	0	BS	S/ 23.73	S/ 71.19
04/11/2021	PERNO DE 6 X 8 MM C/TUERCA Y ANILLO	6	6	0	BS	S/ 2.54	S/ 15.25
04/11/2021	PEGAMENTO AFRICANO 1/4 GLN	1	1	0	BS	S/ 16.95	S/ 16.95
04/11/2021	PINTURA ESMALTE 1/4 GLN	1	1	0	BS	S/ 16.10	S/ 16.10
04/11/2021	THINNER ACRILICO X GLN	2	2	0	BS	S/ 19.49	S/ 38.98
04/11/2021	HORMIGON X LATA	15	15	0	BS	S/ 2.54	S/ 38.14
04/11/2021	Varilla de 1/2	4	4	0	BS	S/ 33.90	S/ 135.59
04/11/2021	CLAVO DE 4" x kg	1	1	0	BS	S/ 5.93	S/ 5.93
04/11/2021	PERNO DE 3/8 X 6 x und	6	6	0	BS	S/ 2.54	S/ 15.25
04/11/2021	PEGAMENTO DE 1/4	1	1	0	BS	S/ 38.14	S/ 38.14
04/11/2021	COMBA DE 3 LIBRAS	1	1	0	BS	S/ 29.66	S/ 29.66
04/11/2021	PERNO DE 3/8 X 8	4	4	0	BS	S/ 3.81	S/ 15.25
04/11/2021	LLAVE # 12	1	1	0	BS	S/ 8.05	S/ 8.05
05/11/2021	Listones de madera tornillo 4cm x 4cm x 40cm	20	20	0	BS	S/ 4.00	S/ 80.00
05/11/2021	Tablas de madera tornillo 1 x 10cm x 40cm x 40cm	12	12	0	BS	S/ 28.00	S/ 336.00

Anexo 7. Daily Report

REPORTE DE PRODUCCIÓN DIARIA				
FRENTE DE TRABAJO :		ING. RESPONSABLE		FECHA :
ACTIVIDAD :		SUPERVISOR:		
		JEFE DE GRUPO :		TURNO :
Descripción del Recurso	CANTIDAD	U.M.	HORAS TRABAJO	OBSERVACIONES
Mano de obra				
		HH		
DESCRIPCION EQUIPO	CANTIDAD DE EQUIPOS	U.M.	HORAS MAQUINA	RESTRICCIONES (INOPERATIVOS - ESPECIFICAR)
Equipos				
(Especificar equipo MARCA y MODELO)		HM		
MATERIALES	UNID. MEDIDA	CANTIDAD	ESPECIFICAR EL USO DE MATERIAL	
OBSERVACIONES ADICIONALES (REQUERIMIENTOS - RESTRICCIONES)				

ELABORADO POR:	
Nombre:	D:
Firma:	M:
	A:

REVISADO POR:	
Nombre:	D:
Firma:	M:
	A:

APROBADO POR:	
Nombre:	D:
Firma:	M:
	A:

Anexo 8. Rendimientos

Actividad	Rendimiento
LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	50.00
TRAZO, NIVELACIÓN Y REPLANTEO DE ESTRUCTURAS	200.00
EXCAVACIÓN MANUAL PARA ESTRUCTURAS EN TERRENO NORMAL	5.00
NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN MANUAL PARA ESTRUCTURAS EN TERRENO NORMAL	60.00
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE HACIA DME	138.46
EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA TUBERÍAS	4.00
REFINE Y NIVELACIÓN DE ZANJAS EN TERRENO NORMAL	50.00
RELLENO COMPACTADO C/EQUIPO Y MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	12.00
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA HACIA DME, DPROM=5KM	126.92
EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS PARA TUBERÍAS	4.00
REFINE Y NIVELACIÓN DE ZANJAS EN TERRENO NORMAL	50.00
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA HACIA DME, DPROM=5KM	126.92
SOLADO DE CONCRETO $f_c = 100 \text{ kg/cm}^2$, C:H-1:10, $e=0.10\text{m}$	100.00
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	14.00
CONCRETO $f_c=140 \text{ kg/cm}^2 + 30\% \text{ P.M}$	14.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$.	250.00
CONCRETO $f_c = 140 \text{ kg/cm}^2$	8.00
CURADO DE CONCRETO CON AGUA	200.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$.	250.00
CONCRETO $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$	14.00
CURADO DE CONCRETO CON AGUA	200.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$.	250.00
CONCRETO $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ - Camara Húmeda	12.00
CURADO DE CONCRETO CON AGUA	200.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$.	250.00
CONCRETO $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$	14.00
CURADO DE CONCRETO CON AGUA	200.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$.	250.00
CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	15.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$.	250.00
CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	15.00
CURADO DE CONCRETO CON AGUA	200.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$.	250.00
TARRAJEO FROTACHADO EXTERIOR C:A 1:4, E=1.5cm	8.00
TARRAJEO INTERIOR CON IMPERMEABILIZANTE C:A 1:2 $e=1.5\text{cm}$	8.00
FILTRO PARA CAPTACION GRAVA 1.1/2"-2"	10.00
FILTRO PARA CAPTACION GRAVA 3"- 4"	12.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CANASTILLA DE BRONCE 6"	8.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE UNIÓN ROSCADA DE F°G° DE 3"	12.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC Ø3"	45.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BRIDA ROMPE AGUA DE 3"	15.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE UNIÓN UNIVERSAL F°G° DE 3"	12.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VÁLVULA COMPUERTA DE CIERRE ESFÉRICO C/MANIJA DE 3"	18.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CONO DE REBOSE PVC DE 4"	30.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE UNIÓN SP PVC DE 4"	30.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO 90° PVC DE 4"	25.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC PN 10 DE 4"	60.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA F°G° Ø2"	42.00
TAPA METÁLICA 0.8X0.8m, CON MECANISMO DE SEGURIDAD	10.00
PINTURA LÁTEX 2 MANOS, EN ESTRUCTURAS EXTERIORES	25.00
PINTURA BASE ANTICORROSIVA + 02 MANOS PINTURA ESMALTE EN CARPINTERÍA METÁLICA	80.00
TUBERÍA HDPE Ø90mm ENTRE CAPTACIÓN Y FILTRO LENTO	60.00
EXCAVACIÓN MANUAL PARA ESTRUCTURAS EN TERRENO NORMAL	50.00
NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN MANUAL PARA ESTRUCTURAS EN TERRENO NORMAL	5.00
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE HACIA DME	60.00
CONCRETO $f_c = 140 \text{ kg/cm}^2$, P/ZANJA DE CORONACIÓN	138.46
CURADO DE CONCRETO CON AGUA	8.00
EXCAVACIÓN MANUAL PARA ESTRUCTURAS EN TERRENO NORMAL	200.00
NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN MANUAL PARA ESTRUCTURAS EN TERRENO NORMAL	50.00
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE HACIA DME	5.00
SOLADO DE CONCRETO $f_c = 100 \text{ kg/cm}^2$, C:H-1:10, $e=0.10\text{m}$	60.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$.	138.46
CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, P/ Taq. Suc.	100.00
CURADO DE CONCRETO CON AGUA	250.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$.	12.00
CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	200.00
CURADO DE CONCRETO CON AGUA	250.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$.	15.00
CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	200.00
CURADO DE CONCRETO CON AGUA	250.00
TARRAJEO FROTACHADO EXTERIOR C:A 1:4, E=1.5cm	15.00
TARRAJEO INTERIOR CON IMPERMEABILIZANTE C:A 1:2 $e=1.5\text{cm}$	200.00
ESCALERA MARINERA DE TUBO DE F°G°	8.00
TAPA METÁLICA DE 1.40m x 1.00m, C/PLANCHA ESTRIADA DE ACERO $e=3/16"$	8.00
PINTURA LÁTEX 2 MANOS, EN ESTRUCTURAS EXTERIORES	2.00
PINTURA BASE ANTICORROSIVA + 02 MANOS PINTURA ESMALTE EN CARPINTERÍA METÁLICA	8.00
VÁLVULA FLOTADORA DE BRONCE 3"	25.00
CODO 90° DESAGÜE PVC-U Ø3", CLASE LIVIANA	80.00
BRIDA ROMPE AGUA D=3"	12.00
UNIÓN DE FIERRO GALVANIZADO 3"	60.00
TUBERÍA PVC-U Ø3", CLASE LIVIANA	12.00

EXCAVACIÓN MANUAL PARA ESTRUCTURAS EN TERRENO NORMAL	12.00
NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN MANUAL PARA ESTRUCTURAS EN TERRENO NORMAL	60.00
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE HACIA DME	50.00
CONCRETO $f_c=140 \text{ kg/cm}^2 + 30\% \text{ P.M}$	5.00
COLUMNAS DE TUBO DE F°G° Ø EXT 3.50"	60.00
MALLA OLIMPICA GALVANIZADA N°10, ABERTURA 50mm x 50mm	138.46
SUMINISTRO E INSTALACION DE ALAMBRE DE PUAS #16	14.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE CONECTOR DE ACERO GALVANIZADO 6x19 Ø3/8"	28.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE ARRIOSTRE C/TUB Ø EXT 1.66"	100.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE BARRA TENSORA DE 3/16"X3/4" PARA MALLA OLIMPICA	80.00
PUERTA METALICA DE 1.20m x 2.40m, UNA HOJA CON TUBO DE 2" Y MALLA OLIMPICA	25.00
PUERTA METALICA DE 4.15m x 2.40m, DOS HOJAS CON TUBO DE 2" Y MALLA OLIMPICA	80.00
PINTURA BASE ANTICORROSIVA + 02 MANOS PINTURA ESMALTE EN CARPINTERIA METÁLICA	70.00
EXCAVACIÓN MANUAL PARA ESTRUCTURAS EN TERRENO NORMAL	2.00
NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN MANUAL PARA ESTRUCTURAS EN TERRENO NORMAL	2.00
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE HACIA DME	80.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$.	50.00
CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	5.00
CURADO DE CONCRETO CON AGUA	60.00
EXCAVACIÓN MANUAL EN TERRENO NORMAL	138.46
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA HACIA DME, DPROM=5KM	15.00
CONCRETO $f_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ PARA SOLADOS Y/O DADOS	200.00
CONCRETO $f_c = 140 \text{ kg/cm}^2$, PARA VEREDAS	50.00
CONCRETO $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$	2.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$.	60.00
TARRAJEO INTERIOR CON IMPERMEABILIZANTE C:A 1:2 e=1.5cm	126.92
TARRAJEO FROTACHADO EXTERIOR C:A 1:4, E=1.5cm	100.00
ASENTADO DE LADRILLO PANDERETA EN SOGA	12.00
LADRILLO PARA TECHO DE h=0.08 m	14.00
FILTRO DE ARENA LAVADA Y TAMIZADA	250.00
FILTRO DE GRAVA CANTO RODADO SELECCIONADO DE (1.5mm - 4.0mm)	8.00
FILTRO DE GRAVA CANTO RODADO SELECCIONADO DE (4.0mm - 15.0mm)	8.00
FILTRO DE GRAVA CANTO RODADO SELECCIONADO DE (15.0mm - 40.0mm)	250.00
SUM. E INST. DE ACCESORIOS DE FILTRO LENTO (ENTRADA)	200.00
SUM. E INST. DE ACCESORIOS DE FILTRO LENTO (SALIDA)	10.00
SUM. E INST. DE ACCESORIOS DE FILTRO LENTO (LIMPIEZA)	10.00
PINTURA ESMALTE SINTÉTICO	10.00
WATER STOP DE NEOPRENE DE 6" PROVISIÓN Y COLOCADO DE JUNTA	10.00
LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN	5.00
EXCAVACIÓN MANUAL EN TERRENO NORMAL	5.00
REFINE, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN EN TERRENO NORMAL	5.00
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA HACIA DME, DPROM=5KM	25.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$.	50.00
CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	2.00
MUROS DE LADRILLO KING KONG DE ARCILLA DE CABEZA CARAVISTA C/MORTERO 1:4 x 1,5cm	50.00
ACERO Ø 1/4" PARA CONFINAMIENTO DE MUROS (INCLUYE DESPERDICIOS)	2.00
TARRAJEO FROTACHADO EXTERIOR C:A 1:4, E=1.5cm	60.00
TARRAJEO EN INTERIORES ACABADO CON CEMENTO - ARENA	126.92
CONCRETO $f_c 175\text{Kg/cm}^2$ PARA PISO SIMPLE (CEMENTO P-I)ACABADO PULIDO (INCL. AFIRMADO)	250.00
PUERTA METÁLICA Y REFUERZOS S / DISEÑO	15.00
VENTANA DE FIERRO PERFIL DE 1"x1/8" FIJA MARCO "T" DE 1"	8.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TIJERAL DE MADERA L=2.20m	250.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CORREAS DE MADERA 2"x2.5"	8.00
PINTADO DE ESTRUC. METALICAS LAC (2 MANOS ANTICORROSIVA + 2 ESMALTE)	9.00
PINTURA EN MUROS EXTERIORES, LATEX SATINADO 2 MANOS C/ IMPRIMANTE	60.00
PINTURA EN MUROS INTERIORES, LATEX SUPERMATE 2 MANOS C/IMPRIMANTE	1.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CUBERTURA DE CALAMINÓN TR-4	1.00
EXCAVACIÓN MANUAL EN TERRENO NORMAL	3.00
REFINE, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN EN TERRENO NORMAL	50.00
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA HACIA DME, DPROM=5KM	80.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$.	25.00
CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	20.00
TARRAJEO INTERIOR CON IMPERMEABILIZANTE C:A 1:2 e=1.5cm	3.00
TARRAJEO FROTACHADO EXTERIOR C:A 1:4, E=1.5cm	50.00
SUM. E INST. DE TUBERIAS Y ACCESORIOS DN 75mm	2.00
REJILLA FIERRO 1/2" (0.30 m DE ANCHO)	60.00
EXCAVACIÓN MANUAL EN TERRENO NORMAL	126.92
REFINE, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN EN TERRENO NORMAL	250.00
CAMA DE APOYO CON ARENA FINA, e = 0.20 m	15.00
RELLENO COMPACTADO C/EQUIPO Y MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	8.00
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA HACIA DME, DPROM=5KM	8.00

Actividad	Rendimiento
CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	1.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE PVC SAL 4 pulg.	40.00
PRUEBA HIDRAULICA P/TUB. DE DESAGUE	2.00
EXCAVACIÓN MANUAL EN TERRENO NORMAL	60.00
REFINE, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN EN TERRENO NORMAL	10.00
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA HACIA DME, DPROM=5KM	126.92
CONCRETO $f_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ PARA SOLADOS Y/O DADOS	15.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.	200.00
CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	150.00
TARRAJEO FROTACHADO EXTERIOR C:A 1:4, E=1.5cm	50.00
EXCAVACIÓN MANUAL EN TERRENO NORMAL	2.00
REFINE, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN EN TERRENO NORMAL	60.00
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA HACIA DME, DPROM=5KM	126.92
CONCRETO $f_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ PARA SOLADOS Y/O DADOS	100.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.	250.00
CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	15.00
TARRAJEO FROTACHADO EXTERIOR C:A 1:4, E=1.5cm	8.00
EXCAVACIÓN MANUAL EN TERRENO NORMAL	50.00
REFINE, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN EN TERRENO NORMAL	2.00
RELLENO Y COMPACTADO C/MAT. PROPIO SELECCIONADO	60.00
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA HACIA DME, DPROM=5KM	12.00
CONCRETO $f_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ PARA SOLADOS Y/O DADOS	126.92
ACERO CORRUGADO GRADO 60, $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.	100.00
CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	250.00
TARRAJEO FROTACHADO EXTERIOR C:A 1:4, E=1.5cm	15.00
EXCAVACIÓN MANUAL EN TERRENO NORMAL-RESERVORIO	8.00
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA HACIA DME, DPROM=5KM	50.00
CONCRETO $f_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ PARA SOLADOS Y/O DADOS	2.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.	60.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.	12.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.	126.92
ACERO CORRUGADO GRADO 60, $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.	100.00
TARRAJEO INTERIOR CON IMPERMEABILIZANTE C:A 1:2 e=1.5cm	250.00
TARRAJEO FROTACHADO EXTERIOR C:A 1:4, E=1.5cm	15.00
TAPA METÁLICA 0.6x0.6m, SEGÚN DISEÑO	8.00
PELDAÑOS DE FIERRO CORRUGADO 3/4"@0.30 M	50.00
PELDAÑOS DE FIERRO CORRUGADO 3/4"@0.30 M	3.00
PINTURA DE MURO EXTERIOR C/ESMALTE	126.92
PINTURA DE TAPA C/ ESMALTE ANTICORROSIVA	100.00
LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN	250.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE AGUA	250.00
EXCAVACIÓN MANUAL EN TERRENO NORMAL	250.00
REFINE, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN EN TERRENO NORMAL	250.00
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA HACIA DME, DPROM=5KM	8.00
CONCRETO $f_c = 140 \text{ kg/cm}^2 + 30\% \text{ P.M}$	8.00
COLUMNAS DE TUBO DE F°G° Ø EXT 3.50"	4.00
MALLA OLIMPICA GALVANIZADA N°10, ABERTURA 50mm x 50mm	7.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE ALAMBRE DE PUAS #16	7.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE CONECTOR DE ACERO GALVANIZADO 6x19 Ø3/8"	80.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE ARRIOSTRE C/TUB Ø EXT 1.66"	80.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE BARRA TENSORA DE 3/16"X3/4" PARA MALLA OLIMPICA	2.00
PUERTA METALICA DE 1.20m x 2.40m, UNA HOJA CON TUBO DE 2" Y MALLA OLIMPICA	1.00
PUERTA METALICA DE 4.15m x 2.40m, DOS HOJAS CON TUBO DE 2" Y MALLA OLIMPICA	50.00
PINTURA BASE ANTICORROSIVA + 02 MANOS PINTURA ESMALTE EN CARPINTERIA METALICA	2.00
FLETE	60.00
TRAZO, NIVELACIÓN Y REPLANTEO	126.92
CAMA DE APOYO CON MATERIAL PROPIO PARA TUBERÍA e=10cm	14.00
INSTALACIÓN DE TUBERÍA HDPE DN=90mm	28.00
INSTALACIÓN DE TUBERÍA HDPE DN=63mm	100.00
INSTALACIÓN DE TUBERÍA HDPE DN=50mm	80.00
INSTALACIÓN DE TUBERÍA HDPE DN=25mm	25.00
INSTALACIÓN DE TUBERÍA HDPE DN=32mm	80.00
INSTALACIÓN DE ACCESORIOS HDPE	70.00

ANCLAJE DE TUBERIA HDPE EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO	2.00
CONCRETO f'c = 100 Kg/cm2 PARA SOLADOS	2.00
CONCRETO f'c = 210 kg/cm2, P / PARA PROTECCIÓN DE TUBERÍA	80.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, f'y= 4200 kg/cm2.	40.00
PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCIÓN EN REDES DE AGUA	1000.00
EXCAVACIÓN MANUAL PARA ESTRUCTURAS EN TERRENO NORMAL	185.00
REFINE Y COMPACTACIÓN EN T.N. PARA ESTRUCTURAS	2000.00
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE DP = 30m	2200.00
CONCRETO f'c = 100 Kg/cm2 PARA SOLADOS	2400.00
EMBOQUILLADO DE PIEDRA CON CONCRETO f'c=140 kg/cm2, e = 0.15 cm	2600.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, f'y= 4200 kg/cm2.	0.20
TARRAJEO DE EXTERIOR C:A 1:4, e = 1.5 cm	24.00
TARRAJEO INTERIOR CON IMPERMEABILIZANTE C:A 1:2 e=1.5cm	16.00
PINTURA LÁTEX EN ESTRUCTURAS EXPUESTAS 2, MANOS	14.00
PINTURA BITUMINOSA, CARAS EN CONTACTO CON EL TERRENO	250.00
INSTALACIÓN DE ACCESORIOS CRP-07 DE INGRESO D=3"	300.00
INSTALACIÓN DE ACCESORIOS CRP-07 DE INGRESO D=2"	50.00
INSTALACIÓN DE ACCESORIOS CRP-07 DE INGRESO D=1 1/2"	5.00
INSTALACIÓN DE ACCESORIOS CRP-07 DE INGRESO D=1"	60.00
INSTALACIÓN DE ACCESORIOS CRP-07 DE INGRESO D=3/4"	12.00
INSTALACIÓN DE ACCESORIOS CRP-07 DE SALIDA D=3"	6.00
INSTALACIÓN DE ACCESORIOS CRP-07 DE SALIDA D=2"	16.00
INSTALACIÓN DE ACCESORIOS CRP-07 DE SALIDA D=1 1/2"	20.00
INSTALACIÓN DE ACCESORIOS CRP-07 DE SALIDA D=1"	250.00
INSTALACIÓN DE ACCESORIOS CRP-07 DE SALIDA D=3/4"	9.50
INSTALACIÓN DE ACCESORIOS CRP-07 DE LIMPIA Y REBOSE D=2"	8.00
INSTALACIÓN DE ACCESORIOS CRP-07 DE VENTILACIÓN D=2"	25.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TAPAS METÁLICA DE 0.60x0.60m, e=3/16"	25.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TAPAS METÁLICA DE 0.80x0.80m, e=3/16"	1.00
PIEDRA CHANCADA 1/2" PARA SUMIDERO	1.00
EXCAVACIÓN MANUAL PARA ESTRUCTURAS EN TERRENO NORMAL	5.00
REFINE Y COMPACTACIÓN EN T.N. PARA ESTRUCTURAS	6.00
RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	8.00
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE DP = 30m	2.00
CONCRETO f'c = 100 Kg/cm2 PARA SOLADOS	4.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, f'y= 4200 kg/cm2.	5.00
TARRAJEO DE EXTERIOR C:A 1:4, e = 1.5 cm	6.00
TARRAJEO INTERIOR CON IMPERMEABILIZANTE C:A 1:2 e=1.5cm	8.00
PINTURA LÁTEX EN ESTRUCTURAS EXPUESTAS 2, MANOS	8.00
PINTURA BITUMINOSA, CARAS EN CONTACTO CON EL TERRENO	10.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TAPAS METÁLICA DE 0.60x0.60m, e=3/16"	60.00
PIEDRA CHANCADA 1/2" PARA SUMIDERO	12.00
EXCAVACIÓN MANUAL PARA ESTRUCTURAS EN TERRENO NORMAL	6.00
REFINE Y COMPACTACIÓN EN T.N. PARA ESTRUCTURAS	16.00
RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	250.00
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE DP = 30m	9.50
CONCRETO f'c = 100 Kg/cm2 PARA SOLADOS	8.00
EMBOQUILLADO DE PIEDRA CON CONCRETO f'c=140 kg/cm2, e = 0.15 cm	25.00
ACERO CORRUGADO GRADO 60, f'y= 4200 kg/cm2.	25.00
TARRAJEO DE EXTERIOR C:A 1:4, e = 1.5 cm	4.00
TARRAJEO INTERIOR CON IMPERMEABILIZANTE C:A 1:2 e=1.5cm	4.00
PINTURA LÁTEX EN ESTRUCTURAS EXPUESTAS 2, MANOS	8.00
PINTURA BITUMINOSA, CARAS EN CONTACTO CON EL TERRENO	8.00
INSTALACIÓN DE ACCESORIOS DE VALVULA DE PURGA D=3/4"	8.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TAPAS METÁLICA DE 0.60x0.60m, e=3/16"	10.00
PIEDRA CHANCADA 1/2" PARA SUMIDERO	15.00
LIMPIEZA DE TERRENO NORMAL	50.00
TRAZO, NIVELACIÓN Y REPLANTEO	5.00
EXCAVACIÓN DE ZANJA EN MATERIAL CONGLOMERADO A=0.40 m, H=0.80m	60.00
REFINE Y NIVELACIÓN DE FONDO DE ZANJA B=0.40 T.N	12.00
CAMA DE APOYO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO H=10cm, A=0.40m	6.00
RELLENO DE ZANJA APISONADO CON MATERIAL PROPIO A=0.40m, H=0.70m	16.00
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE DP = 30m	20.00
INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC SAP 1/2"	250.00
INSTALACIÓN DE CAJA DE MEDIDOR	9.50

VEREDA DE CONCRETO F'C=175 KG/CM 2	8.00
INSTALACIÓN DE ACCESORIOS/CONEXIONES DOMICILIARIAS, D=3/4"	25.00
INSTALACIÓN DE ACCESORIOS/CONEXIONES DOMICILIARIAS, D=1/2"	25.00
PRUEBA HIDRÁULICA Y DESINFECCIÓN EN REDES DE AGUA - CONEXIONES DOMICILIARIAS	8.00
OBRAS ESTRUCTURALES (CASETA)	10.00
INSTALACIONES Y MONTAJE MECÁNICO	15.00
INSTALACIONES Y MONTAJE ELÉCTRICO/INSTRUMENTACION	100.00
PRECOMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA	1000.00
TRASLADO DE TUBERÍAS	20.00
INSTALACIÓN DE TUBERÍAS	60.00
SOLDEO DE TUBERÍAS	150.00
MONTAJE DE VÁLVULAS DE VENTEO	50.00
RESANE DE PINTURA DE TUBERÍAS	6.00
PRUEBA HIDROSTÁTICA LÍNEA DE BOMBEO	300.00
SUMINISTRO Y MONTAJE DE ESTRUCTURA PORTICO	14.00
TRASLADO DE BOMBA	40.00
MONTAJE DE BOMBA	25.00
SUMINISTRO Y MONTAJE DE SOPORTES EN ESTACIÓN DE BOMBEO	30.00
MONTAJE DE PIPING EN ESTACIÓN DE BOMBEO.	750.00
MONTAJE DE VÁLVULAS EN ESTACIÓN DE BOMBEO	0.17
SUMINISTRO Y MONTAJE DE SOPORTES A LA LLEGADA AL RESERVORIO	0.14
MONTAJE DE PIPING A LA LLEGADA AL RESERVORIO	0.33
PRECOMISIONADO DE BOMBA	0.10
PRECOMISIONADO DE VÁLVULAS	150.00
PRECOMISIONADO DE SISTEMA DE BOMBEO	100.00
REPLANTEO TOPOGRÁFICO DE LÍNEA Y UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS	60.00
EXCAVACIÓN DE ZANJAS EN TERRENO ROCOSO PARA DUCTOS	5.00
EXCAVACIÓN EN TERRENO ROCOSO PARA BUZÓN DE CONCRETO	120.00
EXCAVACIÓN EN TERRENO ROCOSO PARA IZAJE DE POSTES C.A.C.	200.00
EXCAVACIÓN DE HUECO P/RETENIDA EN TERRENO NORMAL	250.00
EXCAVACIÓN EN TERRENO ROCA FRACTURADA PARA PUESTA A TIERRA	100
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTES	0.75
TRANSPORTE DE POSTES DE C.A.C. DE 13 m DE ALMACÉN A PUNTO DE IZAJE	40.00
IZAJE DE POSTE C.A.C. 13 m	30.00
RELLENO Y COMPACTACIÓN PARA CIMENTACIÓN DE POSTE	5.00
INSTALACIÓN DE RETENIDA INCLINADA R.I.	30.00
RELLENO Y COMPACTACION DE RETENIDA	20.00
ARMADO DE DERIVACION TENSADA 3Ø DT-3	0.45
ARMADO DE SOPORTE DE RETENCIÓN 3Ø CON SECCIONAMIENTO Y MEDICION EN	0.45
SOPORTE TERMINAL VERTICAL TRIFÁSICO PTVE-3+P SEC-3P	0.10
MONTAJE DE TRANSFORMADOR MIXTO DE TENSIÓN Y CORRIENTE (TRAFOMIX)	0.07
TENDIDO Y TEMPLADO DE CONDUCTOR AAAC DE 1x50 mm ²	4.00
TENDIDO DE CONDUCTOR N2xSY DE 1x50 mm ²	4.00
TENDIDO DE CONDUCTOR TIPO NY 2(3-1x240+1x185(N) mm ²)	4.00
INSTALACIÓN PUESTA A TIERRA (CON UNA VARILLA)	5.00
RELLENO Y COMPACTACIÓN P/PUESTA A TIERRA	4.00
INSTALACIÓN DE DADOS DE CONCRETO	15.00
INSTALACIÓN DE DUCTOS DE PVC-SAP DE 4" DE DIÁMETRO	2.00
CONSTRUCCIÓN DE POZO DE PERCOLACIÓN	4.00
CONSTRUCCION DE BUZONES DE CONCRETO	8.00
POSTE METALICO 4"x 6 MTS	2.50
INSTALACIÓN DE PUESTAS A TIERRAS	5.00
PRUEBAS ELÉCTRICAS, SEÑALIZACIÓN Y PINTADO DE ESTRUCTURAS.	100
TRAMITE E INSTALACIÓN DEL MEDIDOR	150.00
CORTE Y RECONEXIÓN DEL SERVICIO	120.00
EXPEDIENTE TÉCNICO FINALES CONFORME A OBRA DE REDES PRIMARIAS, INC. P	60.00
LUMINARIA HERMÉTICA DE 2X36W IP 65	4.00
LUMINARIA DE EMERGENCIA	5.00

INTERRUPTOR SIMPLE DE 16AMP	6.00
TOMACORRIENTE DE 2P+TIERRA 16AMP	8.00
TUBERÍA EMT DE 3/4"	2.00
TRANSFORMADOR DE 100KVA AL TABLERO TG 50mm ² /3F+25mm ² /TIERRA	2.00
TABLERO TG AL BOMBA DE 30HP 6mm ² /3F+4mm ² /TIERRA	8.00
TABLERO TG AL TABLERO T-PTAP 6mm ² /3F+4mm ² /TIERRA	8.00
TABLERO TG AL TABLERO T-DEP 6mm ² /3F+4mm ² /TIERRA	8.00
TABLERO TG AL CIRCUITO DE ILUMIANCIÓN EXTERIOR	3.00
TABLERO T-PTAP AL TABLERO CONTROL DE BOMBAS 6mm ² /3F+4mm ² /TIERRA	5.00
TABLEROS ELÉCTRICOS TG	1.00
TABLEROS ELÉCTRICOS T-BOM	1.00
TABLEROS ELÉCTRICOS T-DEP	2.00
TABLEROS ELÉCTRICOS T-PTAP	2.00
ANTENA	6.00
POSTE METALICO 3"	4.00
LUZ DE BALIZAS	8.00
BOYA ELÉCTRICA	6.00
PANEL SOLAR POLICRISTALIDO DE 330	24.00
BATERIA DE GEL DE LITIO 12V 230AH	160.00
CONTROLADOR MPPT 12/24-40A	200.00
INVERSOR	200.00
TABLERO ELÉCTRICO HERMÉTICO IP 65	200.00
BUZÓN ELÉCTRICO	350.00
CONDUCTOR N2XSY 1x35 mm ² , DE 18/30 KV	200.00
CONDUCTOR TIPO NYY 2(3-1x240+1x185(N) mm ²)	1.00
AISLADOR DE PORCELANA TIPO PIN, CLASE ANSI 56-3	2.00
ESPIGA DE A°G° DE 609 mm LONGITUD, PARA PERFIL Y AISLADOR ANSI 56-3	2.00
VARILLA DE ARMAR PREFORMADA SIMPLE PARA CONDUCTOR DE 50 mm ²	2.00
ALAMBRE DE AMARRE ALUMINIO RECOCIDO DE 50 mm ²	0.50
PERNO DE A°G° DE 16 MM Ø X 508 mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	3.00
ARANDELA CUADRADA PLANA DE A°G°, 57 X 57 X 5 mm, AGUJERO DE 18 mm Ø	5.00
GRAPA DE DOBLE VÍA DE ALUMINIO PARA CONDUCTOR DE 50 mm ²	3.00
CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO DE 25mm ² .	2.00
ELECTRODO DE COBRE DE 16mm ² x 2400mm	4.00
CONECTOR DE COBRE PARA ELECTRODO DE COBRE DE 16mmØ Y CU DE 25mm	6.00
CAJA DE REGISTRO DE CONCRETO ARMADO DE 400X400X300mm	4.00
TUBO DE PVC-SAP DE 1.5m DE LONG. X 1/2"Ø	2.00
PLANCHA DE FG DE 800mmØ x 6mm DE ESPESOR	4.00
DOSIS DE BENTONITA PARA PUESTA A TIERRA, BLS DE 30 Kg, CON TIERRA NEGRA	1.00

Anexo 9. Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)

SEMANAS	ACTIVIDADES PROGRAMADAS	ACTIVIDADES CUMPLIDAS	ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS	PPC	PPC ACUM
SEM 43	17	14	3	82%	82%
SEM 44	18	15	3	83%	83%
SEM 45	18	15	3	83%	83%
SEM 46	19	16	3	84%	83%
SEM 47	19	16	3	84%	84%
SEM 48	21	18	3	86%	84%
SEM 49	21	18	3	86%	84%
SEM 50	22	20	2	91%	85%
SEM 51	22	20	2	91%	86%
SEM 52	23	21	2	91%	87%
SEM 53	18	15	3	83%	86%
SEM 54	17	14	3	82%	86%
SEM 24	20	16	4	80%	85%
SEM 25	20	18	2	90%	86%
SEM 26	20	16	4	80%	85%
SEM 27	21	17	4	81%	85%
SEM 28	21	18	3	86%	85%
SEM 29	21	19	2	90%	85%
SEM 30	19	17	2	89%	86%
SEM 31	19	16	3	84%	86%
SEM 32	19	17	2	89%	86%
SEM 33	19	17	2	89%	86%
SEM 34	19	17	2	89%	86%
SEM 35	19	17	2	89%	86%
SEM 36	19	17	2	89%	86%
SEM 37	19	17	2	89%	86%
SEM 38	19	17	2	89%	87%
SEM 39	20	18	2	90%	87%
SEM 40	15	13	2	87%	87%
SEM 41	14	12	2	86%	87%
SEM 42	15	13	2	87%	87%
SEM 43	16	14	2	88%	87%
SEM 44	15	13	2	87%	87%
SEM 45	16	15	1	94%	87%
SEM 46	16	15	1	94%	87%
SEM 47	15	13	2	87%	87%
SEM 48	14	12	2	86%	87%
SEM 49	10	9	1	90%	87%
SEM 50	10	9	1	90%	87%
SEM 51	9	8	1	89%	87%

