

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“PLANIFICACIÓN Y CONTROL DEL MONTAJE DE UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES BASADO EN LA FILOSOFIA
LEAN CONSTRUCTION PARA LA HERRAMIENTA LAST PLANNER
SYSTEM PARA LA EMPRESA MINERA LOS QUENUALES REGIÓN LIMA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

JUAN CARLOS PIZANGO LOPEZ

Callao, 2023

PERÚ

Document Information

Analyzed document	TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL - PIZANGO LOPEZ_09.10.docx (D175769134)
Submitted	2023-10-12 02:07:00
Submitted by	
Submitter email	investigacion.fime@unac.pe
Similarity	5%
Analysis address	investigacion.fime.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	(T)_1A_CUCHO_HUAMAN_EDISON_TITULO PROFESIONAL_INGENIERO CIVIL_2023.DOC.docx Document (T)_1A_CUCHO_HUAMAN_EDISON_TITULO PROFESIONAL_INGENIERO CIVIL_2023.DOC.docx (D169154179)	 	5
SA	TSP Bicherson Michael Villacruz Córdor.docx Document TSP Bicherson Michael Villacruz Córdor.docx (D144705595)	 	3
SA	UCP_INGENIERÍACIVIL_2022_TESIS_RISTERMACEDO_OLFERMELENDREZ_V1.pdf Document UCP_INGENIERÍACIVIL_2022_TESIS_RISTERMACEDO_OLFERMELENDREZ_V1.pdf (D147964024)	 	4
SA	UCP_INGENIERÍACIVIL_2022_TESIS_WENDYJULON _CRISTIANQUIROZ_V1.pdf Document UCP_INGENIERÍACIVIL_2022_TESIS_WENDYJULON _CRISTIANQUIROZ_V1.pdf (D145051299)	 	2
SA	14645--Ccolqqe Fuentes, Renato Pascualy.pdf Document 14645--Ccolqqe Fuentes, Renato Pascualy.pdf (D57080207)	 	6
SA	TESIS _ HILARY SIRENA CHECLLO ALVAREZ.docx Document TESIS _ HILARY SIRENA CHECLLO ALVAREZ.docx (D159718139)	 	1
SA	Tesis Herrera Perez Jear Yinder y Ugaz Montalvo Carmen Mariella.docx Document Tesis Herrera Perez Jear Yinder y Ugaz Montalvo Carmen Mariella.docx (D115141404)	 	1
SA	1128-CHAVEZ RIMARACHIN, SAULO_.pdf Document 1128-CHAVEZ RIMARACHIN, SAULO_.pdf (D31987321)	 	1

Entire Document

LIBRO 001 FOLIO No. 186 ACTA N° 138 DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

A los 13 días del mes octubre, del año 2023, siendo las 18:20 horas, se reunieron, en el auditorio de Mecánica de Fluidos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, sito Av. Juan Pablo II N° 306 Bellavista – Callao, el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL** para la obtención del título profesional de INGENIERO MECÁNICO, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

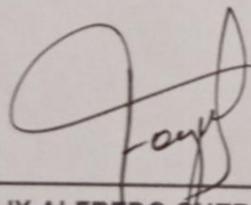
Dr.	FELIX ALFREDO GUERRERO ROLDAN	: Presidente
Mg.	ALFONSO SANTIAGO CALDAS BASAURI:	: Secretario
Mg.	ADOLFO ORLANDO BLAS ZARZOSA	: Miembro

Se dio inicio al acto de sustentación del informe de trabajo de suficiencia profesional del Bachiller **PIZANGO LOPEZ, JUAN CARLOS** quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico, sustenta el informe titulado "PLANIFICACIÓN Y CONTROL DEL MONTAJE DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES BASADO EN LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION PARA LA HERRAMIENTA LAST PLANNER SYSTEM PARA LA EMPRESA MINERA LOS QUENUALES REGIÓN LIMA", cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera presencial en el auditorio Mecánica de Fluidos,

Contando con la presencia del Supervisor General, Decano de la Facultad de Ciencias Económicas Dr. Augusto Caro Anchay, Supervisor de la FIME, Mg. Carlos Zacarias Diaz Cabrera y el representante de la Comisión de Grados y Títulos Mg. Jorge Luis Ilquimiche Melly.

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la sustentación, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó por unanimidad: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa **BUENO** y calificación cuantitativa **15 (QUINCE)**, la presente sustentación, conforme a lo dispuesto en el Art. 24 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150-2023- CU del 15 de junio del 2023.

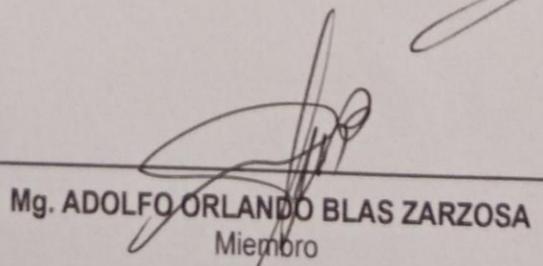
Se dio por cerrada la Sesión a las 18:52 horas del día 13 octubre de 2023.



Dr. FELIX ALFREDO GUERRERO ROLDAN
Presidente



Mg. ALFONSO SANTIAGO CALDAS BASAURI
Secretario



Mg. ADOLFO ORLANDO BLAS ZARZOSA
Miembro

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA y DE ENERGÍA
I CICLO TALLER DE TITULACIÓN PROFESIONAL POR LA MODALIDAD DE
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL 2023
JURADO DE SUSTENTACIÓN

INFORME Nº 009-2023-JS-I-CT-TSP-23

Visto el informe de Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: "**PLANIFICACIÓN Y CONTROL DEL MONTAJE DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES BASADO EN LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION PARA LA HERRAMIENTA LAST PLANNER SYSTEM PARA LA EMPRESA MINERA LOS QUENUALES REGIÓN LIMA**", presentado por el Bachiller en Ingeniería Mecánica: **PIZANGO LOPEZ, JUAN CARLOS**.

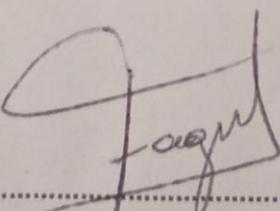
A QUIEN CORRESPONDA:

El presidente del Jurado de Sustentación del I ciclo taller de titulación por la modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional 2023, manifiesta que la sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: "**PLANIFICACIÓN Y CONTROL DEL MONTAJE DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES BASADO EN LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION PARA LA HERRAMIENTA LAST PLANNER SYSTEM PARA LA EMPRESA MINERA LOS QUENUALES REGIÓN LIMA**", se realizó el día 13 de octubre 2023 en el horario de 18:20PM. en forma presencial, encontrándose algunas observaciones en el Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional.

Posteriormente el bachiller **PIZANGO LOPEZ, Juan Carlos**, presentó el levantamiento de las observaciones; luego de la respectiva revisión minuciosa, el jurado da por aprobado el Trabajo Suficiencia Profesional.

Se emite el presente informe para los fines pertinentes.

Callao, 15 de diciembre 2023.


.....
Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldan
Presidente de Jurado de Sustentación
I-CT-TSP-23

DEDICATORIA

A mis padres Juan Pedro y Teresa que con tanta paciencia y sabiduría pudieron guiarme en este largo camino, ya que sin sus consejos esto no se pudo haber logrado, también a mis hermanos Miguel y Claudia que me apoyaron desde siempre y en especial para mi sobrino José Antonio que será una fuente de inspiración para los siguientes pasos profesionales.

AGRADECIMIENTO

A mis maestros.

Por el esfuerzo y tiempo que dedicaron en compartir sus conocimientos, que sin sus enseñanzas profesional no hubiese llegado a culminar esta etapa.

A Dios

Por seguir dándome vida, salud y sabiduría en todo el tiempo que he desarrollado mi formación y que me volvió a bendecir en estos tiempos.

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE CONTENIDOS	1
INDICE DE FIGURAS	3
INDICE DE TABLAS.....	5
INTRODUCCION.....	6
I. ASPECTOS GENERALES.....	8
1.1 Objetivos.....	8
1.1.1 Objetivo general.....	8
1.1.2 Objetivos específicos.....	8
1.2 Organización de la empresa o institución.....	9
1.2.1 Presentación de la empresa	9
1.2.2 Plan estratégico de la empresa	9
1.2.3 Estructura orgánica de la empresa	10
1.2.4 Puntos a desarrollar.....	10
1.2.5 Funciones del investigador	12
II. FUNDAMENTOS DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL.....	13
2.1. Marco teórico.....	13
2.1.1. Antecedentes.....	13
2.1.2. Bases teóricas.....	17
2.2. Descripción de las actividades desarrolladas.....	33
2.2.1. Cargo, funciones y responsabilidad del bachiller.....	33
2.2.2. Generalidades de proyecto.....	35
2.2.3. Descripción del proyecto.....	36
2.2.4. Criterios de diseño.....	37
2.2.5. Planificación y control del montaje.....	42
2.2.6. Términos básicos.....	60

III. APORTES REALIZADOS.....	62
3.1. Trabajos preliminares.	62
3.1.1. Revisión y distribución de la información.....	62
3.1.2. Revisión de documentación.....	65
3.1.3. Planificación de la fabricación en talleres.	65
3.1.4. Planificación en compra de equipos.	65
3.1.5. Inspección de estructuras metálicas y equipos en obra	65
3.1.6. Reconocimiento del lugar de la obra	66
3.2. Planificación, ejecución, control y cierre de obra.....	66
3.2.1. Distribución y revisión de la información.....	66
3.2.2. Inducción de personal.....	67
3.2.3. Planificación de la obra.....	68
3.2.4. Control de la obra	68
3.2.5. Seguimiento a los controles de calidad	69
3.2.6. Valorización de la obra	70
3.2.7. Pruebas y puesta en marcha	71
3.2.8. Informes finales de obra	71
IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES.....	72
4.1. Discusión	72
4.2. Conclusiones.	73
V. RECOMENDACIONES	75
VI. BIBLIOGRAFIA	76
ANEXOS.....	78
Anexo 1 Planos de ingeniería	78
Anexo 2 Panel fotográfico	83
Anexo 3 Documentos de gestión	84

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Estructura organizacional en la gerencia de construcción y proyectos	10
Figura 1.2 Flujograma de actividades dentro del área de proyectos.....	11
Figura 1.3 Unidad minera Iscaycruz.....	11
Figura 2.1 Beneficios de la implementación Lean en proyectos	19
Figura 2.2 Retos de implementar Lean	19
Figura 2.3 Método tradicional vs enfoque Lean.....	20
Figura 2.4 Principios del Last Planner System	21
Figura 2.5 Formación de asignaciones en el proceso de planificación del last planner.....	22
Figura 2.6 Interacción de actividades planificadas siguiendo planificación tradicional.	22
Figura 2.7 Metodología de planificación de proyectos con la filosofía LEAN.	23
Figura 2.8 Sistema de trabajo del último planificador	23
Figura 2.9 Sesión del planificador	24
Figura 2.10 Ejemplo de programación maestra.....	25
Figura 2.11 Ejemplo de una planificación por fases.	26
Figura 2.12 Ejemplo de una planificación por fases.	27
Figura 2.13 Revisión de actividades antes del Lookahead.....	28
Figura 2.14 Ejemplo planificación semanal, a corto plazo	29
Figura 2.15 Porcentajes de plan completado	30
Figura 2.16 Resumen de porcentaje de levantamiento de restricciones.....	31
Figura 2.17 Muestra una estructura típica de reunión de planificación semanal.	31
Figura 2.18 Flujo de la metodología Last Planner System.....	32

Figura 2.19 Sectorización del proyecto PTAM	45
Figura 2.20 Curvas del proyecto PTAM	52
Figura 2.21 Carta balance semana N°21 actividad: Instalación de soportes	60
Figura 3.1 Fotos de interferencias entre la ingeniería y el área de proyecto.....	66
Figura 3.2 Reunión para distribución de información del proyecto	67
Figura 3.3 Inducción al personal de la contratista	67
Figura 3.4 % de PPC cumplidos respecto a otros proyectos.....	69
Figura 3.5 Trabajo productivo vs referencia a otros proyectos	69
Figura 3.6 Control de calidad en la llegada de equipo y montaje	70
Figura 3.7 Caminatas en obra y revisión de pruebas.	71
Figura A.1 Vista de planta.....	78
Figura A.2 Plano de procesos p&id.	79
Figura A.3 Planos de tanques y clarificador	80
Figura A.4 Planos de aterramiento eléctricos.....	81
Figura A.5 Planos de revisión	82

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Ejemplo de causas de no cumplimiento	30
Tabla 2.2 Temperatura de diseño para cada sistema de tuberías	38
Tabla 2.3 Factores de diseño usados para el presente proyecto.....	39
Tabla 2.4 Criterios de dimensionamiento de tuberías.....	41
Tabla 2.5 Presupuesto proyecto PTAM.....	44
Tabla 2.6 Cronograma de hitos PTAM	44
Tabla 2.7 Secuencia de partidas a ejecutar.	46
Tabla 2.8 Cronograma nivel 2	46
Tabla 2.9 Cronograma nivel 3.....	47
Tabla 2.10 Programación 3wl, intervalo a 3 semanas.	53
Tabla 2.11 Análisis de restricciones semana N°21.....	54
Tabla 2.12 Inventario de trabajo ejecutable semana N°21	55
Tabla 2.13 Programación semanal semana N°21	57
Tabla 2.14 Porcentaje de plan cumplido (PPC), semana N°21	58
Tablas 2.15 Causas de no cumplimiento, restricciones.....	59
Tabla 3.1 Formatos para compartir información	63
Tabla 3.2 Formatos para compartir información. cambiar por figura.....	64
Tablas 3.3 Tabla de proyectos y sus %PPC	68
Tablas 3.4 Tabla de proyectos y sus % de carta balance.....	69
Tabla 3.5 Presupuesto proyectado vs real.	70

INTRODUCCION.

El Perú es reconocido por ser uno de los países líderes en la extracción de materias primas por mencionar algunas, en el contexto actual estamos en el segundo puesto en producción de plata, cobre y zinc y el sexto de oro en todo el mundo, esto conlleva a que muchas empresas transnacionales y nacionales miren al Perú como un país donde pueden invertir y desarrollar esta actividad. Para ello deben de regirse a las normas y leyes de nuestro territorio, formado parte importante el cuidado de medio ambiente, punto importante en la descripción del presente informe ya que está basado en el montaje de una planta de tratamiento de aguas cuyo fin es garantizar que las aguas vertidas al medio ambiente cumplan con lo requerido en los LMP y ECA's.

Lo que se quiere presentar en el informe es dar a conocer la serie de elementos y agentes que intervienen en la planificación y control del proyecto: Montaje de una planta de tratamientos de aguas industriales, propietario de la empresa Glencore división Zinc representada por la minera Los Quenuales unidad Iscaycruz, para ello se describirá la implementación de Last Planner System, que es parte de una filosofía Lean Construction, ya que en todo proyecto de construcción siempre hay retrasos por diferentes motivos y circunstancias ajenas al proyecto, y que impacta en forma negativa en la planificación sobre todo con el cronograma de entrega del proyecto ya que como las actividades no se producen en las fechas retrasa el proyecto, sumado a que se produce una pésima utilización recursos económicos es por ello que se necesita realizar una mejora continua a través de la filosofía Last Planner System.

Los principales fundamentales que todo proyecto afronta es: planificación, seguimiento y control de avance, los cuales fueron expuestos y se realizaron un profundo análisis en sus restricciones que derivó en soluciones anticipadas a los posibles problemas ocurrido en la obra, esto fue base fundamental para una adecuada planificación y control de obra, para ello propusimos el empleo del LPS con una programación intermedia de tres semanas de duración y programaciones semanales.

En la parte I se procede a describir aspectos generales del informe, identificando el objetivo general y específicos del mismo. Así como la organización de la empresa en la que desarrolle mi experiencia profesional, describiendo una breve reseña histórica, organización, la visión, misión, y sus objetivos estratégicos, así como el cargo que desempeñe y las funciones que realicé.

En la parte II, se plantea el marco teórico, las funciones desarrolladas por el bachiller y la descripción de la planificación para el montaje de la Planta de tratamiento utilizando Lean Construction con su aplicación en Last Planner.

En la parte III, se menciona los aportes realizados por el bachiller sustentando con evidencias y/o diagramas las ventajas y beneficios en el empleo de la herramienta Last Planner durante la planificación y control en el montaje de la planta de tratamiento.

En la parte IV se presenta la discusión con resultados de otros estudios y las conclusiones del informe que justifican el empleo de la herramienta Last Planner en la planificación y control del montaje de la planta de tratamiento.

En la parte V, se presenta algunas recomendaciones sobre los aportes realizados.

Y en la última parte VI, se finaliza con las referencias bibliográficas y los anexos correspondientes, que sirvieron como medios de información complementaria en el desarrollo del presente informe.

De esta manera se describe la magnitud del proyecto y los aportes que realice durante la fase constructiva teniendo en consideración sus principales problemas y soluciones respectivas.

I. ASPECTOS GENERALES.

Glencore es una de las empresas más grandes del mundo en la extracción de minerales, teniendo una base de operaciones en Perú, Glencore Perú cuenta con operaciones mineras de Cobre (Antapacay y Antamina) y división Zinc (Los Quenuales) además una unidad logística en el Callao (Perú).

El informe se centrará en la empresa minera Los Quenuales unidad Iscaycruz que se localiza en la parte central occidental de los Andes, distrito Pachangara, provincia Oyón, departamento Lima-Perú, la altitud es 4,700 msnm. este centro contiene minerales como Zn, Pb y Ag. este centro minero comienza sus operaciones en el año de 1996 explotando la mina Limpe, actualmente tiene una planta de beneficio con capacidad de 4,000 TPD.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general.

- Implementar un modelo sistémico para la planificación y el control aplicable al montaje de una planta de tratamiento de aguas basado en la herramienta Lean Construction: Last Planner System para la empresa minera los Quenuales región Lima.

1.1.2 Objetivos específicos.

- Evaluar el cumplimiento de los objetivos de tiempos productivos, plazos, costos y eficiencia de mano de obra en el proyecto.
- Analizar el efecto que causa el uso del Last Planner System en el trabajo productivo, trabajo contributivo y trabajo no contributivo en la construcción.
- Evaluar los resultados de la implementación de las herramientas del Lean Construction a través de indicadores económicos

1.2 Organización de la empresa o institución.

1.2.1 Presentación de la empresa

Los Quenuales son operadores eficientes de un centro minero. El equipo conformado tiene un fuerte compromiso con la entrega de un producto confiable, seguro y de alta calidad. Para ello realizan sus actividades con total responsabilidad. Por ello nuestros operadores tiene valores éticos y morales que hacen la diferencia.

1.2.2 Plan estratégico de la empresa

Nuestro deber es crear al Perú y a la sociedad un crecimiento sostenible sin perjudicar el medio ambiente, ni el ámbito social de las comunidades aledañas, además de generar empleo a más peruanos.

1.2.2.1 Visión:

Es contribuir con el desarrollo del Perú, de nuestros trabajadores y de las comunidades aledañas al proyecto para así cerrar las brechas desigualdad.

1.2.2.2 Misión:

Siempre la empresa tiene un alto de responsabilidad social es por ello que contribuye a la educación y salud mediante proyectos a las comunidades aledañas, así como también brinda empleo generando riqueza en las comunidades y por ende en el Perú.

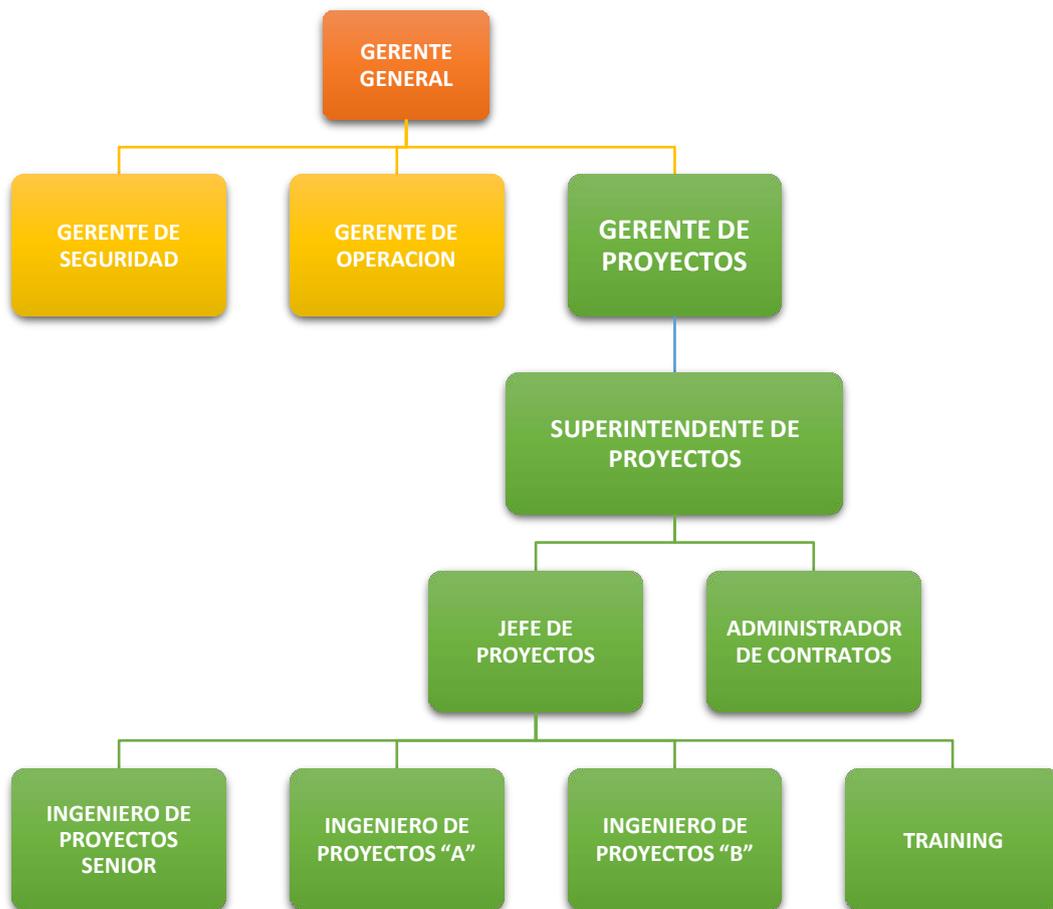
1.2.2.3 Valores:

Los valores que tiene la empresa y que se imparte a los directivos y trabajadores son integridad, confianza, compromiso. Somos responsables de nuestros actos y sus consecuencias y de la administración eficiente de los recursos, operando con responsabilidad social y ambiental, promoviendo el desarrollo sostenible.

respeto y reconocimiento. Reconocemos los logros de cada uno, respetando las tradiciones y promovemos una cultura donde las ideas y contribuciones se valoran.

1.2.3 Estructura orgánica de la empresa

Figura 1.1 Estructura organizacional en la gerencia de construcción y proyectos



Fuente: realizado por el autor

1.2.4 Puntos a desarrollar

Los puntos desarrollados utilizando la filosofía Last Planner System fueron:

1. Reuniones con la gerencia general para exponer el sistema
2. Capacitaciones al personal en general.
3. Reuniones con jefes de sección entregando las fichas de registro.

4. Anotaciones por parte de los jefes de sección en las fichas de registros.
5. Juntar y ordenar las fichas debidamente llenadas.
6. Analizar la información recogida en las fichas de registro.
7. Presentar los resultados a la alta gerencia.

Figura 1.2 Flujograma de actividades dentro del área de proyectos.



Fuente: realizado por el autor

Figura 1.3 Unidad minera Iscaycruz



Fuente: realizado por el autor

1.2.5 Funciones del investigador

Las funciones desempeñadas por el investigador en la empresa fueron:

- Supervisar los proyectos tipo EPC (de proyectos nuevos, ampliaciones de planta concentradora, infraestructura en interior mina y mantenimientos de carreteras)
- Planificar y controlar de proyectos, bajo el enfoque Lean Construction – Last Planner System, herramientas necesarias para llevar a cabo este control, administrar y evaluación del proyecto.
- Participar en la revisión de ingeniería básica, ingeniería a detalle de los proyectos en ejecución y/o licitación.
- Verificar la ejecución de partidas de la obra, testificación y control de calidad de pruebas en campo
- Elaborar entregables del proyecto, cronogramas de obras, seguimiento de los proyectos (curvas de control), elaboraciones de reportes semanales y mensuales de estatus general.
- Administrar y controlar la ejecución de Capex / AFE´s de los proyectos de la unidad.
- Controlar la ejecución presupuestal de los contratos marco y ordenes de servicio.

Requisitos para el puesto

Para ser seleccionado en la empresa tuve que reunir los siguientes requisitos:

- Bachiller en ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y/o afines.
- Tener experiencia 3 año en mantenimiento de equipos.
- Tener conocimiento avanzado de Office.
- Tener conocimiento avanzado de AutoCad.
- Tener conocimiento básico del idioma inglés.

II. FUNDAMENTOS DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

En esta parte se detallará los estudios previos y el marco teórico que sustentan lo realizado durante mi experiencia profesional, además de los términos básicos que se emplean en el mismo.

2.1. Marco teórico

En la ejecución de proyectos siempre se tiene 2 pilares con los cuales se debe ser muy preciso durante su planificación que son el tiempo y costo, el primero se refiere a los plazos de ejecución que eventualmente no se pudieran cumplir y afectan a los intereses del cliente y el segundo está asociado a los mayores costos que en muchos casos superan largamente los previstos generando pérdidas que afectan al constructor.

Con el fin de que estos factores cumplan con las expectativas de los interesados se pone en ejecución la metodología del last planner y así tener un mejor control en el desarrollo del proyecto en estudio.

2.1.1. Antecedentes.

2.1.1.1. Antecedentes nacionales

(Rodríguez, 2023) en su estudio llamado: “Aplicación de last planner system en la fortificación de rocas del camino Llata – Antamina – 2022” tiene por objetivo realizar trabajos de reforzamiento de rocas mediante la herramienta Last Planner System. El estudio es enfoque cuantitativo, de diseño no experimental, tipo descriptivo. Los resultados fueron los planificados ya que se redujo en un 85% los impactos acumulados, realizando un control al 70%. Se concluye que la herramienta Last Planner System mejora la planificación y el control de los proyectos en forma gradual y sostenible en el tiempo.

(Gutierrez, 2022) en su estudio llamado: “Propuesta de mejora para reducir los retrasos en los proyectos de montaje de transformadores basado en la

implementación de herramientas lean y la guía del PMBOK” tiene por objetivo reducir el tiempo del montaje de los equipos eléctricos industriales para así ganar productividad reducir tiempos muertos. Se basó en un enfoque cuantitativo de diseño no experimental, tipo descriptivo. Los resultados mejoraron un 70% la planificación y en un 80% el control del proyecto a comparación método tradicional. Se concluye que la herramienta last construction mejora en forma notable la planificación y el control del proyecto a comparación del método tradicional.

(Carrera, y otros, 2021) en su estudio llamado: “Propuesta de aplicación del lean construction para mejorar la planificación y el control en la ejecución de la partida UBS de las obras de saneamiento rural en la empresa Ripesa Perú E. I. R. L. – 2020” el objetivo es realizar el diseño mediante el Lean Construction para mejorar planificación y el control en el proyecto. Se basó en un enfoque cuantitativo de diseño no experimental, tipo descriptivo. Los resultados mejoraron un 70% la planificación y en un 80% el control en el proyecto a comparación método tradicional. Se concluye que la herramienta last construction mejora en forma notable la planificación y el control del proyecto a comparación del método tradicional.

(Valdizán, 2020) en su estudio llamado: “Aplicación de la metodología Lean Construction para mejorar la productividad en las partidas de red de alcantarillado y línea de conducción en el proyecto: mejoramiento y ampliación de los servicios de agua potable e instalación del sistema de alcantarilla” el objetivo es diseñar un sistema de planificación y control del proyecto mediante la herramienta Lean Construction. Este estudio se basó en enfoque cuantitativo, de diseño no experimental de tipo descriptivo. Los resultados fueron que la planificación mejoro en un 75% y por lo que el tiempo de entrega de la obra también mejoro en un 80% ya que si respeta la planificación los proyectos tendrán mucho control. Se concluye que mediante la herramienta Lean Construction mejora la planificación y el control en los proyectos.

(Guzmán, y otros, 2019) en su estudio llamado: “Integración sistémica y evaluación de herramientas de la filosofía lean construction: last planner system y Pull Planning en la planificación y control de un túnel de trinchera cubierta en el Perú” tiene por objetivo realizar un sistema para planificación y control bajo la herramienta Lean Construction: Last Planner System y Pull Planning para ayudar en la construcción de un túnel. Este estudio se basó en enfoque cuantitativo, de diseño no experimental de tipo descriptivo. Los resultados obtenidos fueron que la mejora utilizando Last Planner System hasta en un 80% en comparación Pull Planning que solo muestra 55%. Se concluye en utilizar la filosofía Last Planner System porque una metodología ágil y eficiente, sobre todo fácil de aprender por su sencillez.

(Pirca, y otros, 2019) en su estudio llamado: “Aplicación del sistema last planner system en el proceso de planificación de la obra: "dirección regional de educación de Huancavelica" tiene por objetivo la utilización del sistema Last Planner System para así mejorar la planificación y control del proyecto. Este estudio se basó en enfoque cuantitativo, de diseño no experimental de tipo descriptivo. Los resultados fueron que se mejoró en la planificación un 84% y en el control 91% en comparación con el método tradicional. Se concluye que el sistema Last Planner System mejora el proceso de planificación y control en los proyectos por su ágil en su esquema y su sencillez en aplicarlo.

2.1.1.2. Antecedentes internacionales

(Vargas, y otros, 2023) este estudio llamado: “Guía práctica para la implementación de la metodología LEAN Construction en el proyecto Termosuria” tiene por objetivo implementar metodología Lean Construction en un proyecto montaje de quipos hidráulicos con el fin aumentar productividad. El estudio es enfoque cuantitativo, de diseño no experimental, tipo descriptivo. Los resultados fueron los planificados ya que se redujo en un 80% los impactos acumulados, realizando un control al 85%. Se concluye que con la metodología Lean construction mejora la planificación y el control de los proyectos en forma gradual y sostenible en el tiempo.

(Barcia, y otros, 2023) en su estudio llamado: "Planificación para la provisión de agua potable en la comunidad de La Isla de Puembo, Provincia de Cotopaxi aplicando Lean Construction Planner" tiene por objetivo mediante metodología Lean Construction planner se realice una correcta planificación y control del agua en una comunidad. Este estudio se basó en enfoque cuantitativo, de diseño no experimental de tipo descriptivo. Los resultados arrojados fueron que la planificación y el control sobre este recurso hídrico mejoro en 70% ya que el agua era desperdiciada por la no planificación ni control. Se concluye que por medio de esta metodología last construction system mejora planificación y control del agua para uso doméstico e industrial.

(Gómez, 2022) en su estudio llamado: "Guía práctica para la implementación de la metodología LEAN Construction en el proyecto Termosuria" tiene por objetivo es diseñar un sistema Lean Construction para la mejora de los procesos de planificación y control en el proyecto. Este estudio se basó en enfoque cuantitativo, de diseño no experimental de tipo descriptivo. Los resultados fueron que el sistema mejora en todos los aspectos al método tradicional mejorando los indicadores planificación hasta 95% y los indicadores de control en un 89%. Se concluye que la metodología Lean Construction mejora la planificación y control en los proyectos permitiendo beneficiando a la empresa de 2 millones dólares en sobrecostos.

(Hermeza, 2021) en su estudio llamado: "Diseño de Vivienda de Interés Prioritario en la parroquia de San Antonio, aplicando la filosofía Lean Construction" tiene por objetivo que mediante la herramienta Lean Construction mejorar planificación de las viviendas. Este estudio se basó en enfoque cuantitativo, de diseño no experimental de tipo descriptivo. Los resultados es que el tiempo de entrega mejoro un 60%, los costos se redujeron en un 15% y la planificación mejoro 50%. Se concluye que la metodología Lean Construction ayuda en la mejora de los procesos de planificación de viviendas sociales.

(Cortez, 2020) en su estudio llamado: “Planificación integrada de mediano/largo plazo para obras interior mina en proyecto Andes Norte - nuevo nivel mina” tiene por objetivo realizar la comparación entre las herramientas Lean Construction y Lean Full Potential y verificar quien realiza una óptima planificación. Este estudio se basó en enfoque cuantitativo, de diseño no experimental de tipo descriptivo. Los resultados nos muestran que hay 60% de mejoría con Lean Construction, mientras que con Lean Full Potential solo hay 35% de mejoría en la planificación. Se concluye que la metodología Lean Construction es mucho mejor realizando procesos de planificación que el método tradicional.

(Rojo, 2019) en su estudio llamado: “Análisis comparativo entre el método tradicional y la práctica de lean construction, para el proceso de mampostería en obra” tiene por objetivo comparar el método tradicional y el método Lean Construction ver que método aplica mejor proceso planificación y control. este estudio se basó en enfoque cuantitativo, de diseño no experimental de tipo descriptivo. Los resultados fueron que mediante método Lean Construction la planificación y el control mejoraron un 70% a comparación del método tradicional. Se concluye que el método Lean Construction mejora los procesos de cualquier proyecto.

2.1.2. Bases teóricas.

En esta parte se dan a conocer las definiciones más importantes para que el presente informe sea de fácil entendimiento.

2.1.2.1. ¿Qué es el Lean?

Terminológicamente en inglés significa Lean sin pérdidas. (Pons, 2015)

2.1.2.2. Definición de Lean Construction.

Es una metodología de gestión de proyectos que tiene por propósito buscar una mejora continua de los proyectos otorgando al cliente beneficios que van en la planificación, control, diseño relacionado a sus procesos, estos nuevos

conocimientos permitirán a la empresa en optimizar los recursos y maximizando la producción en beneficio de la organización que lo aplica ya que ahorrará tiempo, materiales, recursos humanos y económicos. (Pons, 2015)

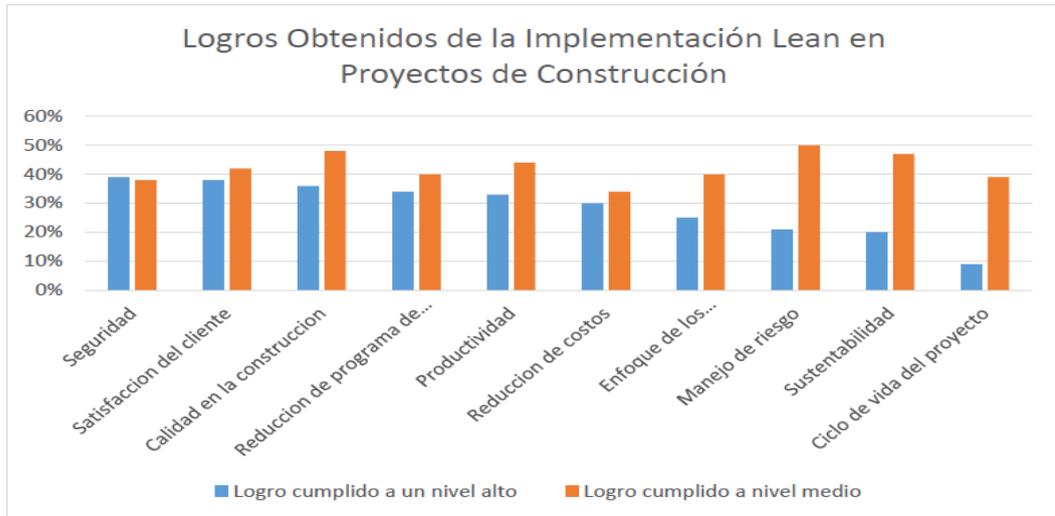
2.1.2.3. Retos de la implementación.

Según (Gamarra, 2017), La implementación de esta herramienta Lean Construction siempre será un reto ya que cada empresa u organización es otra realidad es por ello que hay siempre tener en cuenta superar los obstáculos más usuales como:

- Reducir en su máximo expresión todas aquellas acciones que no den beneficio a la organización.
- Considerar aumentar valor del producto finalizado.
- Esquematizar todas las necesidades del usuario.
- Disminuir la variabilidad.
- Disminuir los tiempos del ciclo.
- Simplificar procesos.
- Aumentar la flexibilidad del producto finalizado.
- Los procesos deben ser transparentes.
- Verificar todos los procesos.
- Realizar mejoras continuas
- Balance de mejoramiento del flujo con el mejoramiento de la conversión.

Los principales motivos que las organizaciones quieren mejorar para así ser más competitivas y consolidarse en el mercado son:

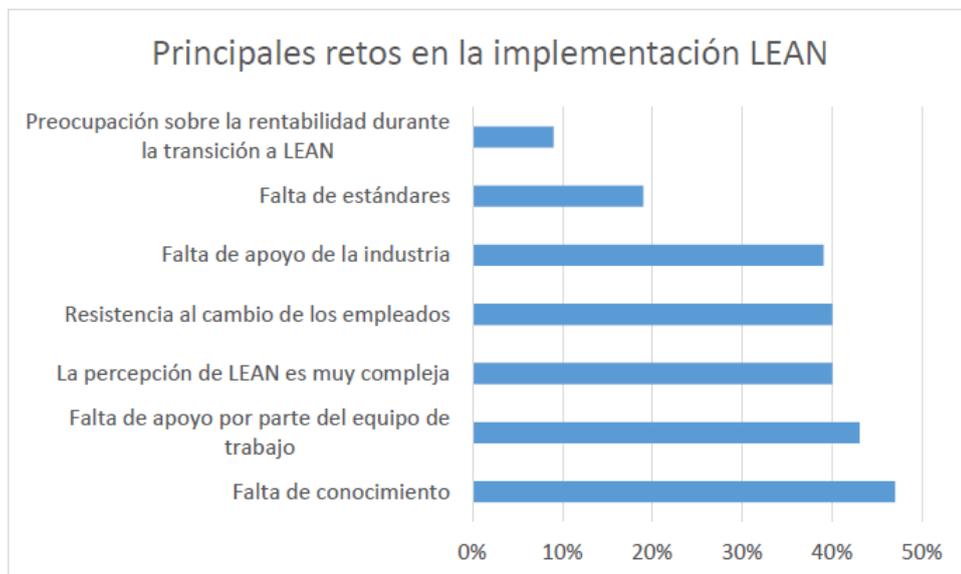
Figura 2.1 Beneficios de la implementación Lean en proyectos



Fuente: (Congreso Nacional Lean Construction, 2017)

Según (K+K GROUP, 2019) la organización por lo general no tiene implementado ninguna metodología de gestión por ello siempre los retos a superar será:

Figura 2.2 Retos de implementar Lean

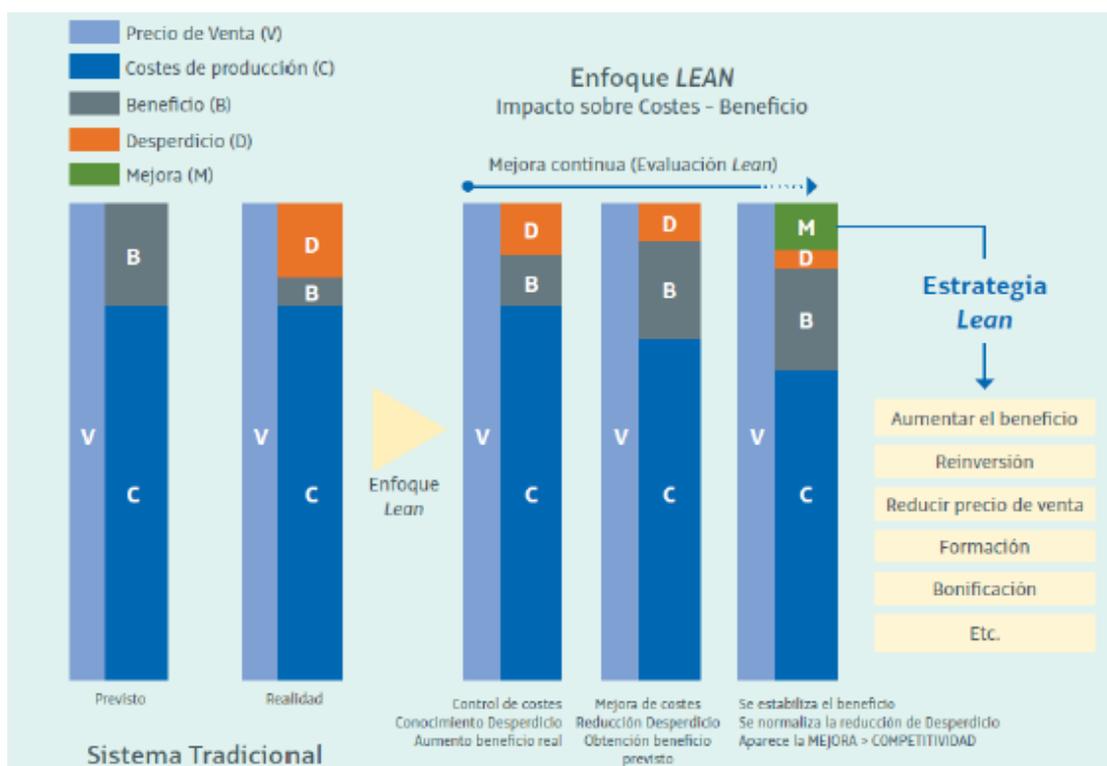


Fuente: (K+K GROUP, 2019)

2.1.2.4. Modelo clásico vs modelo Lean.

Según (2019) Una de las grandes diferencias es que en el método tradicional no se toma en consideración los desperdicios mientras método LEAN siempre hay que minimizarla.

Figura 2.3 Método tradicional vs enfoque Lean



Fuente: (Pons, 2015)

2.1.2.5. Last Planner System.

Según (Palacios, 2016) es un sistema de planificación y control de la producción para proyectos de construcción, llevado a cabo por Glenn Ballard y Greg Howell desde mediados de los años 90, y se propuso los siguientes criterios de diseño o principios de un sistema de control de la producción para la construcción. según (2015) estos 5 principios se cumplen para el last planner® system

Figura 2.4 Principios del Last Planner System.

- 1. El trabajo no debe comenzar hasta que todos los elementos necesarios para la realización de un trabajo están disponibles. Por lo tanto, este principio se esfuerza por minimizar el trabajo en condiciones subóptimas, un hecho bastante típico en la gestión tradicional de la construcción.*
- 2. La realización de tareas se mide y se controla. El Porcentaje del Plan Completado (PPC), es el número de actividades previstas completadas, dividido por el número total de las actividades planificadas. Este enfoque en la realización del plan disminuye el riesgo de propagación de la variabilidad en los flujos de tareas aguas abajo.*
- 3. Las causas de no realización se analizan. Así, se lleva a cabo la mejora continua, durante todo el proceso, a través de ciclos de Deming PDCA (Plan-Do-Check-Act).*
- 4. Mantener un buffer de tareas conocidas para cada equipo. Por lo tanto, si la tarea asignada resulta imposible de llevar a cabo, el equipo puede cambiar a otra tarea. Este principio es fundamental para evitar pérdidas de productividad.*
- 5. En la planificación predictiva a medio plazo, los requisitos previos de las siguientes asignaciones son preparados de manera proactiva. De hecho, esto es un sistema Pull que contribuye a asegurar que todos los requisitos previos están disponibles para las asignaciones. Por otro lado, asegura que tengamos las reservas de material necesarias, en la cantidad necesaria, en el lugar necesario y en el momento en que son necesarias.*

Fuente: (Pons, 2015)

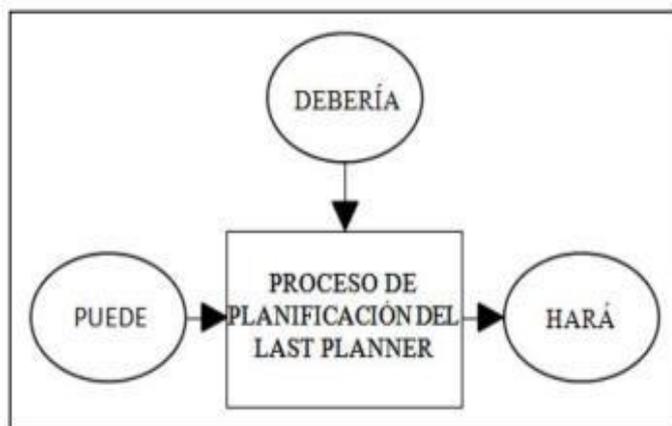
2.1.2.6. Metodología

Las actividades a ejecutar cada día según (Pons, 2015). Para ello, se introducen variables que facilitan la relación entre sí:

- Debería
- Puede
- Hará
- Hizo

El planificador finalmente decide lo que debe hacerse (*will*), pero correlaciona lo que debe (*should*), e incluso estima los límites hasta los que puede (*can*) (Ver Figura 2.5).

Figura 2.5 Formación de asignaciones en el proceso de planificación del last planner.



Fuente: (Pons, 2015)

Muchas veces la planificación se hace de acuerdo con lo que "debe hacerse", pero no en comparación con lo que "se puede" hacer, y es aquí donde se producen las fallas en el progreso real del proyecto. Las actividades generalmente se programan para 'hacer' de acuerdo con lo que 'deberían' y tienen un 'ámbito abierto' para su ejecución. Este escenario se presenta en la figura 2.6:

Figura 2.6 Interacción de actividades planificadas siguiendo planificación tradicional.



Fuente: (Pons, 2015)

Tradicionalmente, la planificación se hace de acuerdo a lo que hay que hacer, pero no se compara con lo que se podría hacer y es aquí donde se

producen las fallas en el avance real del proyecto. Las actividades generalmente se programan para 'hacer' de acuerdo con lo que 'deberían' y tienen un 'ámbito abierto' para su ejecución; este escenario se presenta en la figura 2.7:

Figura 2.7 Metodología de planificación de proyectos con la filosofía LEAN.



Fuente: (Pons, 2015)

Figura 2.8 Sistema de trabajo del último planificador

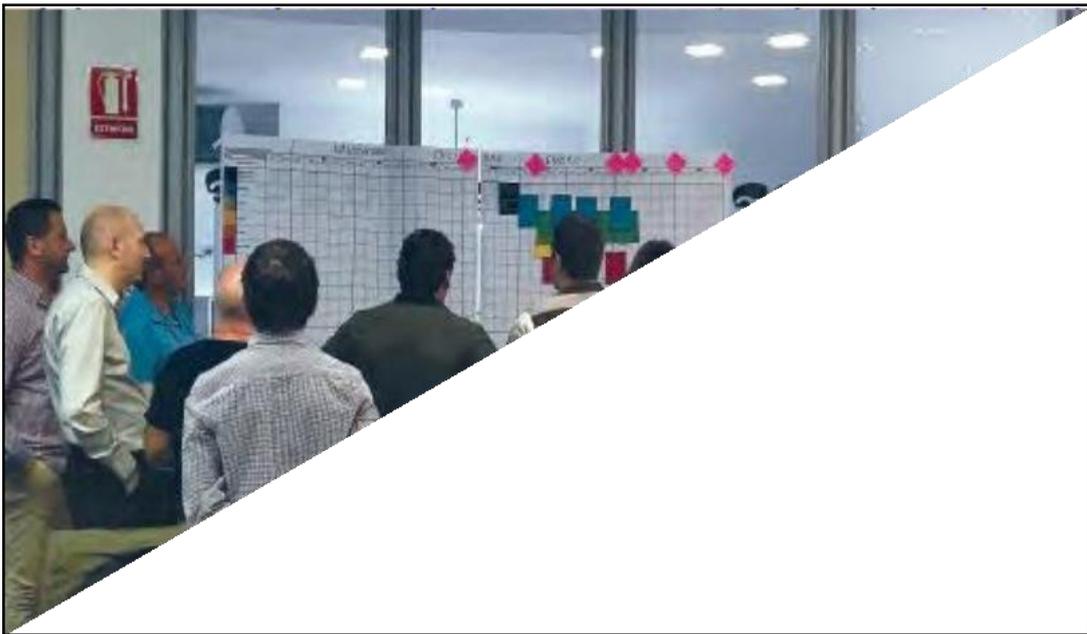


Fuente: (Pons, 2015)

Plan maestro

En aquel que contiene el alcance y las expectativas del proyecto, además de los puntos más resaltantes del mismo. Es importante que todo el equipo tenga la misma visión y objetivos, además de contemplar los principales lineamientos LEAN, para tener objetivos, entregables para así realizar un correcto seguimiento del mismo. (Pons, 2015)

Figura 2.9 Sesión del planificador

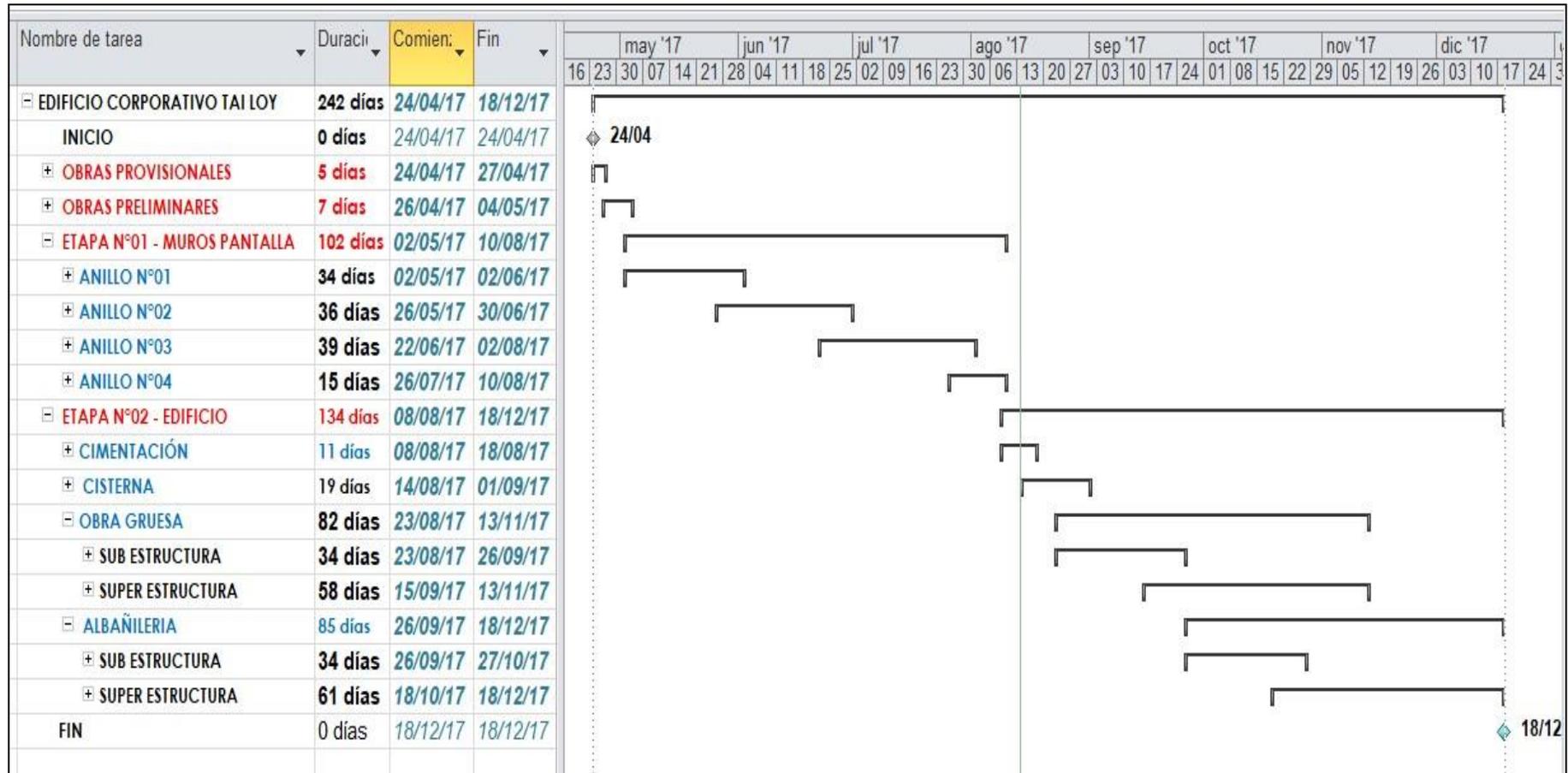


Fuente: realizado por el autor

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

- Definición de alcance
- Análisis de los stakeholders o partes interesadas: cliente, proveedores, subcontratistas,
- diseñadores, comunidad de usuarios, etc.
- Identificación de recursos críticos
- Identificación de hitos
- Análisis de riesgos del proyecto.
- Programación general de la obra (secuencia de actividades principales, duración real, etc.)
- Coste de las actividades.

Figura 2.10 Ejemplo de programación maestra.



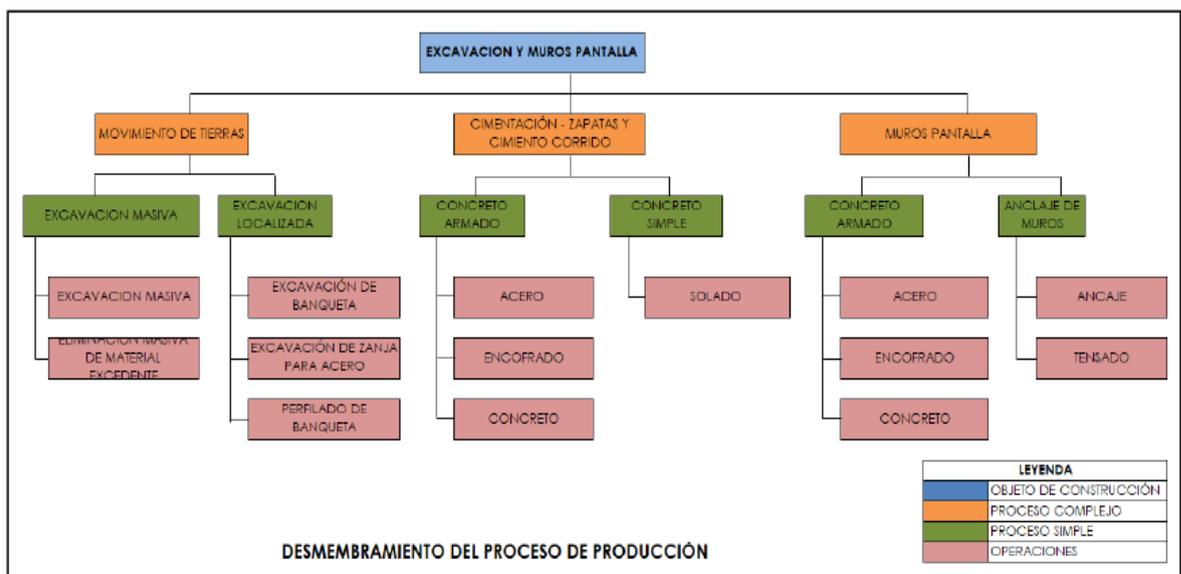
Fuente: realizado por el autor

Planificación por fases (PHase scheduling).

Según (Congreso Nacional Lean Construction, 2017) una planificación por fases tiene como propósito el elaborar un plan para completar una fase del trabajo donde:

- Se maximice la generación de valor.
- Los involucrados entiendan y apoyen de acuerdo a su experiencia.
- Los grupos de trabajos compartan y cuenten con la misma información.
- Las actividades programadas se elaboren en base al proceso look ahead para ser explotada en los detalles operativos y sea preparado para la asignación de los planes de trabajos semanales.

Figura 2.11 Ejemplo de una planificación por fases.



Fuente: (Pons, 2015)

Planificación intermedia (Lookahead plannig):

Según (Congreso Nacional Lean Construction, 2017) El Lookahead es el segundo nivel en la jerarquía de Last Planner System, en él se desarrolló las actividades que deberían hacerse en un futuro cercano. su principal objetivo es controlar el flujo de trabajo, entendiéndose como flujo de trabajo la coordinación de diseño (planos), proveedores (materiales y equipos), recursos humanos,

información y requisitos previos, que son necesarios para que la cuadrilla cumpla su trabajo. Para poder cumplir las funciones del Lookahead, existen determinados procesos específicos. a continuación, se explican cada uno de esos procesos.

Figura 2.12 Ejemplo de una planificación por fases.

PLANIFICACIÓN A MEDIO PLAZO (LOOKAHEAD)																																					
ID. Actividad	ACTIVIDADES	FECHAS		RESPONSABLE	LIBERADA	ENERO														FEBRERO																	
		INICIO	FIN			Semana 1					Semana 2					Semana 3				Semana 4					Semana 5					Semana 6							
						L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V		
						07-ene	08-ene	09-ene	10-ene	11-ene	14-ene	15-ene	16-ene	17-ene	18-ene	21-ene	22-ene	23-ene	24-ene	25-ene	28-ene	29-ene	30-ene	01-feb	02-feb	05-feb	06-feb	07-feb	08-feb	09-feb	12-feb	13-feb	14-feb	15-feb			
ENCOFRADOS																																					
	Encofrado ciclo 1	29/05	15/06		Si																																
	Encofrado ciclo 2	08/06	05/07		Si																																
	Encofrado ciclo 3	15/06	05/07		No																																
HORMIGÓN																																					
	Hormigón Ciclo 1 piso 1	30/05	31/05		Si																																
	Hormigón Ciclo 2 piso 1	06/06	07/06		Si																																
	Hormigón Ciclo 3 piso 1	13/06	14/06		Si																																
	Hormigón Ciclo 4 piso 1	20/06	21/06		Si																																
ACERO																																					
	Acero Ciclo 5 piso 2	27/06	05/07		No																																
	Acero Ciclo 6 piso 2	29/06	05/07		No																																

Fuente: (Pons, 2015)

Intervalo de tiempo del Lookahead.

Según (Congreso Nacional Lean Construction, 2017) el número de semanas sobre el cual se extiende el Lookahead es escogido de acuerdo a las características del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación, y los tiempos de respuesta para la adquisición de información, materiales, mano de obra y maquinaria.

Actividades de la planificación Lookahead.

Según (Congreso Nacional Lean Construction, 2017) para preparar el Lookahead explotaremos las actividades del programa maestro que estén contenidas dentro del intervalo definido. lo que obtendremos en el Lookahead es un conjunto de tareas para un intervalo de tiempo dado.

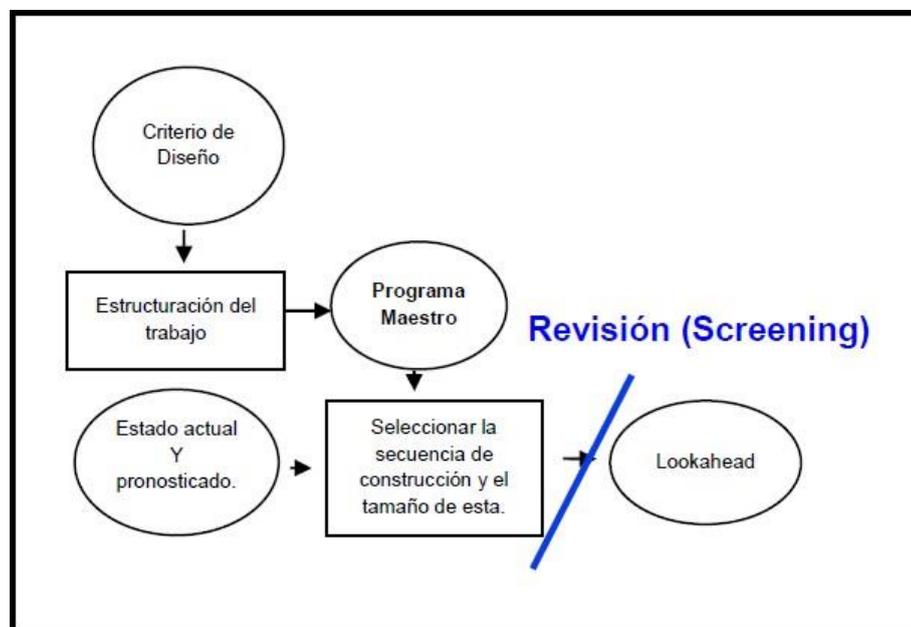
Análisis de restricciones.

Según (K+K GROUP, 2019) una vez que las asignaciones o tareas sean identificadas, se someterán a un análisis de restricciones que pueden ser de diseño, trabajo previamente ejecutado, espacio, equipos etc.

a) Revisión.

Es una actividad considerada para entrar a la planificación Lookahead, basados en los distintos tiempos de respuesta de los proveedores de cada una de las restricciones que son necesarios para visualizar una futura liberación. (Palacios, 2016)

Figura 2.13 Revisión de actividades antes del Lookahead



Fuente: (K+K GROUP, 2019)

b) Preparación de restricciones (make ready).

Según (Pons, 2015) Este término se refiere a tomar las acciones necesarias para remover las restricciones o limitaciones de las actividades, para que así estén dispuestas para comenzar en el momento fijado. El planificador puede remover las restricciones de una tarea para dejarla lista para ser asignada. Esta acción se conoce como “preparación”. La preparación es un proceso que tiene 3 pasos:

Inventario de trabajo ejecutable (ITE)

El inventario de trabajo ejecutable está compuesto por todas las tareas que poseen alta probabilidad de ejecutarse, es decir, está conformado por las tareas del Lookahead que tienen liberadas sus restricciones.

Plan semanal

Según (K+K GROUP, 2019) corresponde al último nivel de planificación. En estas instancias los últimos planificadores asumen compromisos para asegurar el flujo de trabajo, esto a través de metas específicas sobre trabajos productivos., para realizar una buena planificación semanal se deben coordinar reuniones semanales, como se estime conveniente. Las reuniones que se realizan tienen 2 objetivos (Pons, 2015):

- Analizar el cumplimiento de la planificación vencida.
- Realizar la planificación de la semana entrante.

Figura 2.14 Ejemplo planificación semanal, a corto plazo.

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

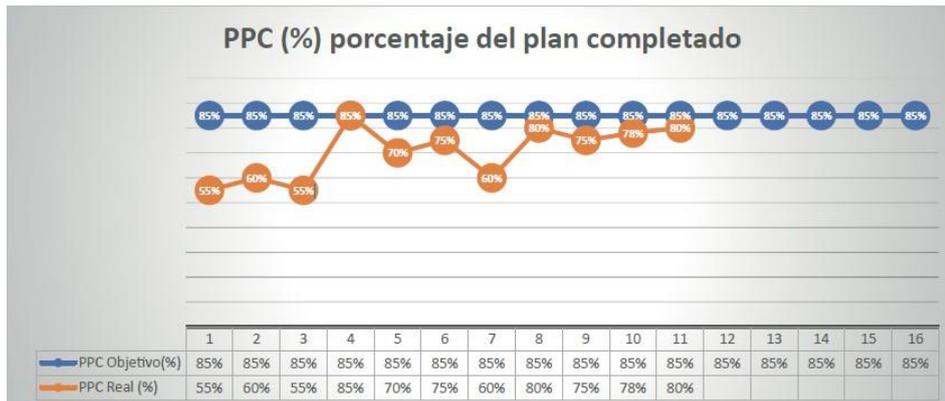
Fuente: (Pons, y otros, 2019)

2.1.2.7. Indicadores del Last Planner System.

Porcentaje de plan completado (PPC)

Según (Pons, y otros, 2019) este indicador mide si los avances comprometidos por los últimos planificadores se lograron durante cada plan semanal. Se calcula como actividades hechas sobre las actividades que se harán, un buen desempeño nos reporta un valor de PPC por encima del 80%.

Figura 2.15 Porcentajes de plan completado.



Fuente: (Congreso Nacional Lean Construction, 2017)

Causas de no cumplimiento (CNC)

Según (Congreso Nacional Lean Construction, 2017) son las razones por las cuales no se cumplieron las actividades comprometidas. Estas deben ser reportadas por el último planificador en cada reunión semanal e identificar su origen.

Tabla 2.1 Ejemplo de causas de no cumplimiento

	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN
Instrucciones	Cambios en criterios de diseño sin considerar requerimientos claves	Cambios en las instrucciones del mandante no informadas en forma adecuada
Requisitos Previos de Trabajo	Información necesitada por el dueño esperando confirmación del vendedor	Materiales no llegaron, información requerida no llega, otro contratista aún no está trabajando, no hay accesos al área
Recursos	Falla en equipos	Falta de equipos y herramientas. Escasez de mano de obra
Procesos o Productos	Tiempo insuficiente, error de cálculo descubierto	Tiempo insuficiente, falta de coordinación, emergencias.

Fuente: (K+K GROUP, 2019)

Porcentaje de cumplimiento de restricciones (PCR)

Según (Pons, y otros, 2019) muestra cómo ha sido el desempeño en la liberación de restricciones comprometidas en la planificación intermedia.

Figura 2.16 Resumen de porcentaje de levantamiento de restricciones



Fuente: (Pons, y otros, 2019)

Reuniones semanales

Según (Pons, y otros, 2019) en esta instancia es cuando se reúnen los últimos planificadores para evaluar el desempeño del periodo anterior, analizar el plan de medio plazo y para comprometer y validar el plan para la semana siguiente.

Figura 2.17 Muestra una estructura típica de reunión de planificación semanal.



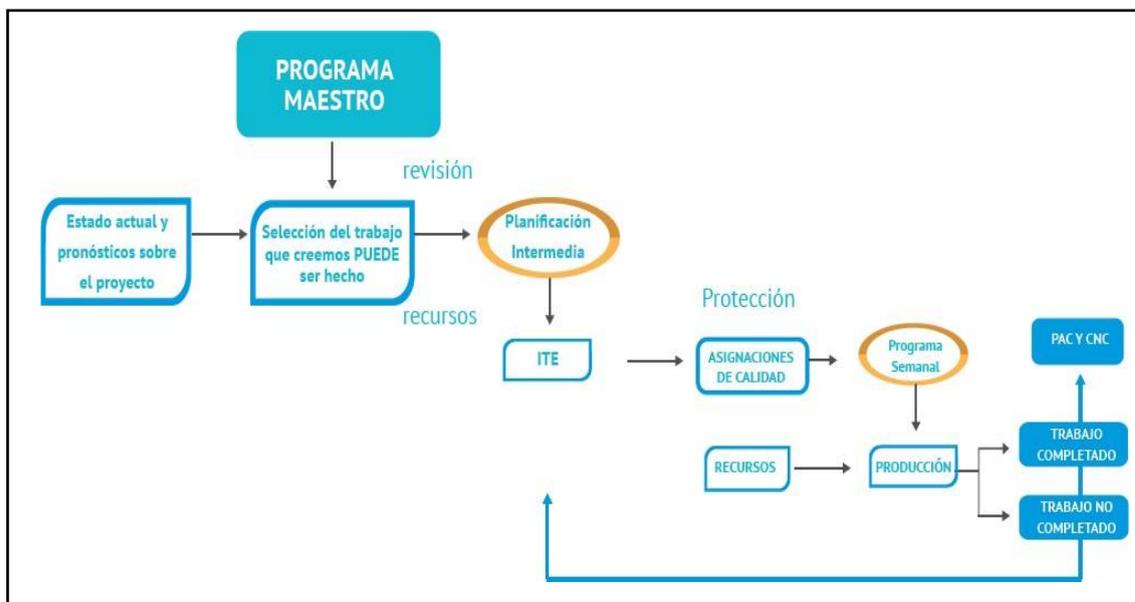
Fuente: realizado por el autor

Según (Pons, y otros, 2019) Los propósitos de la reunión son los siguientes:

- Revisar y aprender del PPC de la semana anterior.
- Analizar las causas de no cumplimiento. tomar acciones para mitigar las causas de no cumplimiento.
- Realizar un paralelo entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto.
- Determinar las actividades que entran en la planificación Lookahead, analizando y responsabilizando las restricciones de cada tarea ingresada.
- Realizar un adecuado análisis de las restricciones (revisión y preparación).
- Determinar el ITE para la próxima semana.
- Formular el plan de trabajo para la semana siguiente.

En cada reunión semanal se discutió abiertamente la planificación Lookahead, el inventario de trabajo ejecutable y la planificación semanal, sin imponer órdenes por parte del coordinador, esto hará que los últimos planificadores se sientan partícipes dentro de la planificación de la obra.

Figura 2.18 Flujo de la metodología Last Planner System.



Fuente: Según (Pons, y otros, 2019)

2.1.2.8. Resultados aplicando Last Planner System.

Según (Pons, y otros, 2019):

- Implicación: ¡necesito mi programa!, ¿Qué restricciones he de liberar esta semana?
- Comunicación: tengo las restricciones y le puedo decir al jefe que no puedo avanzar porque no me las ha liberado.
- Convencimiento: “con este sistema se nos tiene en cuenta” (Subcontratista).
- Entendimiento: ahora sé para qué sirve, tú me ayudas en hacer mi trabajo.
- Eficacia: a mí no me hacían caso, y desde que lo presentamos en reunión se ha empezado a hacer (capataz suministros).
- Transversalidad: se detectan problemas, se les aportan herramientas y se pueden detectar problemas de fondo que pueden ir directos a administración.
- Compromiso: el último planificador se llega a comprometer en mayor porcentaje si se le permite participar en la planificación.

Según (Pons, y otros, 2019):

- Mejora la gestión y el control del proyecto.
- Mayor implicación de mandos medios gracias a un papel más activo en la gestión del proyecto y su mayor compromiso con la planificación.
- Disminución de pedidos urgentes e imprevistos.
- Mayor productividad de los procesos, aunque algunos casos ésta no puede ser medida directamente.
- Menores plazos de ejecución de las obras.

2.2. Descripción de las actividades desarrolladas.

2.2.1. Cargo, funciones y responsabilidad del bachiller.

Cargo: Ingeniero de proyectos

Funciones:

- Supervisé proyectos tipo EPC (de proyectos nuevos, ampliaciones de planta concentradora, infraestructura en interior mina y mantenimientos de carreteras)
- Planifiqué y controlé proyectos, bajo el enfoque Lean Construction – Last Planner System, herramientas necesarias para llevar a cabo este control, administrar y evaluación del proyecto.
- Realicé la revisión de ingeniería básica, ingeniería a detalle de los proyectos en ejecución y/o licitación.
- Verifiqué la ejecución de partidas de la obra, testificación y control de calidad de pruebas en campo
- Elaboré los entregables del proyecto, cronogramas de obras, seguimiento de los proyectos (curvas de control), elaboraciones de reportes semanales y mensuales de estatus general.
- Administré y controlé la ejecución de Capex / AFE´s de los proyectos de la unidad.
- Controlé la ejecución presupuestal de los contratos marco y ordenes de servicio.
- Elaboré la Solped y HES para pago contratistas.
- Elaboré los expedientes técnicos para licitación, revisión de propuestas técnicas/económicas presentados por las contratistas.
- Elaboré las gestiones de cambio de todos los proyectos de la Unidad.
- Generé reportes y presentaciones a las superintendencias responsables.
- Revisé y aprobé las valorizaciones de obra, valorización de equipos, subcontratos, informes de cierre mensual.

Principales Proyectos Ejecutados.

- Construcción de una planta de tratamiento de aguas acidas.
- Construcción de una central hidroeléctrica Rapaz II.
- Proyecto tajo abierto Santa Este(infraestructura).
- Mantenimiento de carreteras no asfaltadas (más de 500 km).
- Recrecimiento de Diques 2 y 6, de la laguna Genoicocha.
- Trabajos en mina-subterránea.

- Trabajos operativos (planta concentradora / mina / mantenimiento / medio ambiente / geomecánica).

2.2.2. Generalidades de Proyecto.

2.2.2.1. Antecedentes

En la UM Iscaycruz existen 2 efluentes potenciales, la fase líquida del relave de la Planta Concentradora, que siendo bastante alcalina reporta alta concentración de Cobre disuelto, cianuro, y nitratos, y el efluente individual o conjunto de las Minas Limpe, Chupa, Tinyag y en menor escala de la zona de desmontes denominada Yarahuaino que tiene baja concentración de metales disueltos, pero donde el Fe, Zn y Mn, y aniones presentan concentraciones que deben ser disminuidas para cumplir con los nuevos LMP y ECAs. Ninguno de los 2 cumplirían con los nuevos LMP ni ECA a futuro, en caso se descargue sin el tratamiento respectivo.

2.2.2.2. Localización Geográfica.

La unidad minera Iscaycruz se encuentra ubicada en el distrito de Pachangara, Provincia de Oyon, Departamento de Lima, a una altura promedio de 4,700 m.s.n.m. El acceso hacia la Unidad Minera desde la ciudad de Lima, es mediante la carretera Panamericana Norte hasta Huacho (km. 150) luego parte un desvío (Carretera de penetración) también asfaltado hasta Sayán (km. 40); se continúa por una carretera afirmada hasta llegar a la localidad de Churin (km. 105) para luego continuar por una carretera asfaltada hasta la localidad de Oyon (km. 135). Se continúa 28 km de carretera afirmada hasta llegar al campamento minero haciendo un total de 313 Km. desde la ciudad de Lima.

2.2.2.3. Condiciones de sitio.

Los datos meteorológicos y climáticos para la zona del proyecto, fueron los siguientes:

- Altitud Promedio: 4200m.s.n.m.

- Temperatura del sitio: temperatura máxima: 20 °C / temperatura mínima: -10 °C
- Humedad relativa: máxima mensual: 64.3% / mínima mensual: 50.4%
- Precipitaciones pluviales: máxima anual (promedio): 850.0 mm/año
- Dirección predominante del viento: se da de oeste a este (velocidad máxima: 30km/h)
- En el diseño de cargas por viento se deberá considerar lo indicado en el reglamento nacional de edificaciones, norma e.020 anexo 2
- Velocidad máxima del viento adecuada a la zona de las edificaciones: 65Km/h
- Velocidad de diseño del viento mínimo: 75Km/h
- Código de diseño: código sísmico peruano, norma e030 “diseño sismo-resistente” asce7-05“cargas de diseño mínimas para edificios y estructuras”
- Se usó como mínimo un factor de zona sísmica 0.4g debido a que el proyecto se encuentra ubicado dentro de la zona 3 según la norma e.030.

2.2.3. Descripción del proyecto.

La planta PTAM trata el efluente ácido de la mina, este es almacenado en la poza de almacenamiento PZAM-01, de concreto de 300 m³ de capacidad desde donde 110 l/s son alimentados por gravedad al circuito de neutralización. En este circuito el efluente se mezcla primero con lechada de cal en un cajón que entonces descarga por gravedad a dos líneas paralelas de 02 Tanques de agitación de 10'x 10' cada una, dispuestos en serie; la lechada de cal se alimenta mediante dos bombas peristálticas reguladas para alcanzar un PH final de 10,5. La descarga de ambas líneas se recibe en un cajón junto con un flujo de 1,3 L/s de pulpa de relave que actúa como coagulante sólido de los precipitados. La mezcla de precipitados, relave y solución neutralizada a PH 10,5 se conduce mediante 03 bombas centrifugas que operan en paralelo hasta el canal de floculación del sedimentador de 40

pies de diámetro, recibiendo una dosis de 2 mg/l del floculante aniónico Superfloc A-110 que se regulan mediante dos bombas peristálticas.

En el tanque sedimentador se realiza la separación sólida/líquido y la solución clarificada (of) se descarga por gravedad hasta las pozas de clarificación ubicadas a aprox. 300 m de la PTAM, mientras que el sedimento, con una densidad en el orden de 1200 g/l, se descarga con un par de bombas peristálticas que lo retorna al cajón CJN-03 de relave de la planta concentradora para integrarlo al flujo principal de relave y conducirlo luego de una nueva densificación al depósito de relaves de Geniocochoa. las pozas de clarificación son 2 y operan en serie, la Poza Pzcl-01 recibe el OF del sedimentador y sedimenta la mayor parte de los sólidos en suspensión presentes, su rebose descarga a la poza PZCL-02 y la descarga de este se conduce por gravedad hasta el módulo ECO2 ubicado a 320 m al Oeste, en el entorno del laboratorio químico.

En el módulo ECO2 la solución clarificada, con concentración de metales y aniones regulados por debajo del LMP y ECA, es impulsada por gravedad mediante 2 tuberías paralelas que mediante venturis succionan el CO2 generado en un horno de combustión de GLP de caudal regulable. este caudal de CO2 reacciona con el efluente alcalino en 02 tanques de 25 m3 de capacidad cada uno neutralizando así el exceso de iones OH^- necesario para reducir el PH de 10,5 a 8,5 y cumplir con el LMP y ECA. El efluente de este módulo ECO2 constituye el efluente de la UM Iscaycruz y cumple con todos los parámetros regulados por el LMP y ECA para la Clase III de Aguas.

2.2.4. Criterios de diseño.

2.2.4.1. Tanques atmosféricos.

Los tanques atmosféricos cilíndricos verticales de acero fueron diseñados de acuerdo con el estándar API STD 650. La capacidad útil de los tanques es la indicada en el diagrama de flujos, y está basada en los requerimientos de proceso y operacionales. Si existe peligro de embalse, el volumen del tanque

por debajo del impulsor fue incluido en la capacidad útil. Se utilizó una revancha o borde libre mínimo de 150 mm para permitir olas. Todos los tanques incluyen cañerías para rebose y drenaje. En el caso de los tanques cerrados, incluye una cañería de venteo, diseñada para la peor condición, y también entradas de hombre para propósitos de inspección y mantenimiento. Las entradas de hombre son de 610 mm (24") como mínimo. Los tanques que operan a presión atmosférica fueron diseñados típicamente para 40 mm H₂O de presión interna y 15 mm H₂O de presión externa (vacío).

Tabla 2.2 Temperatura de diseño para cada sistema de tuberías

TEMPERATURA DE OPERACIÓN (T ₀)		TEMPERATURA DE DISEÑO (T _D)	
°C	°F	°C	°F
< 315	< 599	T _D = T ₀ + 30	T _D = T ₀ + 54

TEMPERATURA DE OPERACIÓN (T ₀)		TEMPERATURA DE DISEÑO (T _D)	
°C	°F	°C	°F
315 - 330	599 - 626	345	653
> 330	> 626	T _D = T ₀ + 15	T _D = T ₀ + 27

Fuente: realizado por el autor

2.2.4.2. Diseño y selección de equipos.

La selección de cada equipo fue realizada sobre la base de los requerimientos de diseño, teniendo especial cuidado en el cumplimiento de la capacidad máxima y la frecuencia de operación requeridas por el proceso. Otras consideraciones fueron las siguientes:

- Condiciones del sitio, considerando las condiciones de altura sobre el nivel del mar (4150 m.s.n.m.) y condiciones climáticas, sísmicas, etc.
- Bajo costo de capital y de mantenimiento y/u operación.
- Disponibilidad de repuestos en el lugar de destino de los equipos.
- Representación local y servicio del proveedor.
- Estandarización de componentes para minimizar inventario.
- Máximo armado en fabrica, siempre que sea factible su transporte.

- Los equipos de proceso fueron diseñados o seleccionados para operación continua, 24 horas al día, 365 días al año para una vida útil de 20 años, a menos que se especifique otra cosa.
- A fin de minimizar el tiempo de parada de planta, solo se consideró para el proyecto equipos de reconocida calidad, para servicio pesado y con una trayectoria probada de servicio confiable en instalaciones similares.

Caudal nominal para bombas

Las bombas tienen la capacidad de operación no mayor al 110% de la capacidad en el punto de máxima eficiencia sobre la curva de altura-caudal para el diámetro del impulsor propuesto.

Margen de diseño de equipos

Tabla 2.3 factores de diseño usados para el presente proyecto.

SERVICIO	FACTOR DE DISEÑO
Bombas	+10% en capacidad de flujo
Tanques	+ 10% en volumen
Otros equipos	+ 10% en capacidad de flujo
Líneas de fluido	+ 10% en capacidad de flujo

Fuente: realizado por el autor

2.2.4.3. Sistemas motrices.

El equipo mecánico fue diseñado con unidades individuales de potencia. Aunque las unidades directas son preferibles, se utilizó reductores de velocidad adecuados y correas en V. Partes intercambiables y componentes estándar. Los accionamientos principales incluyen dispositivos de protección, tales como correas en V, acoplamientos, llaves de corte y otros. Todos los equipos principales de proceso fueron diseñados para un funcionamiento continuo. Todas las unidades reductoras son de calificación AGMA, con factor de servicio no menor a clase II. Todas las correas, cadenas, y piezas giratorias expuestas están con protecciones adecuadas. Las protecciones permitirán el ajuste de la distancia entre los centros de eje y las lecturas de

tacómetro en cada eje sin necesidad de removerlas. Las unidades de cadena, y engranajes se suministraron encapsuladas en cajas diseñadas específicamente para el baño en aceite de lubricación. Las cajas fueron del tipo de partida horizontal (para una fácil extracción), con puertas de inspección y de drenaje y tapones de llenado, situadas estratégicamente. Todas las protecciones cumplirán los requisitos de OSHA y MSHA.

Reductores de velocidad

Como regla general, los reductores de velocidad por engranaje son de fabricación normalizada, con engranajes helicoidales de ejes paralelos, diseñados, calculados y fabricados de acuerdo con el último estándar publicado por American Gear Manufacturer's Association (AGMA). El factor de servicio de todos los reductores fueron 1,5 o clase II como mínimo, basado en la potencia del motor y 24 horas de operación. En general, la capacidad térmica del reductor no fue menor que la potencia de placa del motor.

2.2.4.4. Agitadores.

El motor fue seleccionado con un factor de seguridad de 1,5 respecto de la potencia calculada para el impulsor. Dependiendo de la potencia y del tipo de servicio del agitador en la línea de proceso, se utilizó factores mayores a 1,5. El sistema motriz fue seleccionado para calzar con el diámetro del eje del impulsor y para 24 horas de operación continua con cargas de choque y factor de servicio 1,5, lo que resultó en el dimensionamiento del reductor. El reductor fue de diseño especial para el servicio de agitadores, adecuado para resistir los torques y momentos flectores que impone este servicio. El eje fue dimensionado para soportar el torque de partida del motor. La velocidad de operación del impulsor fue menor al 65% de la primera velocidad crítica del eje.

2.2.4.5. Dimensionamiento de líneas.

Todos los componentes hidráulicos, su fabricación y soldadura cumplió con las especificaciones ASME, ANSI, SAE, y ASTM. El dimensionamiento de tuberías se realizó en dos (2) pasos:

- Se implementó criterios de velocidad y pérdida de presión para determinar el diámetro de tuberías nuevas. Las limitaciones de caída de presión se usaron para optimizar el costo de inversión y de operación de todo el sistema de bombeo.
- En caso de cambios en el flujo después de que la tubería haya sido “liberada”, se evaluó si el diámetro de la tubería debe ser cambiado con base a la pérdida de presión total, el costo de modificar el motor de la bomba, el impulsor, la válvula de control y sobre el cronograma y presupuesto.

Criterios de dimensionamiento

En primer lugar, se consideró que la caída de presión sea menor que la caída de presión disponible en el balance de masa. En segundo lugar, el tamaño de la línea fue comprobada contra los criterios descritos en la tabla:

Tabla 2.4 criterios de dimensionamiento de tuberías.

SERVICIO	VELOCIDAD MÁXIMA [ft/s]	MÁXIMO ΔP/100ft [psi/100ft]
Líneas de válvulas de alivio y servicios discontinuos	100 - 150	---
Líneas de venteo de tanques y cabezales	Máximo: 98 para tanques atmosféricos	---
Servicios		
Agua		
Succión de Bomba		
• Líneas pequeñas (NPS 2 – 10)	10 - 20	0.2 – 0.5
• Líneas grandes (NPS >12)	16 - 26	0.2 – 0.5
Descarga de Bomba		
• Líneas pequeñas (NPS 2 – 10)	16 - 33	0.5 – 1.0
• Líneas grandes (NPS >12)	23 - 40	0.5 – 1.0

Fuente: realizado por el autor

2.2.4.6. Cargas en los equipos.

Todos los equipos fueron diseñados para ser instalados en zona sísmica según el criterio de diseño estructural, esto incluye el diseño del equipo, sus anclajes y de las estructuras que lo soportan (en caso de que sean del alcance del proveedor). Los proveedores de equipos incluyeron en el suministro la información de cargas en los apoyos, incluyendo al menos los casos de carga siguientes:

- Peso propio
- Carga normal
- Carga máxima
- Sismo (en tres direcciones)
- Vibraciones

2.2.5. Planificación y control del montaje.

La aplicación del sistema del último planificador requiere de varios pasos a seguir. En el área de proyectos cada profesional tiene destinada una fase dentro de la etapa de construcción, hay un profesional a cargo de la etapa de ingeniería, otro de procura y un superintendente que junto a una empresa contratista están encargados de la etapa de construcción, y como responsable de cada especialidad se cuenta con un ingeniero supervisor que en este caso sería el último planificador. El proceso comienza cuando cada supervisor en coordinación con la contratista presenta su planificación intermedia realizando un adecuado análisis de restricciones. Una vez realizado este proceso, se entrega una información más precisa al superintendente, de que actividades pueden realizarse esto conlleva a generar un plan semanal. Luego de que este sea revisado, el último planificador es el encargado de transmitir la información a terreno, comunicando a la contratista de su planificación semanal, de manera que la información no quede solo en la sala de reuniones sino, que sea publicada a todos sus trabajadores.

2.2.5.1. Plan maestro.

Para el plan maestro se puso en práctica la metodología del LPS y permitió identificar las ventajas que nos permitan planificar eficientemente el proyecto se nombra los siguientes componentes principales del proyecto:

- 01 tanque regulador
- 01 poza de almacenamiento (concreto).
- 10 tanques de almacenamiento.
- 02 pozas de clarificación.
- 01 tanque sedimentador 40 ft.
- 05 tableros eléctricos.
- 2.5 km de tubería.
- 0.75 km de tubería de acero.
- 120 tn de estructuras metálicas.

En base a ello se analizaron todas las actividades, considerando el personal y recursos que se maneja en obra se le sacó un rendimiento a cada actividad y se hizo un cronograma meta con fechas de inicio y terminación para cada actividad, este mostro la ruta crítica para definir las acciones a realizar con el compromiso de cumplir las fechas establecidas.

Presupuesto e hitos del proyecto

El proyecto correspondió a un contrato de suma alzada el cual asciende a \$ 4,317,265.76 (cuatro millones trescientos diecisiete y siete mil doscientos sesenta y cinco con 76/100 dólares). El plazo de ejecución de este contrato fue de 198 días calendarios, tuvo como fecha de inicio el día 05/04/2017 y el fin el día 25/01/2018.

Tabla 2.5 Presupuesto proyecto PTAM.

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE MINA		
CLIENTE	EMPRESA MINERA LOS QUENUALES		
CONTRATISTA	AQUALOGY DEL PERU SAC		
PRESUPUESTO DEL CONTRATO			
Item	Descripción del Item de Pago / Entregable	Valor del Contrato	
		Unidad	Valor US\$
RESUMEN DE VALORIZACIÓN			
1.00.00	TRABAJOS PRELIMINARES	GLB	85,122.00
2.00.00	OBRAS PROVISIONALES	GLB	38,974.00
3.00.00	SISTEMA DE CAPTACION DE AGUAS	GLB	474,657.62
4.00.00	SISTEMA DE FLOCULANTE Y CAL	GLB	310,973.33
5.00.00	SISTEMA DE NEUTRALIZACIÓN	GLB	685,515.23
6.00.00	SISTEMA SEDIMENTADOR	GLB	1,075,041.55
7.00.00	SISTEMA CLARIFICADOR	GLB	252,440.60
8.00.00	PLANTA DE TRATAMIENTO ECO-2	GLB	280,422.57
9.00.00	INSTALACIONES ELECTROMECANICAS	GLB	340,586.50
10.00.00	INSTALACIONES ELECTRICAS	GLB	167,427.88
11.00.00	COSTOS POR OPERACIÓN ASISTIDA	GLB	97,257.89
12.00.00	GASTOS GENERALES (US\$)	GLB	479,146.59
13.00.00	INGENIERO ESPECIALISTA DE PROCESO	GLB	29,700.00
	TOTAL PROYECTO		4,317,265.76

Fuente: realizado por el autor

Tabla 2.6 Cronograma de hitos PTAM.

ITEM	HITO	FECHA	ABR	JUN	JUL	DIC	ENE
1.0	ADJUDICACION DE PROYECTO	5/04/2017	◆				
2.0	INICIO DE OBRA	25/04/2017		◆			
3.0	INICIO DE CONSTRUCCION	5/06/2017		◆			
4.0	LLEGADA DE EQUIPOS	25/07/2017			◆		
5.0	FIN DE CONSTRUCCION	14/12/2017				◆	
6.0	FIN COMISIONAMIENTO	11/01/2018					◆
7.0	TERMINO DE OBRA	18/01/2018					◆

Fuente: realizado por el autor

Se tuvieron los siguientes pasos para realizar un tren de actividades. Sectorizar, consistió en dividir el proyecto en áreas o sectores, teniendo tomando como referencias la ubicación en obra de cada elemento y partidas similares con el fin de llevar un mejor control en la producción.

Tabla 2.7 Secuencia de partidas a ejecutar.

PARTIDAS	1	2	3	4	5	6	7
MOVIMIENTO DE TIERRAS							
OBRAS CIVILES							
MONTAJE DE ESTRUCTURAS METALICAS							
MONTAJE DE EQUIPOS							
MONTAJE DE TUBERIAS							
INSTALACION DE IIEE							
INSTRUMENTACION							

Fuente: realizado por el autor

CRONOGRAMA NIVEL 2

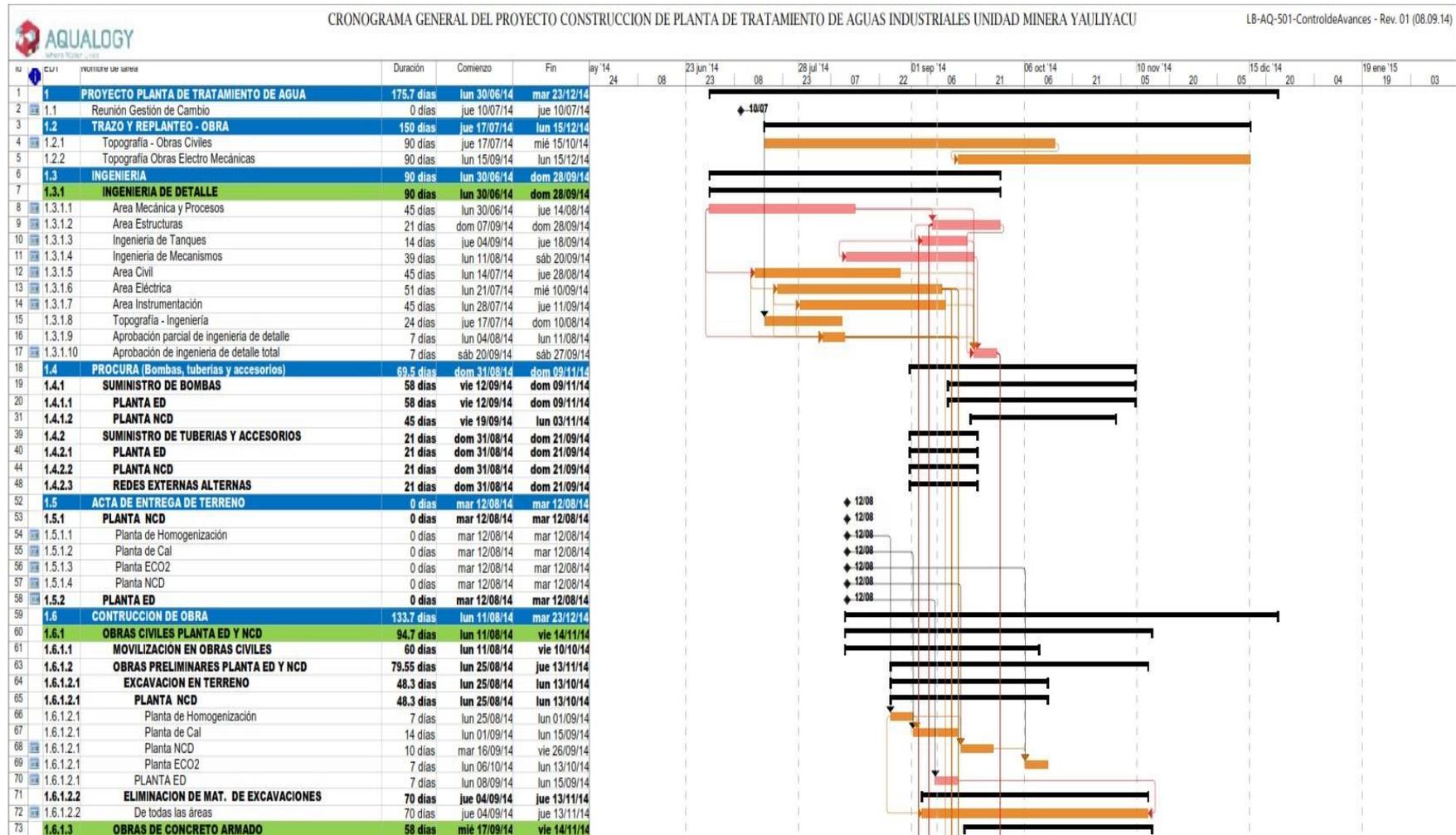
Tabla 2.8 Cronograma nivel 2

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA	198 días	mar 25/04/17	jue 25/01/18
2	TRAZO Y REPLANTEO - OBRA	3 días	mar 25/04/17	jue 27/04/17
3	INGENIERIA	30 días	vie 28/04/17	jue 8/06/17
4	PROCURA (Bombas, tuberías y accesorios)	30 días	dom 4/06/17	jue 13/07/17
5	FABRICACION LOCAL (Estructuras metalicas y tanques)	35 días	vie 4/08/17	jue 21/09/17
6	ACTA DE ENTREGA DE TERRENO	1 día	vie 9/06/17	vie 9/06/17
7	CONTRUCCION DE OBRA	130 días	sáb 10/06/17	vie 8/12/17
8	MOVIMIENTO DE TIERRAS	25 días	sáb 10/06/17	jue 13/07/17
9	CONSTRUCCION DE CIMENTACIONES Y BASES	35 días	mar 4/07/17	lun 21/08/17
10	CONSTRUCCION POZA DE SEDIMENTACION	25 días	vie 14/07/17	jue 17/08/17
11	CONSTRUCCION DE POZA DE CLARIFICACION	38 días	jue 20/07/17	lun 11/09/17
12	MONTAJES DE TANQUES NEUTRALIZADORES Y AGITADORES	37 días	mar 15/08/17	mié 4/10/17
13	MONTAJES DE ESTRUCTURAS METALICAS	45 días	dom 20/08/17	jue 19/10/17
14	MONTAJE DE TK AGITADOR DE 40 FT	27 días	mar 22/08/17	mié 27/09/17
15	MONTAJE SISTEMA FLOCULANTE Y CAL	22 días	mar 5/09/17	mié 4/10/17
16	INSTALACION CASETA ELECTRICA	17 días	dom 10/09/17	lun 2/10/17
17	MONTAJE SISTEMA CO2	12 días	jue 5/10/17	vie 20/10/17
18	INSTALACION DE BOMBAS	25 días	mar 10/10/17	lun 13/11/17
19	MONTAJE DE TUBERIAS HDPE Y ACERO	30 días	sáb 28/10/17	jue 7/12/17
20	OBRAS ELECTRICAS	15 días	mié 15/11/17	mar 5/12/17
21	OBRAS DE INSTRUMENTACION	15 días	lun 20/11/17	vie 8/12/17
22	PRECOMISIONADO Y COMISIONADO	20 días	sáb 9/12/17	jue 4/01/18
23	CIERRE Y TERMINO DE OBRA	15 días	vie 5/01/18	jue 25/01/18

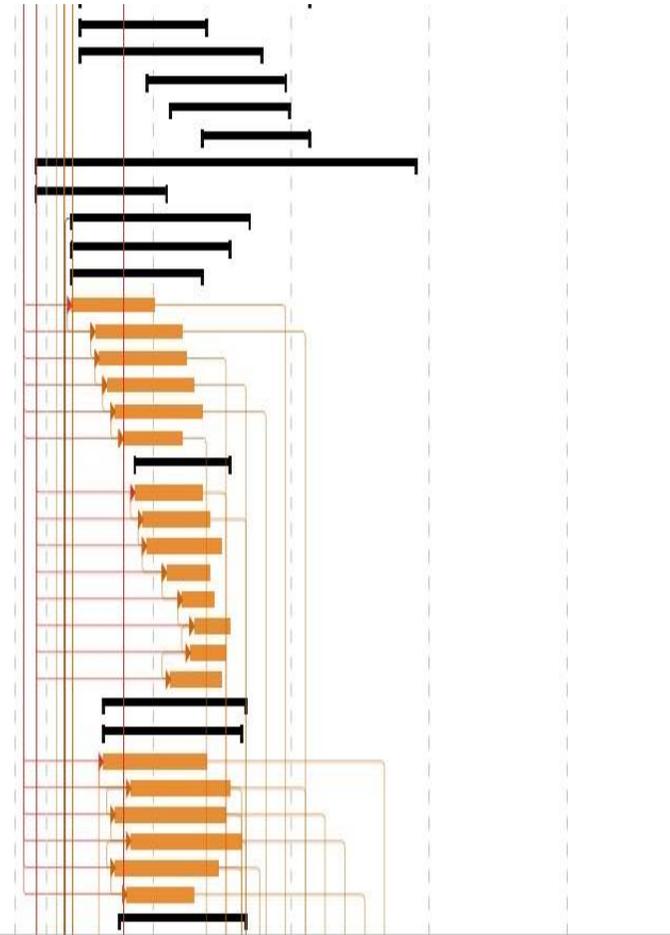
Fuente: realizado por el autor

Cronograma nivel 3

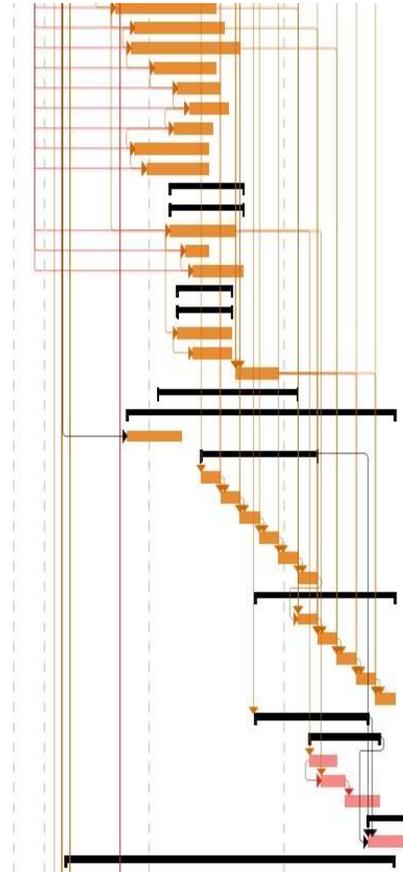
Tabla 2.9 Cronograma nivel 3



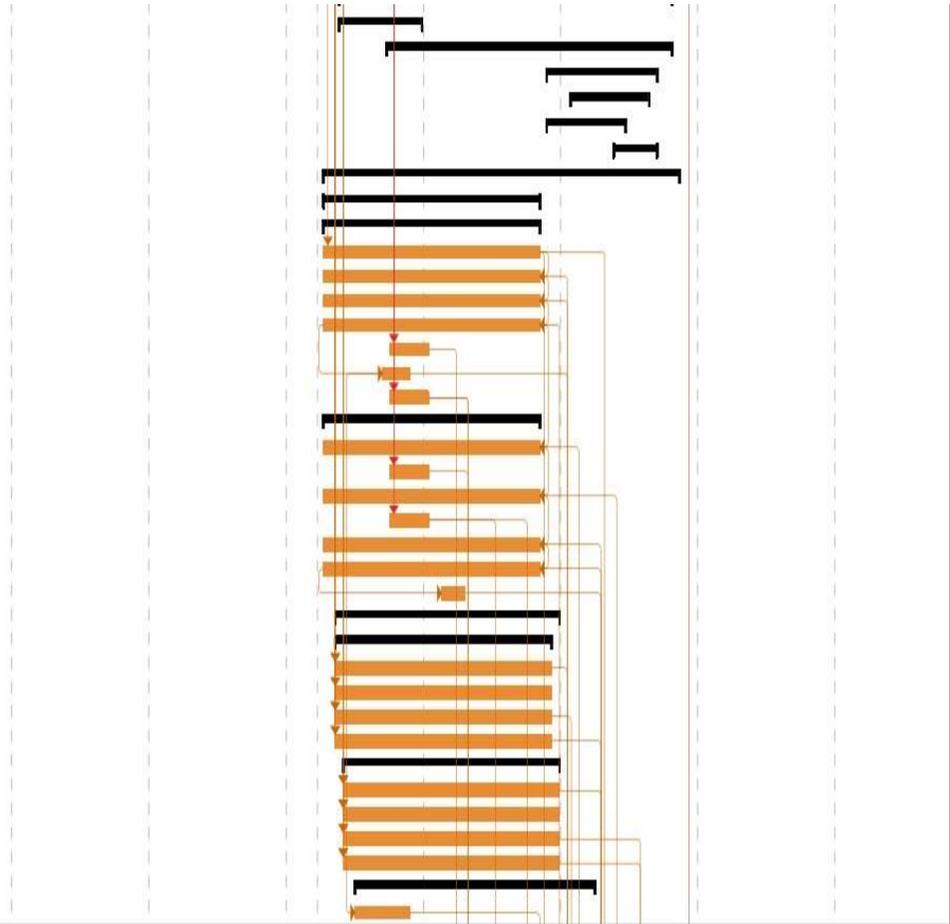
74	1.6.1.3.1	Planta ED	32 días	mié 17/09/14	dom 19/10/14
80	1.6.1.3.2	Planta de Homogenización	46 días	mié 17/09/14	dom 02/11/14
86	1.6.1.3.3	Planta Cal	35 días	sáb 04/10/14	sáb 08/11/14
92	1.6.1.3.4	Planta NCD	30 días	vie 10/10/14	dom 09/11/14
98	1.6.1.3.5	Planta ECO2	27 días	sáb 18/10/14	vie 14/11/14
104	1.6.2	FABRICACIÓN Y MONTAJES DE TANQUES Y ESTRUCTURAS	96.15 días	sáb 06/09/14	jue 11/12/14
105	1.6.2.1	PLANOS DE FABRICACIÓN & LOGISTICA	33 días	sáb 06/09/14	jue 09/10/14
109	1.6.2.2	FABRICACIÓN EN TALLER (Tanques y estructuras)	45 días	lun 15/09/14	jue 30/10/14
110	1.6.2.2.1	Planta ED	40 días	lun 15/09/14	sáb 25/10/14
111	1.6.2.2.1	Tanques	33 días	lun 15/09/14	sáb 18/10/14
112	1.6.2.2.1	Tanque Agitador 10'x10' N° de TAG: TKCA-02	21 días	lun 15/09/14	lun 06/10/14
113	1.6.2.2.1	Tanque Agitador 10'x10' N° de TAG: TKFL-02	22 días	dom 21/09/14	lun 13/10/14
114	1.6.2.2.1	Tanque Agitador 10'x10' N° de TAG: TKN-04	22 días	lun 22/09/14	mar 14/10/14
115	1.6.2.2.1	Tanque Agitador 10'x10' N° de TAG: TKN-05	22 días	mié 24/09/14	jue 16/10/14
116	1.6.2.2.1	Tanque Agitador 10'x10' N° de TAG: TKN-06	22 días	vie 26/09/14	sáb 18/10/14
117	1.6.2.2.1	Tanque Estático 5x6' N° de TAG: TKM-01	15 días	dom 28/09/14	lun 13/10/14
118	1.6.2.2.1	Estructuras Metalicas	24 días	mié 01/10/14	sáb 25/10/14
119	1.6.2.2.1	Estructura soporte tanque de TKN-04	17 días	mié 01/10/14	sáb 18/10/14
120	1.6.2.2.1	Estructura soporte tanque de TKN-05	17 días	vie 03/10/14	lun 20/10/14
121	1.6.2.2.1	Estructura soporte para tanque TKM-01 y acceso a	19 días	sáb 04/10/14	jue 23/10/14
122	1.6.2.2.1	Estructura para pases (escaleras) a zonas de la planta	11 días	jue 09/10/14	lun 20/10/14
123	1.6.2.2.1	Estructura para pases entre tanques	8 días	lun 13/10/14	mar 21/10/14
124	1.6.2.2.1	Barandas en plataf. de pases entre tanques y soporte de	9 días	jue 16/10/14	sáb 25/10/14
125	1.6.2.2.1	Escaleras de Gato	9 días	mié 15/10/14	vie 24/10/14
126	1.6.2.2.1	Cajón de efluente neutralizado de 1.0 x 1.0 x 1.0m	13 días	vie 10/10/14	jue 23/10/14
127	1.6.2.2.2	Planta NCD	36 días	mar 23/09/14	mié 29/10/14
128	1.6.2.2.2	Tanques	35 días	mar 23/09/14	mar 28/10/14
129	1.6.2.2.2	Tanque Agitador 10'x10' N° de TAG: TKCA-01	26 días	mar 23/09/14	dom 19/10/14
130	1.6.2.2.2	Tanque Agitador 12'x14' N° de TAG: TKN-01	25 días	mar 30/09/14	sáb 25/10/14
131	1.6.2.2.2	Tanque Agitador 14'x19' N° de TAG: TKN-02	28 días	vie 26/09/14	vie 24/10/14
132	1.6.2.2.2	Tanque Agitador 14'x19' N° de TAG: TKN-03	28 días	mar 30/09/14	mar 28/10/14
133	1.6.2.2.2	Tanque Estático 15'x16' N° de TAG: TKH-01	26 días	vie 26/09/14	mié 22/10/14
134	1.6.2.2.2	Tanque Estático 8'x8' N° de TAG: TKH-02	17 días	lun 29/09/14	jue 16/10/14
135	1.6.2.2.2	Estructuras metálicas	32 días	sáb 27/09/14	mié 29/10/14



140	1.6.2.2.2	Estructura soporte tanque de TKN-01	20 dias	sab 21/09/14	jue 23/10/14
137	1.6.2.2.2	Estructura soporte tanque de TKN-02	23 dias	jue 02/10/14	sab 25/10/14
138	1.6.2.2.2	Estructura soporte tanque de TKN-03	28 dias	mié 01/10/14	mié 29/10/14
139	1.6.2.2.2	Estructura soporte para cajón de alimentación a tanque	16 dias	mar 07/10/14	jue 23/10/14
140	1.6.2.2.2	Estructura para pases de tanque a tanque	11 dias	lun 13/10/14	vie 24/10/14
141	1.6.2.2.2	Barandas en plataformas de pases entre tanques y	10 dias	jue 16/10/14	dom 26/10/14
142	1.6.2.2.2	Escalera de Gato	10 dias	dom 12/10/14	mié 22/10/14
143	1.6.2.2.2	Cajón de alimentación de 1.4 x 1.0 x 1.1m a tanque	19 dias	jue 02/10/14	mar 21/10/14
144	1.6.2.2.2	Cajón de descarga de de 1.1 x 1.1 x 1.0m a tanque	16 dias	dom 05/10/14	mar 21/10/14
145	1.6.2.2.3	Planta ECO2	19 dias	sab 11/10/14	jue 30/10/14
146	1.6.2.2.3	Estructuras Metalicas	19 dias	sab 11/10/14	jue 30/10/14
147	1.6.2.2.3	Estructura para plataformas y soporte de tanques	17 dias	sáb 11/10/14	mar 28/10/14
148	1.6.2.2.3	Barandas en plataf. de pases entre tanques y soporte de	6 dias	mié 15/10/14	mar 21/10/14
149	1.6.2.2.3	Cajón de efluente neutralizado de 1.0 x 1.0 x 1.0m incluy	13 dias	vie 17/10/14	jue 30/10/14
150	1.6.2.2.4	Planta ED Sistema By Pass	14 dias	lun 13/10/14	lun 27/10/14
151	1.6.2.2.4	Estructuras Metalicas	14 dias	lun 13/10/14	lun 27/10/14
152	1.6.2.2.4	Spool de 12" (By pass TKN-04)	14 dias	lun 13/10/14	lun 27/10/14
153	1.6.2.2.4	Válvulas tipo dardo de 12", revestidas en caliente con cai	10 dias	vie 17/10/14	lun 27/10/14
154	1.6.2.3	REVESTIMIENTO	11 dias	mar 28/10/14	sáb 08/11/14
155	1.6.2.4	DESPACHO DE ESTRUCTURAS Y EQUIPOS	36 dias	mié 08/10/14	jue 13/11/14
159	1.6.2.5	MONTAJE DE ESTRUCTURAS Y EQUIPOS	69.15 dias	mar 30/09/14	lun 08/12/14
160	1.6.2.5.1	Movilización de Obreros	14 dias	mar 30/09/14	mar 14/10/14
161	1.6.2.5.2	Obras de Montaje Planta ED	30 dias	dom 19/10/14	mar 18/11/14
162	1.6.2.5.2	TANQUE TKM 01	5 dias	dom 19/10/14	vie 24/10/14
163	1.6.2.5.2	TANQUE TKN 04	5 dias	vie 24/10/14	mié 29/10/14
164	1.6.2.5.2	TANQUE TKN 05	5 dias	mié 29/10/14	lun 03/11/14
165	1.6.2.5.2	TANQUE TKN 06	5 dias	lun 03/11/14	sáb 08/11/14
166	1.6.2.5.2	TANQUE TKCA 02	5 dias	sáb 08/11/14	jue 13/11/14
167	1.6.2.5.2	TANQUE TKFL 02	5 dias	jue 13/11/14	mar 18/11/14
168	1.6.2.5.3	Obras de Montaje Planta NCD	36 dias	dom 02/11/14	lun 08/12/14
169	1.6.2.5.3	TANQUE TKN 01	5 dias	jue 13/11/14	mar 18/11/14
170	1.6.2.5.3	TANQUE TKN 02	5 dias	mar 18/11/14	dom 23/11/14
171	1.6.2.5.3	TANQUE TKN 03	5 dias	dom 23/11/14	vie 28/11/14
172	1.6.2.5.3	TANQUE TKH 02	5 dias	vie 28/11/14	mié 03/12/14
173	1.6.2.5.3	TANQUE TKCA 01	5 dias	mié 03/12/14	lun 08/12/14
174	1.6.2.5.3	TANQUE TKH 01	29 dias	dom 02/11/14	lun 01/12/14
178	1.6.2.5.4	Obras ECO2	18 dias	dom 16/11/14	jue 04/12/14
179	1.6.2.5.4	Montaje y armado de estructuras	7 dias	dom 16/11/14	dom 23/11/14
180	1.6.2.5.4	Montaje de Tanques	6 dias	mié 19/11/14	mar 25/11/14
181	1.6.2.5.4	Montaje de Red GLP	9 dias	mar 25/11/14	jue 04/12/14
182	1.6.2.6	PRUEBAS	10 dias	lun 01/12/14	jue 11/12/14
183	1.6.2.6.1	Pruebas	10 dias	lun 01/12/14	jue 11/12/14
184	1.6.3	MONTAJE MECÁNICO Y LINEAS DE TUBERÍAS	84 dias	dom 14/09/14	lun 08/12/14

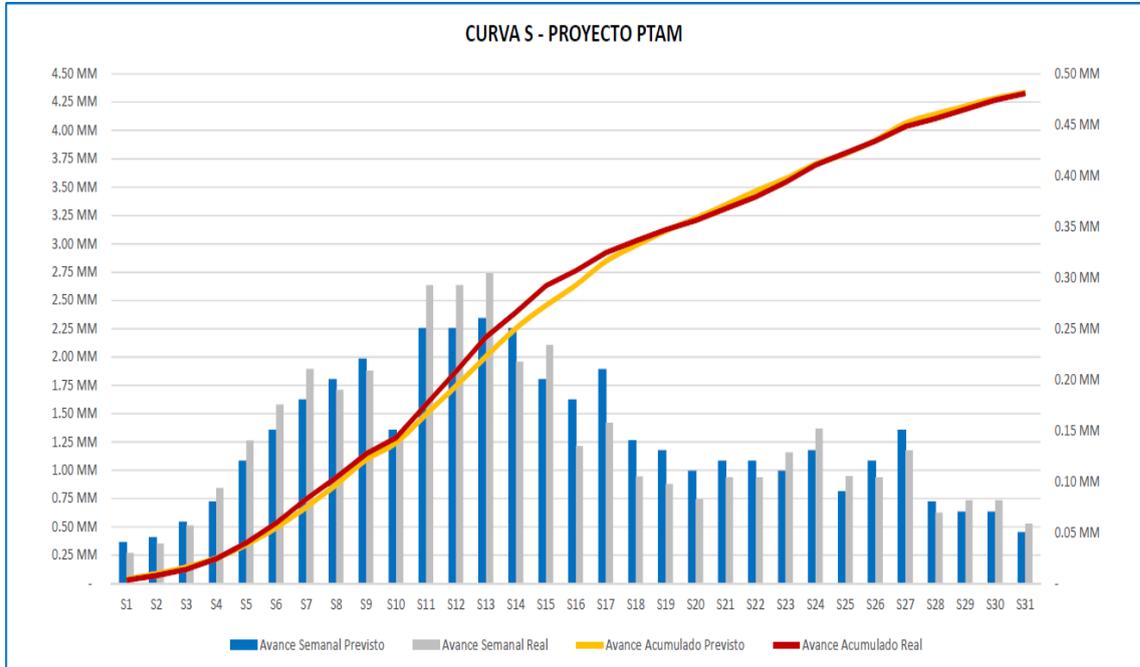


185	1.6.3.1	MOVILIZACIÓN EN OBRAS MECÁNICAS	21 días	dom 14/09/14	dom 05/10/14
188	1.6.3.2	INSTALACIÓN DE TUBERÍAS	72 días	vie 26/09/14	lun 08/12/14
200	1.6.3.3	MONTAJE DE BOMBAS	28 días	jue 06/11/14	jue 04/12/14
201	1.6.3.3.1	PLANTA ED	20 días	mié 12/11/14	mar 02/12/14
204	1.6.3.3.2	PLANTA NCD	20 días	jue 06/11/14	mié 26/11/14
207	1.6.3.3.3	Conexión de bombas a tanques	11 días	dom 23/11/14	jue 04/12/14
211	1.6.4	OBRAS ELÉCTRICAS & INSTRUMENTACION	90 días	mié 10/09/14	mié 10/12/14
212	1.6.4.1	LOGÍSTICA ELECTRICA	55 días	mié 10/09/14	mar 04/11/14
213	1.6.4.1.1	PLANTA ED	55 días	mié 10/09/14	mar 04/11/14
214	1.6.4.1.1	Centro de Control de Motores 200-CCM-001	55 días	mié 10/09/14	mar 04/11/14
215	1.6.4.1.1	Tablero de iluminación 200-TD-001	55 días	mié 10/09/14	mar 04/11/14
216	1.6.4.1.1	Tablero de instrumentación 200-IP-001	55 días	mié 10/09/14	mar 04/11/14
217	1.6.4.1.1	Equipos y accesorios conexos	55 días	mié 10/09/14	mar 04/11/14
218	1.6.4.1.1	Bandeja y tuberías conduit	10 días	sáb 27/09/14	mar 07/10/14
219	1.6.4.1.1	Movilización de Equipos / Materiales	7 días	jue 25/09/14	jue 02/10/14
220	1.6.4.1.1	Materiales varios (cables)	10 días	sáb 27/09/14	mar 07/10/14
221	1.6.4.1.2	PLANTA NCD	55 días	mié 10/09/14	mar 04/11/14
222	1.6.4.1.2	Transformador de media tension 2.4/0.48 kV, de 500 kVA	55 días	mié 10/09/14	mar 04/11/14
223	1.6.4.1.2	Bandejas y Tubería Conduit	10 días	sáb 27/09/14	mar 07/10/14
224	1.6.4.1.2	Centro de Control de Motores 100-CCM-001	55 días	mié 10/09/14	mar 04/11/14
225	1.6.4.1.2	Materiales varios (cables)	10 días	sáb 27/09/14	mar 07/10/14
226	1.6.4.1.2	Tablero de iluminación 100-TD-001	55 días	mié 10/09/14	mar 04/11/14
227	1.6.4.1.2	Tablero de instrumentación 100-IP-001	55 días	mié 10/09/14	mar 04/11/14
228	1.6.4.1.2	Movilización de Equipos / Materiales	6 días	vie 10/10/14	jue 16/10/14
229	1.6.4.2	LOGÍSTICA INSTRUMENTOS	57 días	sáb 13/09/14	dom 09/11/14
230	1.6.4.2.1	PLANTA ED	55 días	sáb 13/09/14	vie 07/11/14
231	1.6.4.2.1	Tablero de control 100-TC-001 NEMA 12	55 días	sáb 13/09/14	vie 07/11/14
232	1.6.4.2.1	Gabinetes HMI / Comunicación, Incl Acc.	55 días	sáb 13/09/14	vie 07/11/14
233	1.6.4.2.1	Válvulas / Flujometro / Manómetros, etc	55 días	sáb 13/09/14	vie 07/11/14
234	1.6.4.2.1	Accesorios Varios	55 días	sáb 13/09/14	vie 07/11/14
235	1.6.4.2.2	PLANTA NCD	55 días	lun 15/09/14	dom 09/11/14
236	1.6.4.2.2	Tablero de control 100-TC-001 NEMA 12	55 días	lun 15/09/14	dom 09/11/14
237	1.6.4.2.2	Gabinetes HMI / Comunicación, Incl Acc.	55 días	lun 15/09/14	dom 09/11/14
238	1.6.4.2.2	Válvulas / Flujometro / Manómetros, etc	55 días	lun 15/09/14	dom 09/11/14
239	1.6.4.2.2	Accesorios Varios	55 días	lun 15/09/14	dom 09/11/14
240	1.6.4.3	MOVILIZACIÓN y MONTAJE EN OBRAS ELÉCTRICAS Y DE	61 días	jue 18/09/14	mar 18/11/14
241	1.6.4.3.1	Movilización de Obreros	14 días	jue 18/09/14	jue 02/10/14



Curva “s”, Diagrama en el que se representa lo planificado vs ejecutado

Figura 2.20 Curva s del proyecto PTAM



Fuente: realizado por el autor

2.2.5.2. Programación intermedia.

Luego de realizar un cronograma general donde se definió los hitos más importantes de la obra se procedió a realizar una programación con un intervalo de 3 semanas, en ella se detallaron todas las actividades a realizar según el programa maestro, puesto que se trabajó desde los sectores indicados en cada recuadro los que nos permitió concatenar la secuencia de labores en un tren de trabajo.

3WL, Three Lookahead semana 1, 2 y 3

El 3WL buscó tener un horizonte de planificación mayor a una semana con el objetivo de adelantarnos a los problemas que se pudieran presentar al momento de ejecutar una actividad en su fecha programada.

El avance de planificación intermedia se medía cada jueves donde participaban tanto el cliente como la empresa contratista, con el fin de entregar el día viernes la planificación semanal a cada responsable en una reunión de coordinación donde participaba los Capataces y Subcontratos.

2.2.5.3. Análisis de restricciones.

Luego de haber realizado la planificación intermedia, se procedió a realizar el análisis de restricciones de las actividades seleccionadas tales como requisitos previos o recursos, contrato, diseño, materiales, prerequisites de trabajo, espacio, equipos, mano de obra, otros. Dichas restricciones fueron evaluadas y analizadas en las reuniones semanales para poder absolverlas y pasar a ser parte del inventario de trabajos ejecutables.

Se dividió en dos etapas: revisión de restricciones y preparación de restricciones, las cuales eran tratadas en las reuniones semanales.

Tabla 2.11 Análisis de restricciones semana N°21

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES SEMANAL									
PROYECTO	CONSTRUCCION DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE MINA						CLIENTE:		
CLIENTE	EMQSA						CONTRATISTA:		
CONSTRATISTA	AQUALOGY								
PLAZO	198 DIAS								
INICIO DE OBRA	25/04/2017								
SEMANA	N° 21								
PARTIDA	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD SEMANAL	FECHA INICIO DE LOOK AHEAD	DESCRIPCION DE LA RESTRICCION	FECHA DE LEVANTAMIENTO DE OBSER.	DOCUMENTOS DE REF.	IMPORTANCIA	ESTADO	RESPONSABLE	
	CONSTRUCCION PTAM								
VI	Sector 6								
1	MONTAJE TANQUE SEDIMENTADOR								
1.1	Obras Civiles								
1.1.1	Desencofrado de Bases 7,8,9 y 10	21-Ago	MATERIALES	20-Ago	PLANOS	MEDIA	LEVANTADA	CONTRATISTA	
1.1.2	Solaqueo de Bases 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	21-Ago	MATERIALES	20-Ago	PLANOS	MEDIA	LEVANTADA	CONSTRATISTA	
1.1.3	Liberacion Topografica	22-Ago	RRHH	20-Ago	ADMINIS.	ALTA	LEVANTADA	CLIENTE	
1.2	Obras Mecanicas								
1.2.1	Escarificado de bases de concreto	23-Ago	INGENIERIA	22-Ago	PLANOS	MEDIA	LEVANTADA	CONTRATISTA	
1.2.2	Verificacion Topografica	24-Ago	RRHH	22-Ago	ADMINIS.	ALTA	LEVANTADA	CLIENTE	
1.2.3	Traslado de piezas a punto de obra	24-Ago	LOGISITICA	23-Ago	PERMISOS	ALTA	LEVANTADA	CLIENTE	
1.2.4	Colocacion de Soportes metalicos	25-Ago	RRHH, QA/QC	24-Ago	PLANOS	MEDIA	LEVANTADA	CONTRATISTA	
1.2.5	Nivelacion y liberacion de Soportes	26-Ago	RRHH, QA/QC	25-Ago	PLANOS	MEDIA	LEVANTADA	CONTRATISTA	
1.2.6	Instalacion de vlgas rieles	27-Ago	PROG	26-Ago	PLANOS	MEDIA	LEVANTADA	CONTRATISTA	

Fuente: realizado por el autor

En el análisis de restricciones de la semana N°21 se identificaron las siguientes restricciones de recursos humanos, materiales, ingeniería, logística y control de calidad en esa semana se hizo el levantamiento de las restricciones de las siguientes partidas; desencofrado, solaqueo, liberación topográfica, instalación de bases metálicas, traslado de piezas a obra, nivelación y soportes y anillos de vigas de riel.

2.2.5.4. Elaboración del inventario de trabajo ejecutable.

En este 3WL, se encuentran de 1 a 2 restricciones para cada actividad que fueron consideradas para el estudio: recursos humanos, materiales, ingeniería, logística y control de calidad, las cuales se disponen en columnas. Junto con esto, se agrega una casilla de filtro, donde se colocará con más detalle la razón de la restricción. Cada actividad que queda liberada de las 5 restricciones, pasa a ser ejecutable y el conjunto de éstas forman el inventario de trabajo ejecutable. En esta segunda planilla se copió todas las tareas liberadas, con su respectiva fecha de inicio y término. Como éstas pueden ser una gran cantidad imposible de ejecutar en la misma semana, en otra columna se coloca una casilla para ser marcada en caso que la tarea entre a la planificación semanal.

Tabla 2.12 Inventario de trabajo ejecutable semana N°21

INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE (ITE)												
PROYECTO		CONSTRUCCION DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE MINA										
CLIENTE		EMQSA										
CONSTRATISTA		AQUALOGY										
PLAZO		198 DIAS										
INICIO DE OBRA		25/04/2017										
SEMANA		N° 21										
SECTOR	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD SEMANAL	FECHA INICIO DE LOOK AHEAD	FECHA FIN DE LOOK AHEAD	RESTRICCIONES						EJECUCION	SEGUIMIENTO	
				MO	RRHH	QA	MAT	ING	LOG			PROG
6	Desencofrado de Bases 7,8,9 y 10	21-Ago	21-Ago				✓				F.S.P	J.C.P
6	Solaqueo de Bases 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	21-Ago	21-Ago				✓				F.S.P	J.C.P
6	Liberación Topografica	22-Ago	22-Ago	✓							F.S.P	J.C.P
6	Escarificado de bases de concreto	23-Ago	23-Ago					✓			F.S.P	J.C.P
6	Verificación Topografica	24-Ago	24-Ago	✓							F.S.P	J.C.P
6	Traslado de piezas a punto de obra	24-Ago	24-Ago						✓		F.S.P	J.C.P
6	Colocacion de Soportes metalicos	25-Ago	25-Ago	✓	✓					✓	F.S.P	J.C.P
6	Nivelacion y liberacion de Soportes	26-Ago	26-Ago	✓	✓						F.S.P	J.C.P
6	Instalacion de vigas rieles	27-Ago	27-Ago							✓	F.S.P	J.C.P

Fuente: realizado por el autor

2.2.5.5. Planificación trabajo semanal.

Los Planes de trabajo se realizaron de manera semanal es por ello que son más detallados en la planificación. Estos planes se desarrollaron en colaboración durante reuniones semanales, en las que el planificador presentaba todas las partes interesadas en el proyecto. El propósito de estas reuniones semanales era aumentar la confiabilidad del plan y fiable calidad prometedora de asignaciones, peticiones y compromisos. La planificación semanal fue elaborada con los trabajos ejecutables que se encuentran sin ninguna restricción y dentro del horizonte de la semana, asegurando un flujo de trabajo. (Ver tabla 2.13)

2.2.5.6. Porcentaje de plan cumplido (PPC).

El cálculo del PPC se desarrolló en base al plan semanal y se tomó en cuenta lo siguiente:

- Se obtiene al dividir el número de tareas completadas durante la semana entre el número total de tareas asignadas en el plan semanal.
- Se consideró las tareas 100% completadas, no se tomó en cuenta el % parcial de avance de las mismas, por ello que el plan semanal se desarrolló específica y cuantificable para su medición.
- Lo que se quiere medir no es el avance sino la efectividad y confiabilidad del plan semanal, es decir, la calidad de la programación.
- Si durante la semana se descartaba una tarea y se hacía otra, esta nueva tarea no entraba al conteo de tareas completadas, así como las actividades de reserva o “backlog” programadas.

A continuación, se muestra la planificación y porcentajes de plan de completado para el proyecto en estudio, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 2.13 Programación semanal semana N°21.

PROGRAMACION SEMANAL																		
PROYECTO		CONSTRUCCION DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE MINA										 						
CLIENTE		EMQSA																
CONSTRATISTA		AQUALOGY																
PLAZO		198 DIAS																
INICIO DE OBRA		25/04/2017																
SEMANA		N° 21																
SECTOR	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD SEMANAL	UND	CANTIDAD PROYECTADA	DURACION DIAS	FECHA INICIO DE LOOK AHEAD	FECHA FIN DE LOOK AHEAD	REDNIMIENTO PROGRAMADO	HH UNIDAD	HH PROGRAMADAS	SEMANA ACTUAL							OBERVACIONES	RESPONSABLE
										L	M	MI	J	V	S	D		
6	Desenfofrado de Bases 7,8,9 y 10	M2	37.8	1	21-Ago	21-Ago	37.8	0.85	32	■							SO	ING. REDIDENTE
6	Solapeo de Bases 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	M2	124.45	1	21-Ago	21-Ago	124.45	0.32	40	■							SO	ING. REDIDENTE
6	Liberacion Topografica	M2	475	1	22-Ago	22-Ago	475	0.04	17		■						SO	ING. REDIDENTE
6	Escarificado de bases de concreto	M2	42.7	1	23-Ago	2-Ene	42.7	1.12	48		■						SO	ING. REDIDENTE
6	Verificacion Topografica	M2	475	1	24-Ago	24-Ago	475	0.04	17			■					SO	ING. REDIDENTE
6	Traslado de piezas a punto de obra	UND	12	1	24-Ago	24-Ago	12	1.75	21				■				SO	ING. REDIDENTE
6	Colocacion de Soportes metaloos	UND	12	2	25-Ago	26-Jun	12	14.67	176				■	■			SO	ING. REDIDENTE
6	Nivelacion y liberacion de Soportes	UND	12	2	25-Ene	26-Ago	12	12.47	149.6					■	■		SO	ING. REDIDENTE
6	Pre-armado de vigas rieles	UND	1	1	27-Ago	27-Ago	1	0.01	88						■		SO	ING. REDIDENTE

Fuente: realizado por el autor

La planificación para la semana n°21, en el sector 6 fue la instalación de 12 soportes para la construcción del tanque sedimentador, para ello se tuvieron que eliminar las restricciones, como RR.HH., ingeniería, logística y control de calidad que se tuvo

Tabla 2.14 Porcentaje de plan cumplido (PPC), semana N°21

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO																		
PROYECTO		CONSTRUCCION DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE MINA																
CLIENTE		EMQSA																
CONSTRATISTA		AQUALOGY																
PLAZO		198 DIAS																
INICIO DE OBRA		25/04/2017																
SEMANA		N° 21																
SECTOR	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD SEMANAL	UND	CANTIDAD PROYECTADA	DURACION DIAS	FECHA INICIO DE LOOK AHEAD	FECHA FIN DE LOOK AHEAD	CANTIDAD EJECUTADA	PPC SEMANAL	DIAS SALDO	SEMANA ACTUAL							OBSERVACIONES	RESPONSABLE
										L	M	MI	J	V	S	D		
6	Desenfofrado de Bases 7,8,9 y 10	M2	37.8	1	21-Ago	21-Ago	37.8	100%	0	■							LAS ACTIWADES DE INTERRUMPIERON POR LLUVIAS	ING. REDIDENTE
6	Solapeo de Bases 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	M2	124.45	1	21-Ago	21-Ago	124.45	100%	0	■							LAS ACTIWADES DE INTERRUMPIERON POR LLUVIAS	ING. REDIDENTE
6	Liberacion Topografica	M2	475	1	22-Ago	22-Ago	475	100%	0		■						SO	ING. REDIDENTE
6	Escarificado de bases de concreto	M2	42.7	1	23-Ago	2-Ene	42.7	100%	0			■					SO	ING. REDIDENTE
6	Verificacion Topografica	M2	475	1	24-Ago	24-Ago	475	100%	0			■					SO	ING. REDIDENTE
6	Traslado de piezas a punto de obra	UND	12	1	24-Ago	24-Ago	12	100%	0				■				FALLAS MECANICAS DE EQUIPO	ING. REDIDENTE
6	Colocacion de Soportes metalicos	UND	12	2	25-Ago	26-Jun	12	100%	0					■			SO	ING. REDIDENTE
6	Nivelacion y liberacion de Soportes	UND	12	2	25-Ene	26-Ago	12	100%	0						■		SO	ING. REDIDENTE
6	Pre-armado de vigas rieles	UND	1	1	27-Ago	27-Ago	1	100%	0						■		SO	ING. REDIDENTE
PPC (TOTAL)								100%										

Fuente: realizado por el autor

Causas de no cumplimiento.

Se muestra las restricciones que se pueden dar en obra y afectan al cumplimiento de las actividades.

Tablas 2.15 Causas de no cumplimiento, restricciones.

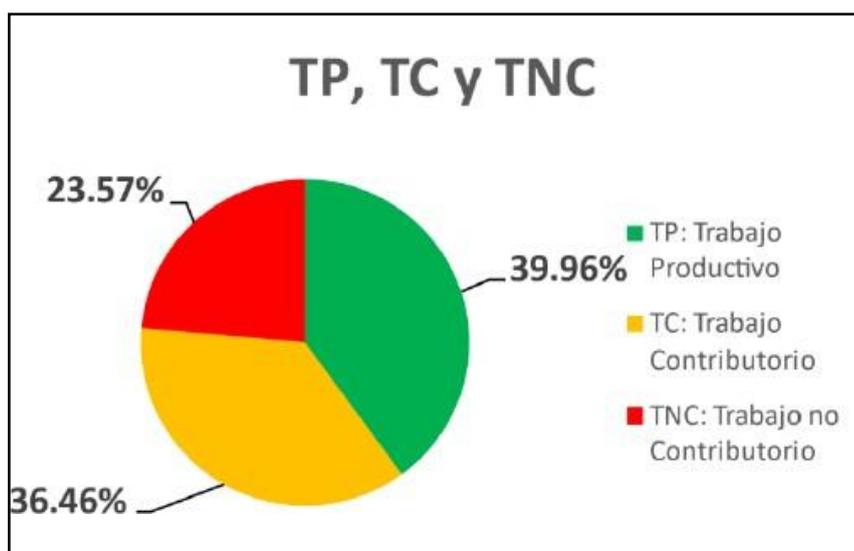
Código	Variable	Descripción
PROG	PROGRAMACION (PROG)	Errores en la programación, restricciones no identificadas de manera oportuna, errores en el cálculo de recursos.
LOG	LOGISTICA (LOG)	Toda falta de herramientas o materiales que han sido requeridos oportunamente por producción.
PROC	PROCURA (PROC)	Toda falta de equipos a instalar o materiales que han sido requeridos oportunamente por producción.
CEQ	EQUIPOS (EQ)	Averías, fallas en equipos o mantenimientos no programados.
ADM	ADMINISTRATIVOS (ADM)	Ingreso de personal a Obra, fallas en servicios de campamentos, pagos no realizados a SC
CLI-ING	INGENIERÍA	Cambios de ingeniería definida, en lo programado para la semana
CLI-MAT	MATERIAL	Retraso en entrega de material.
CLI-PRI	CLIENTE PRIORIDAD (CLI-PRI)	Todas las causas que implican responsabilidad del cliente en los cambios de prioridades de ejecución.
CLI-PERM	CLIENTE PERMISOS (CLI-PERM)	El cliente no autoriza trabajos en áreas indicadas previamente en la programación
CLI-PER	CLIENTE PERSONAL (CLI-PER)	El cliente origina demoras en el ingreso de personal solicitado (Inducción, Exámenes médicos)
EJEC	ERRORES DE EJECUCIÓN (EJEC)	Retrabajos que no permitieron realizar los trabajos programados.
SC	SUBCONTRATAS (SC)	No cumplieron actividades en las fechas programadas.
OT	OFICINA TÉCNICA (OT)	Ingeniería no definida, información RFI no llevadas a obra.
CP	CONTROL DE PROYECTOS (CP)	Subcontratistas no continúan sus actividades por falta de valorización
CPP	COORDINACIONES PREVIAS PRODUCCIÓN	Trabajos Programadas: No cumple en fecha y produce retrasos a otras especialidades Trabajos No Programadas: Producen interferencias a otras especialidades
QA/QC	AREA DE CALIDAD	No se cumplieron con las liberaciones, entrega de protocolos
(EXT)	EXTERNOS	Retraso por clima, eventos extraordinarios (marchas, huelgas) y/o falta de entrega de permisos o licencias.

Fuente: realizado por el autor

2.2.5.7. Carta balance.

En la carta balance se visualiza las mediciones realizadas en la semana n°21, en un análisis de la partida de Instalación de Soportes metálicos. También donde se muestran los porcentajes de TP, TC y TNC, esto nos ayudara a planificar y anticiparnos a las restricciones de la siguiente semana.

Figura 2.21 Carta balance semana N°21 actividad: Instalación de soportes



Fuente: realizado por el autor

2.2.6. Términos básicos

- Actividad: es toda hecho que es realizado por el hombre con una finalidad fijada.
- Cronograma: son fechas a efectuarse una actividad en especifico
- Costo: es toda acción de compra vende de un producto determinado por el valor del mismo.
- Empresas: son una pequeña unidad económica que promueve actividades productivas.
- Presupuesto: es aproximación económica que se dará en un tiempo determinado para realizar actividades en beneficio de la empresa.
- Plan: es conjunto acciones sistematizadas en un pequeño compendio.

- Seguimiento: acción de verificar que se desarrolle una determinada actividad en una zona.
- Trabajo: es la acción que es realizada por el hombre que es retribuida con un salario.
- Tiempo: es cuando una actividad se realiza en un intervalo determinado.
- Ubicación: es la localización de un proyecto.
- Lean Construction Denominado también como “construcción sin pérdidas” donde se busca la optimización de los recursos en la ejecución de una obra.
- Lookahead Planning Es la herramienta del Sistema Last Planner donde se planifica a 3-6 semanas la construcción de un proyecto. Se actualiza en las Reuniones Semanales de Producción.
- Sistema Last Planner Es denominado “Sistema del Último Planificador”, consiste en la planificación maestra, la cual se encarga del control de la productividad en una obra de construcción.
- Porcentaje del Plan de Cumplimiento (PPC) Es una herramienta del sistema Last Planner donde se mide el cumplimiento de las actividades que se han planificado para una semana de producción.
- Valor Es todo lo que ayude al cliente a obtener una mejora en el producto que este adquiriendo.
- Pérdidas Es toda aquella actividad que tiene un costo, pero que no le agrega valor al producto terminado.
- Actividades de Valor Agregado - Trabajo Productivo Se refiere a aquella actividad que contribuye en la elaboración de un producto.
- Actividades que no agregan valor – Trabajo Contributorio Es toda aquella actividad que no generan valor al producto pero que son necesarias en la elaboración de este.
- Actividades que no agregan valor– Trabajo No Contributorio Es aquella actividad que no genera valor ni es necesaria en la elaboración de un producto.
- Trabajos rehechos Son los errores en el proceso, producto o servicio que llevan a defectos y que se debe producir nuevamente.

III. APORTES REALIZADOS.

En esta parte se detallará mi intervención en todas las fases para la ejecución de este proyecto, puntualmente fui el líder de la especialidad mecánica, por tal motivo mi trabajo empieza desde la licitación, revisión de propuestas técnicas/económicas, reunión con proveedores y/o contratistas para definir alcances, luego participe en la etapa de construcción, en la planificación y control de obra, supervisión y valorización del avance, puesta en marcha, entrega final a usuarios y liquidación económica del proyecto.

3.1. Trabajos preliminares.

3.1.1. Revisión y distribución de la información.

Con el fin de facilitar la información necesaria al contratista realice las reuniones donde se establecieron los mecanismos para la emisión y recepción de documentación, con ello se llevó un orden y seguimiento a cada duda o consulta por ambas partes, los documentos más utilizados serian 02:

- Request for information (RFI)
- Transmittal (TM)

Tabla 3.1 Formatos para compartir información

	REGISTRO																									
	GESTIÓN DE CALIDAD																									
	SOLICITUD DE INFORMACIÓN (SI)																									
	AQ-QA-PG-003-F001																									
	Número Registro:																									
	Fecha Registro:																									
	Página : 1 de: 1																									
Código y Nombre del Proyecto: Construcción de Plantas de Tratamiento de Agua NCD y ED																										
Ubicación: Unidad Minera Yauliyacu																										
SOLICITUD DE INFORMACIÓN No.:	501-AQEMQ-SI-003																									
FECHA:	26-ago-14																									
SOLICITANTE:	Octavio Sinarahuá																									
CARGO:	Jefe Oficina Técnica																									
PARA:	Daniel Casquero / Jack Angeles																									
DOCUMENTOS REF.:	Hoja de datos de Bombas HD-Bombas Rev. 0' - UM Yauliyacu																									
DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN SOLICITADA / CONSULTA:																										
<p>En base a la <i>HD-Bombas Rev. 0</i> proporcionada por vuestra representada, se solicita se nos reconfirmen las propiedades del fluido y el caudal (L/s) para las bombas de las plantas NCD y ED cuyos TAGs se indican en la siguiente tabla:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Documento</th> <th>Bomba</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Nº HD-10114-05-PY-BBFL-01</td> <td>BBFL-01</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Nº HD-10114-05-PY-BBFL-02</td> <td>BBFL-02</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Nº HD-10114-05-PY-BBCA-01</td> <td>BBCA-01</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Nº HD-10114-05-PY-BBCA-02</td> <td>BBCA-02</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Nº HD-10114-05-PY-BBCA-03</td> <td>BBCA-03</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Nº HD-10114-05-PY-BBAZ-01</td> <td>BBAZ-01</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Nº HD-10114-05-PY-BBAZ-02</td> <td>BBAZ-02</td> </tr> </tbody> </table>			Item	Documento	Bomba	1	Nº HD-10114-05-PY-BBFL-01	BBFL-01	2	Nº HD-10114-05-PY-BBFL-02	BBFL-02	3	Nº HD-10114-05-PY-BBCA-01	BBCA-01	4	Nº HD-10114-05-PY-BBCA-02	BBCA-02	5	Nº HD-10114-05-PY-BBCA-03	BBCA-03	6	Nº HD-10114-05-PY-BBAZ-01	BBAZ-01	7	Nº HD-10114-05-PY-BBAZ-02	BBAZ-02
Item	Documento	Bomba																								
1	Nº HD-10114-05-PY-BBFL-01	BBFL-01																								
2	Nº HD-10114-05-PY-BBFL-02	BBFL-02																								
3	Nº HD-10114-05-PY-BBCA-01	BBCA-01																								
4	Nº HD-10114-05-PY-BBCA-02	BBCA-02																								
5	Nº HD-10114-05-PY-BBCA-03	BBCA-03																								
6	Nº HD-10114-05-PY-BBAZ-01	BBAZ-01																								
7	Nº HD-10114-05-PY-BBAZ-02	BBAZ-02																								
POSIBLES SOLUCIONES:																										
<p>ADJUNTOS: <u>Hoja de datos de Bombas Rev. 0</u> (Ver tabla líneas arriba).</p>																										
<p>Genera impacto en <input type="checkbox"/> Plazo <input type="checkbox"/> Costo</p>																										
<p>Marcar UNO <input checked="" type="checkbox"/> Crítico <input type="checkbox"/> Importante <input type="checkbox"/> Rutina</p>																										
FECHA REQUERIDA DE RESPUESTA:		FIRMA DEL SOLICITANTE:																								
Viernes 29 de Agosto		Octavio Sinarahuá																								
RESPUESTA DEL CLIENTE / SUPERVISOR: <input checked="" type="checkbox"/> Procede <input type="checkbox"/> Rechazado																										
<p>SE ADJUNTAN HOJAS DE DATOS EN REV. 1</p>																										
RESPONDIDA POR:		FECHA:																								
DANIEL CASQUERO		26-08-14																								
OBSERVACIONES:																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DISTRIBUCION</th> <th>Nombre</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Residente</td> <td>José Urbina</td> </tr> <tr> <td>Jefe de OT</td> <td>Octavio Sinarahuá</td> </tr> <tr> <td>Jefe de Campo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Asistente de OT</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Asistente de Campo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Topografía</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Control Documentario</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Otros</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			DISTRIBUCION	Nombre	Residente	José Urbina	Jefe de OT	Octavio Sinarahuá	Jefe de Campo		Asistente de OT		Asistente de Campo		Topografía		Control Documentario		Otros							
DISTRIBUCION	Nombre																									
Residente	José Urbina																									
Jefe de OT	Octavio Sinarahuá																									
Jefe de Campo																										
Asistente de OT																										
Asistente de Campo																										
Topografía																										
Control Documentario																										
Otros																										
<p><i>Nota: Si lo indicado en el presente documento constituye un cambio en el alcance, en el precio o el cronograma del Contrato, AQUALOGY notificará el cambio al Cliente dentro de un periodo de cinco (05) días calendario. Cualquier trabajo nuevo o adicional, asociado con el documento aceptado, no procederá a menos que se cuente con una Orden de Trabajo u Orden de cambio del Contrato, firmada y aprobada debidamente por el Cliente</i></p>																										

Fuente: realizado por el autor

Tabla 3.2 Formatos para compartir información. cambiar por figura

	REGISTRO				AQ-QA-PG-F001		
	GESTION DE CALIDAD				Nro Registro:		
	HOJA DE TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN				Fecha Registro: Página : 1 de 1		
Código y Nombre del Proyecto: CONSTRUCCIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA NCD Y ED - YAULIYACU							
Cliente: LOS QUENUALES SA			Ubicación: Chicla - Huarochiri - Lima; U.M. Yauliyacu (EMQSA)				
TRANSMITTAL N°: 501-AQEMQ-TR-042			Fecha: 06/09/2014				
GC: Gte. de Construcción	OT: Oficina Técnica	QC: Control de Calidad	HSE: Prevención de Riesgos				
OC: Obras Civiles	OM: Obras Mecánicas	OE: Obras Eléctricas	ADM: Administración				
VIA DE TRANSMISIÓN: FISICO			DE: AQUALOGY PERU SAC				
PARA: LOS QUENUALES SA			FIRMA: JOSE LUIS URBINA				
ATT.: DANIEL CASQUERO			CC.: UBALDO ROSAS, JIMMY SURCO				
Sirvase encontrar los siguientes documentos adjuntos:							
Id	Documento No.	Rev.	Descripción	Cant.	Tipo	Tamaño	Formato
1	AQ-TO-CD-001	0	Criterio de Diseño Sistema a Tierra - ED y Homogenizacion	1		A4	PDF
2	501-ED-EA-0001-PL-00001	A	Plano Sistema de Aterramiento ED	1		A4	DWG/PDF
3	501-NCD-EA-0001-PL-00001	A	Plano Sistema de Aterramiento Homogenizacion	1		A4	DWG/PDF
Tipo de documento:							
A: Documento preliminar				E: As built			
B: Para Aprobación				F: Para comentarios			
C: Para Información				G:			
D: Documento certificado				H:			
COPIA:				COMENTARIOS:			

Fuente: realizado por el autor

Este intercambio de información permitió aclarar varios puntos que no se pudieron detectar en las fases anteriores, y por ello se pudo optimizar la entrega de la ingeniería para emitir los planos a los proveedores de equipos.

3.1.2. Revisión de documentación.

Como el contratista sería el responsable de la ingeniería para la fabricación y compra de equipos se desarrolló un cronograma de entregables, donde se establecía las fechas de entregas de planos, memorias descriptivas y especificaciones técnicas, esta información era revisada cliente y verificada en campo para evitar alguna interferencia con las estructuras existentes.

3.1.3. Planificación de la fabricación en talleres.

Una vez aprobado los planos de ingeniería estos fueron enviados al taller del contratista donde se fabricaron las estructuras metálicas y tanques, para ello se realizó un cronograma de fabricación y pruebas, con el fin de verificar y controlar los envíos a obra, así como la calidad del mismo.

3.1.4. Planificación en compra de Equipos.

En esta etapa se realizó la compra un cronograma de adquisición de equipos los cuales fueron encargados a vendedores reconocidos en el mercado, este cronograma era controlado en las reuniones contractuales con el contratista, además que para algunos equipos especiales hubo una capacitación previa del vendedor antes de sus instalaciones en obra.

3.1.5. Inspección de estructuras metálicas y equipos en Obra.

Se realizó la actividad de inspección de componentes que tiene como objetivo verificar las cantidades y el estado en las que llegaron a obra, para ello se

emitieron reportes de inspecciones (reportes fotográficos) así como la verificación de los documentos técnicos y/o calidad de cada elemento

3.1.6. Reconocimiento del lugar de la Obra.

Se realizó previo a los trabajos de construcción una visita a obra donde se definía las áreas a intervenir así como los espacios para el campamento, en esta inspección se vieron las interferencias con los demás áreas existentes de la mina, puntos de acometidas, ingreso y salida de equipos y personal, ubicación de oficinas y almacenes, trabajos previos como retiros de estructuras metálicas o tuberías, permisos con las otras áreas para fijar horarios de tránsitos estas actividades deberían ser conocidas expuestas a las demás áreas de la mina con la finalidad de evitar contratiempos.

Figura 3.1 Fotos de interferencias entre la ingeniería y el área de proyecto



Fuente: realizado por el autor

3.2. Planificación, ejecución, control y cierre de obra.

3.2.1. Distribución y revisión de la información.

Se presentó los alcances del proyecto mediante documentos técnicos y cronogramas, en esta reunión se involucró a todas las áreas de la mina, con el fin de identificar o evitar cualquier imprevisto durante su desarrollo, en esta presentación se establecieron los hitos del proyecto, así como la interacción con cada uno de ellos, además se presentó al grupo de trabajo con nombres

y responsabilidades, esto generó una mejor participación y comunicación con los involucrados.

Figura 3.2 Reunión para distribución de información del proyecto.

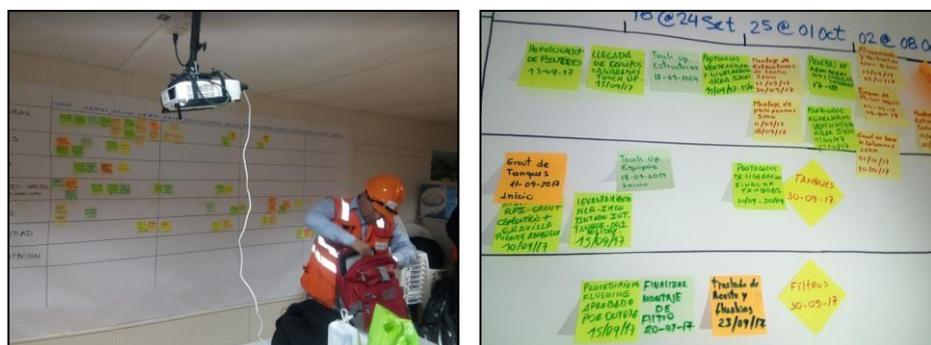


Fuente: realizado por el autor

3.2.2. Inducción de personal.

Se realizó como parte fundamental en la implementación del sistema last planner una inducción al personal contratista del sistema de gestión por parte de nuestra área en ella se definió los controles durante el proyecto, como fechas de reuniones semanales, mensuales, revisión de indicadores, documentación que respalde estos controles, etc.

Figura 3.3 Inducción al personal de la contratista



Fuente: realizado por el autor

3.2.3. Planificación de la Obra.

El investigador se encargó de gestionar y liderar la elaboración de cronogramas y planes de trabajo a lo largo de la etapa de ejecución, así como planificar y dirigir las inspecciones en obra, en fábrica y en ciudades de tránsito a la UM, antelación y participación en los planes de liberación de restricciones identificadas a 3 semanas para evitar desfase en el avance, organizar las reuniones interna de seguimiento a todos los servicios y suministros críticos del proyecto, supervisar al equipo de construcción, gestionando RFIs, emisión de red lines y cierre de as built del proyecto, garantizar la trazabilidad de la información a través de la plataforma del ACONEX.

3.2.4. Control de la obra.

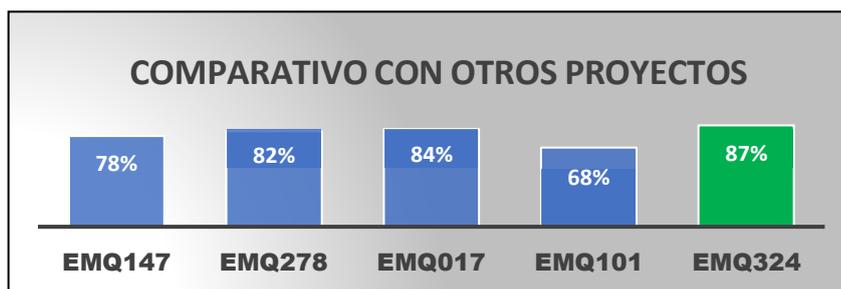
El investigador lideraba las reuniones semanales donde el contratista exponía el avance y las restricciones que se tuvo en ese periodo, definir las actividades de la siguiente semana y verificar los recursos a emplear, revisión de indicadores de productividad como PPC diario, PPC semanal, tendencia de curva S y variabilidad de PPC histórico, caminatas de inspección, a continuación, se muestran algunas graficas respecto a otros proyectos que demuestran la efectividad en el control de la obra.

Tablas 3.3 Tabla de proyectos y sus %PPC

CODIGO PROYECTO	NOMBRE DEL PROYECTO	% PPC
EMQ147	Ampliación Zona de Filtrado Área 124	78%
EMQ278	Recrecimiento de Dique	82%
EMQ017	Mantenimiento Vía Km197	84%
EMQ101	Montaje de Bombas CX456	68%
EMQ324	Montaje planta PTAM	87%

Fuente: realizado por el autor

Figura 3.4 % de PPC cumplidos respecto a otros proyectos.



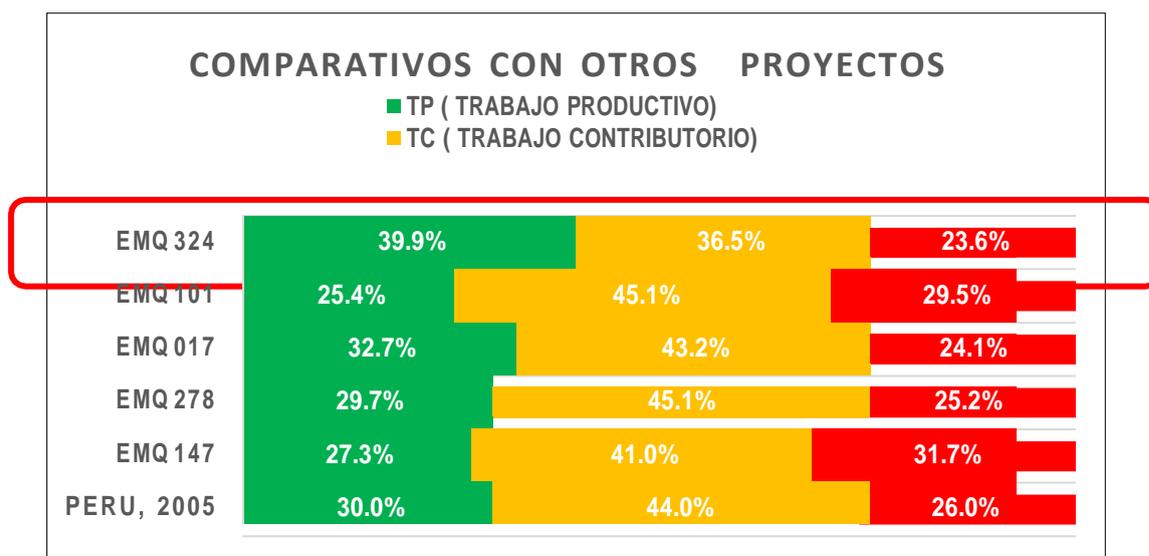
Fuente: realizado por el autor

Tablas 3.4 Tabla de proyectos y sus % de carta balance

CODIGO PROYECTO	NOMBRE	TP (TRABAJO PRODUCTIVO)	TC (TRABAJO CONTRIBUTORIO)	TNC (TRABAJO NO CONTRIBUTORIO)
PERU, 2005	Promedio de la industria.	30.0%	44.0%	26.0%
EMQ147	Ampliación Zona de Filtrado Área 124.	27.3%	41.0%	31.7%
EMQ278	Recrecimiento de Dique.	29.7%	45.1%	25.2%
EMQ017	Mantenimiento Vía Km197.	32.7%	43.2%	24.1%
EMQ101	Montaje de Bombas CX456.	25.4%	45.1%	29.5%
EMQ324	Montaje planta PTAM.	39.9%	36.5%	23.6%

Fuente: realizado por el autor

Figura 3.5 Trabajo productivo vs referencia a otros proyectos



Fuente: realizado por el autor

3.2.5. Seguimiento a los controles de calidad.

Se Verifico los procesos constructivos según el plan de calidad, especificaciones técnicas del vendedor, planos, etc.

Figura 3.6 Control de calidad en la llegada de equipo y montaje



Fuente: realizado por el autor

3.2.6. Valorización de la obra.

Se realizó el control económico de la obra, precios unitarios y metrados, verificar los avances reales y/o trabajos adicionales que se presenten, así como la validación de los mismos.

Tabla 3.5 Presupuesto proyectado vs real.

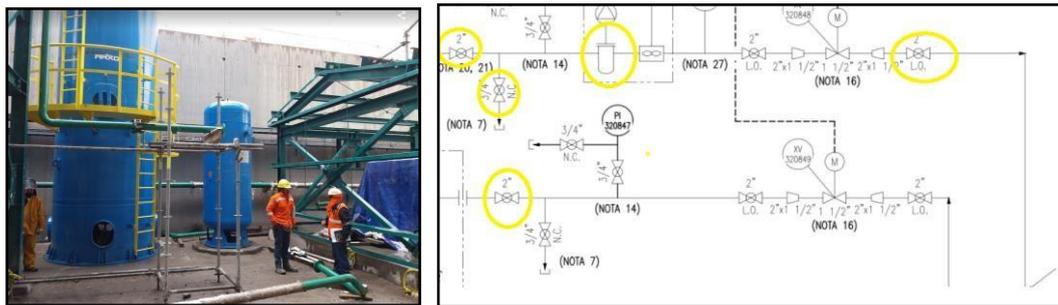
PRESUPUESTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA - PARTIDAS	PRESUPUESTO PROYECTADO (CAPEX)	PRESUPUESTO VALORIZADO
INGENIERIA BASICA	150,000.00	142,710.00
TRABAJOS PRELIMINARES	57,845.14	63,629.65
CONSTRUCCION	4,500,000.00	4,317,265.76
SUPERVISION	72,000.00	68,400.00
GASTOS GENERALES	35,700.00	30,345.00
COSTOS IMPREVISTOS	45,000.00	51,300.00
TOTAL	4,860,545.14	4,673,650.41
VARIACION	186,894.73	

Fuente: realizado por el autor

3.2.7. Pruebas y puesta en marcha.

Se realizó un plan de levantamiento de punch list en base al plan de pruebas, el cual permitió culminar en fecha. Llegar a conformar un equipo de trabajo para comisionamiento, con participación de personal de operaciones mina y contratistas.

Figura 3.7 Caminatas en obra y revisión de pruebas.



Fuente: realizado por el autor

3.2.8. Informes finales de obra

Se realizó los informes mensuales sobre el avance de obra, donde se detallan el cumplimiento de los cronogramas, así como las posibles restricciones para las futuras actividades, se envió también los informes de seguridad cabe que para este proyecto no se tuvo ningún accidente.

IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES.

4.1. Discusión.

- Del objetivo específico 1: En nuestro informe se observa que se implementa el LPS a partir de la semana 3 y luego a la semana 6 recién se empieza a realizar la carta balance, esto se debió mejorar implantándola desde un inicio ya que así se puede verificar el índice de producción y ajustar los tiempos en la construcción ya que se conoce los rendimientos, ratios reales de la obra los tiempos de producción mejoraron en un 30% y la eficiencia mejora en un 45% a comparación con el método tradicional. Mientras que en el estudio realizado por (Valdizán, 2020) que el tiempo ahorrado en la herramienta Last Planner System es del 20% y la eficiencia mejora en un 60% pero para asegurarse de estos cambios se lleven es necesario que el jefe este en constante seguimiento a los trabajadores y así evitar tiempos muertos, pero (Rodriguez, 2023) no siempre se reduce el tiempo y el costo a porque pueden ocurrir hechos fortuitos o inesperados, clima, huelga , acto terrorista , etc. Que pueda interrumpir la producción en la empresa pero que realizando un buen plan de contingencia se puede evitar posibles inconvenientes es por ello que es necesario realizar un seguimiento constante para poder así replantear la estrategia a seguir en el proyecto. Por ello el objetivo específico 1 es validado.
- Del objetivo específico 2: En nuestro estudio se involucra la tecnología BIM que permite visualizar tanto en 3D y 4D la obra, esta herramienta es muy importante ya que resulta didáctico en la presentación de las reuniones semanales contribuyendo a la toma de decisiones con mayor facilidad. Además, trabajo productivo es de 39.9%, el trabajo contributivo es 36.5% y el trabajo no contributivo es 23.6%. Mientras que en el estudio de (Gómez, 2022) nos dice que en 3D y 4D toda obra siempre es más factible trabajarla ya que hará mucho más sencillo, y coincide en que mejora trabajo productivo es de 40%, el trabajo contributivo es 38.5% y el trabajo no contributivo es 22.5% todo ello favorece a la toma de decisiones

ya que permite a la alta dirección replantear plan de actividades, pero mientras (Ayala, 2021) titulado: “Desafíos en la implementación de la herramienta Last Planner System (LPS) para un proyecto inmobiliaria en el Municipio de Sahagún – Córdoba” nos dice que siempre debe haber capacitaciones en forma constante para que el personal vea los beneficios de la herramienta Last Planner System Ya que por lo general fracasa por miedo de los colaboradores al cambio. Por lo que podemos decir que el objetivo específico 2 es validado

- Del objetivo específico 3: En nuestro estudio en las estimaciones económicas el proyecto en su costo total resulto en \$ 4,317,265.87 dólares americanos produciendo un ahorro para la empresa de un 3.5 % ya que sin la implementación de la herramienta last planner las pérdidas de materiales era muy común. nuestro estudio concuerda con el realizado por (Hermoza, 2021) quien nos manifiesta que mediante esta herramienta las empresas minimizando las pérdidas en aproximadamente 15% y como vaya implementándose va aumentando la rentabilidad en la empresa, pero añade que mucho dependerá del seguimiento al proyecto, ya que minimiza los tiempos muertos aumentando así la productividad de los trabajadores. Mientras que el estudio de (Rojo, 2019) nos dice que al minimizar las pérdidas la empresa va recaudar más, pero siempre hay que ejercer auditoria interna y externa para verificar las cifras económicas, pero además con los seguimiento y control que realice la jefes inmediatos se minimizaran los tiempos muertos y por ende habrá mayor rentabilidad a favor de la empresa. Por lo que decimos que el objetivo específico 3 es validado.

4.2. Conclusiones.

- Del objetivo general se concluye que al implementar la planificación y control durante el montaje con la herramienta Last Planner System, hubieron muchos retos debido a que la empresa Contratista no tenia experiencia previa pero debido al arduo trabajo en la concientización y

capacitación al inicio del proyecto y en base a retroalimentación para la mejora continua semana a semana se logró que la empresa pueda tener un mejor rendimiento en lo del 87% de promedio en los trabajos ejecutados según planificación y además de lograr un ahorro del 4.1 % del presupuesto en la partida de construcción.

- Del objetivo específico 1 se concluye que al implementar el LPS a partir de la semana 3 y luego a la semana 6 recién se empieza a realizar la carta balance, esto se debió mejorar implantándola desde un inicio ya que así se puede verificar el índice de producción y ajustar los tiempos en la construcción ya que se conoce los rendimientos, ratios reales de la obra los tiempos de producción mejoraron en un 30% y la eficiencia mejora en un 45% a comparación con el método tradicional.
- Del objetivo específico 2 se concluye que al involucrar las tecnologías BIM nos permite visualizar tanto en 3D y 4D la obra, esta herramienta es muy importante ya que resulta didáctico en la presentación de las reuniones semanales contribuyendo a la toma de decisiones con mayor facilidad esto se vio reflejado en los porcentajes de trabajos productivos al llegar al 39.9%, en trabajo contributivo al 36.5% y en el trabajo no contributivo disminuir hasta un 23.6%.
- Del objetivo específico 3 se concluye que para realizar el cálculo de las estimaciones económicas el proyecto en su costo total resulto en \$ 4,317,265.87 dólares americanos produciendo un ahorro para la empresa de un 3.5% ya que sin la implementación de la herramienta esto no pudo haberse logrado.

V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que al inicio de cada proyecto el líder de la obra debe dar una inducción a todo el personal sobre la forma de planificación y control que se aplicara en el proyecto.
- Se recomienda que se debe tener una comunicación constante y fluida con todos los involucrados, entregando y actualizando toda información relacionado al proyecto.
- Se recomienda reuniones semanales, además es importante la participación de todos y para ello el líder debe generar un ambiente de oportunidades de mejora donde todos puedan participar y sentirse comprometidos por el bien común.
- Se recomienda promover el uso del LPS que es fundamental en el tema de programación, pero es fundamental no quedarnos ahí y aplicarlo en toda su plenitud por ello es importante la capacitación constante.
- Se recomienda realizar inspecciones, participar en caminatas opinadas y no opinadas, hablar con el personal, verificar el área de trabajo esto potenciará su participación en las reuniones semanales y generará mayor participación del personal.
- Se recomienda destinar presupuesto para capacitaciones, auditorías externas e internas, materiales, todo con el fin de asegurar el éxito del sistema Last Planner.

VI. BIBLIOGRAFIA.

- Ayala, J. 2021.** *Desafíos en la implementación de la herramienta Last Planner System (LPS) para un proyecto inmobiliaria en el Municipio de Sahagún - Córdoba.* Colombia : Universidad de los Andes, 2021.
- Barcia, H y Navia, C. 2023.** *Planificación para la provisión de agua potable en la comunidad de La Isla de Puembo, Provincia de Cotopaxi aplicando Lean Construction Planner.* Ecuador : Universidad de Guayaquil, 2023.
- Bautista, F y Pandal, D. 2020.** *Análisis de la productividad de la mano de obra en proyectos de edificación aplicando el sistema de construcción tradicional y Last Planner System.* Lima : Universidad Peruana Unión, 2020.
- Beleño, J y Villa, B. 2022.** *Elaboración de procedimiento para la implementación de la metodología Last Planner System en proyectos fotovoltaicos.* Colombia : Universidad Simon Bolivar, 2022.
- Bonilla, A. 2019.** *Estudio de la variabilidad en la implementación del Last Planner System (LPS) en proyectos que adoptan la herramienta por primera vez [recurso electrónico].* Colombia : Universidad del Valle, 2019.
- Brenes, F. 2023.** *Propuesta de mejora en la planificación y control de los proyectos mediante la implementación de la metodología Last Planner para DICOMA Construcción.* Costa Rica : Tecnológico de Costa Rica, 2023.
- Carrera, J y Paredes, W. 2021.** *Propuesta de aplicación del lean construction para mejorar la planificación y el control en la ejecución de la partida UBS de las obras de saneamiento rural en la empresa Ripesa Perú E. I. R. L. - 2020.* Lima : Universidad Privada del Norte, 2021.
- Congreso Nacional Lean Construction.* **Gamarra, J. 2017.** 2017, CNLC, págs. 24-25.
- Cortez, J. 2020.** *Planificación integrada de mediano/largo plazo para obras interior mina en proyecto Andes Norte - nuevo nivel mina.* Chile : Universidad de Chile, 2020.
- Gómez, P. 2022.** *Guía práctica para la implementación de la metodología LEAN Construction en el proyecto Termosuria.* Colombia : Universidad de los Andes Colombia, 2022.
- Gutierrez, M. 2022.** *Propuesta de mejora para reducir los retrasos en los proyectos de montaje de transformadores basado en la implementación de herramientas lean y la guía del PMBOK.* Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), 2022.
- Guzmán, G y Vela, J. 2019.** *Integración sistémica y evaluación de herramientas de la filosofía lean construction: last planner system y pull planning en la*

planificación y control de un túnel de trinchera cubierta en el Perú. Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019.

Hermoza, A. 2021. *Diseño de Vivienda de Interés Prioritario en la parroquia de San Antonio, aplicando la filosofía Lean Construction.* Ecuador : Universidad Central del Ecuador, 2021.

K+K GROUP. 2019. *Programación de obras con LPS.* Lima : K+K Group, 2019.

Palacios, L. 2016. *Ingeniería de métodos movimientos y tiempos.* Colombia : ECOE ediciones, 2016.

Paredes, A y Parra, D. 2019. *“EFECTO DEL LAST PLANNER SYSTEM EN LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES EN PROYECTOS DE OBRAS VIALES”.* Ecuador : Universidad Nacional de Chimborazo, 2019.

Pirca, G y Pirca, J. 2019. *APLICACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER SYSTEM EN EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE LA OBRA: "DIRECCIÓN REGIONAL DE EDUCACIÓN DE HUANCVELICA".* Huancavelica : Universidad Nacional de Huancavelica, 2019.

Pons, J. 2015. *Introducción a Lean Construction.* España : Fundación Laboral de la construcción, 2015.

Pons, J y Rubio, I. 2019. *Colección Guías practicas de Lean Construction Lean Construction y la planificación colaborativa metodologia del Last Planner.* España : Consejo General de la Arquitectura de España, 2019.

Rodriguez, V. 2023. *Aplicación de last planner system en la fortificación de rocas del camino Llata – Antamina – 2022.* Lima : Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, 2023.

Rojo, S. 2019. *Análisis comparativo entre el método tradicional y la práctica de lean construction, para el proceso de mampostería en obra.* Colombia : Universidad Pontificia Bolivariana, 2019.

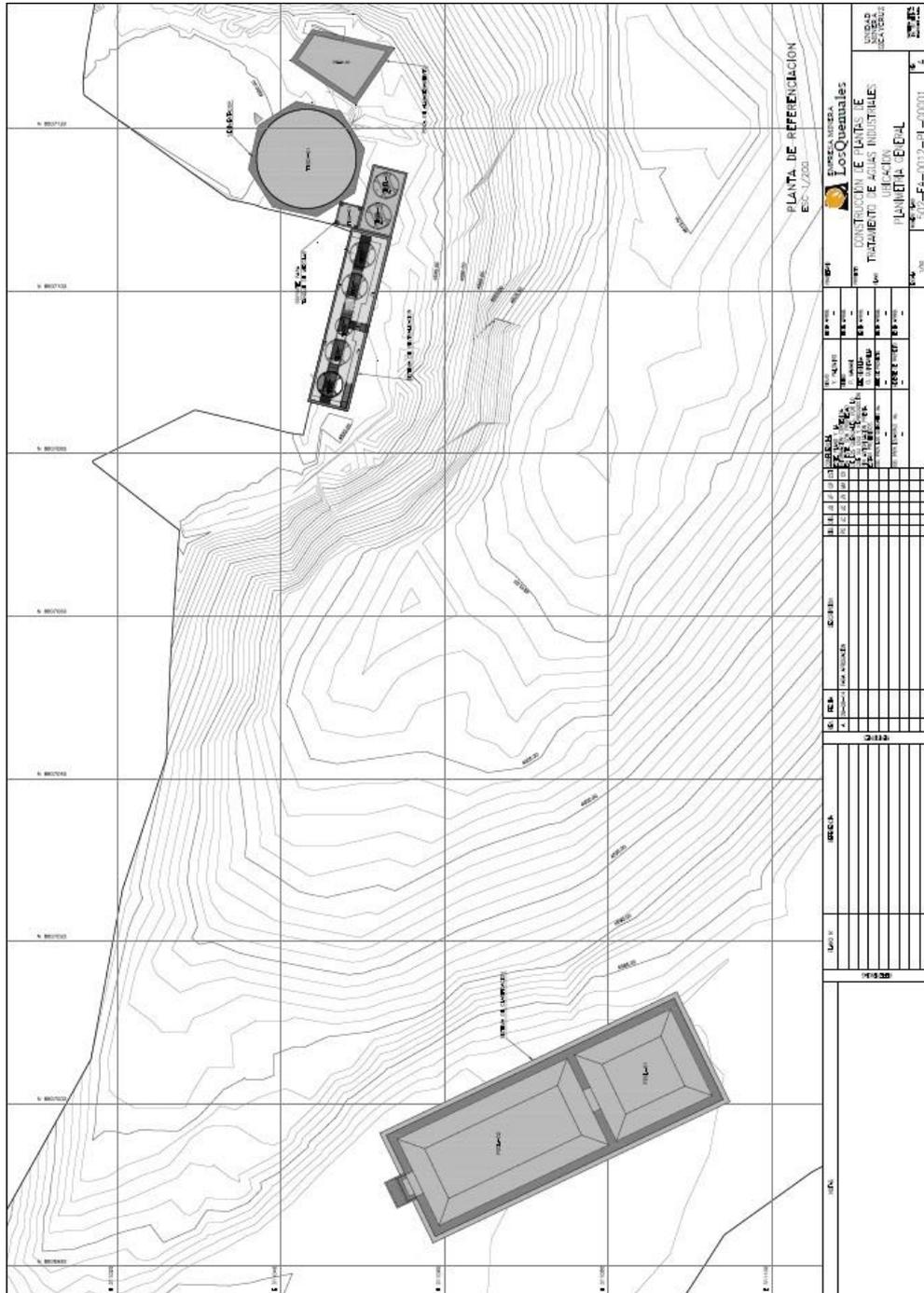
Valdizán, Universidad Nacional Emilio. 2020. *Aplicación de la metodología Lean Construction para mejorar la productividad en las partidas de red de alcantarillado y línea de conducción en el proyecto: mejoramiento y ampliación de los servicios de agua potable e instalación del sistema de alcantarill.* Huánuco : Gaspar,R, 2020.

Vargas, H, León, W y Peñaranda, D. 2023. *Guía práctica para la implementación de la metodología LEAN Construction en el proyecto Termosuria.* Colombia : Universidad de los Andes Colombia, 2023.

ANEXOS.

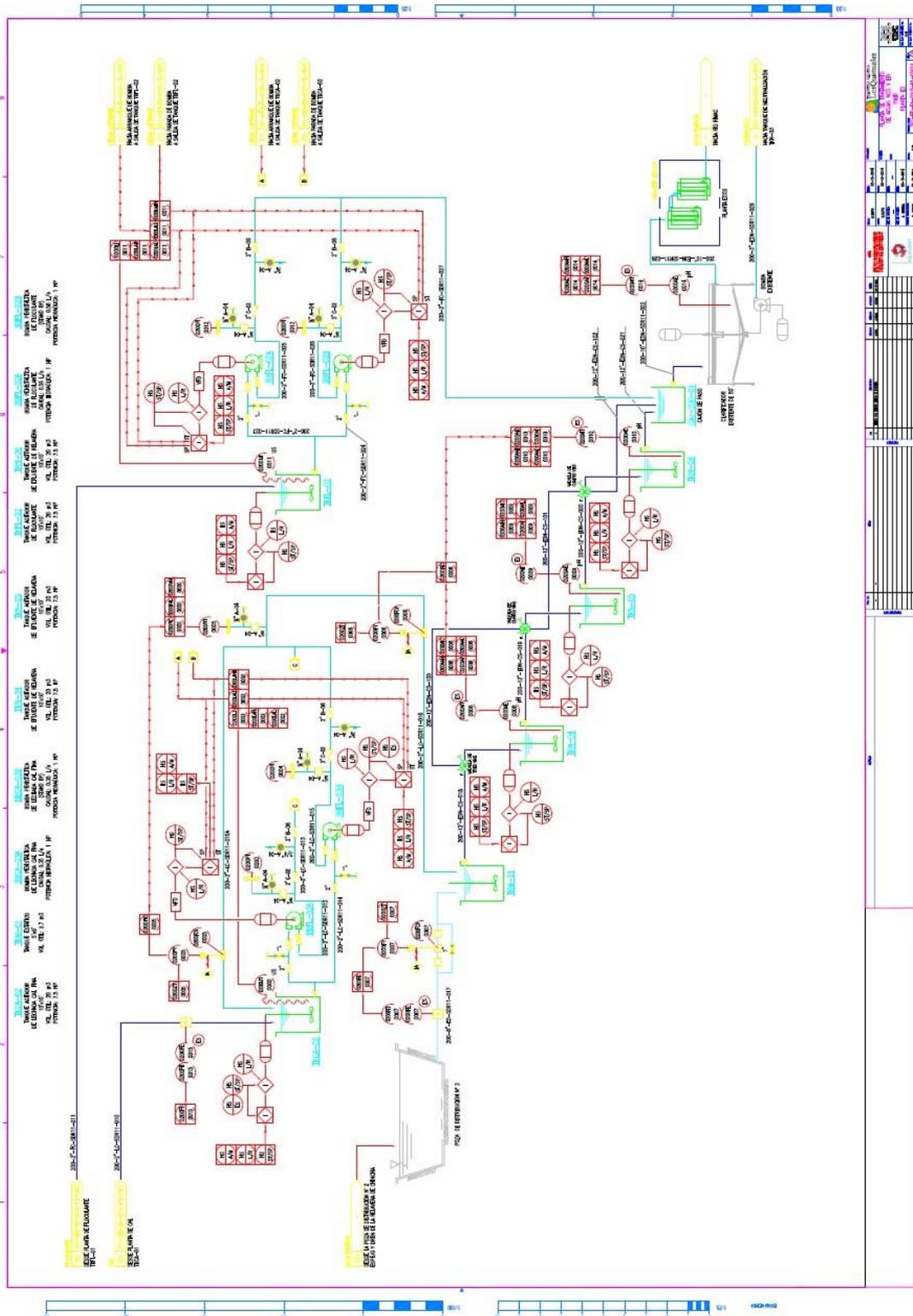
Anexo 1 Planos de ingeniería.

Figura A.1 Vista de planta



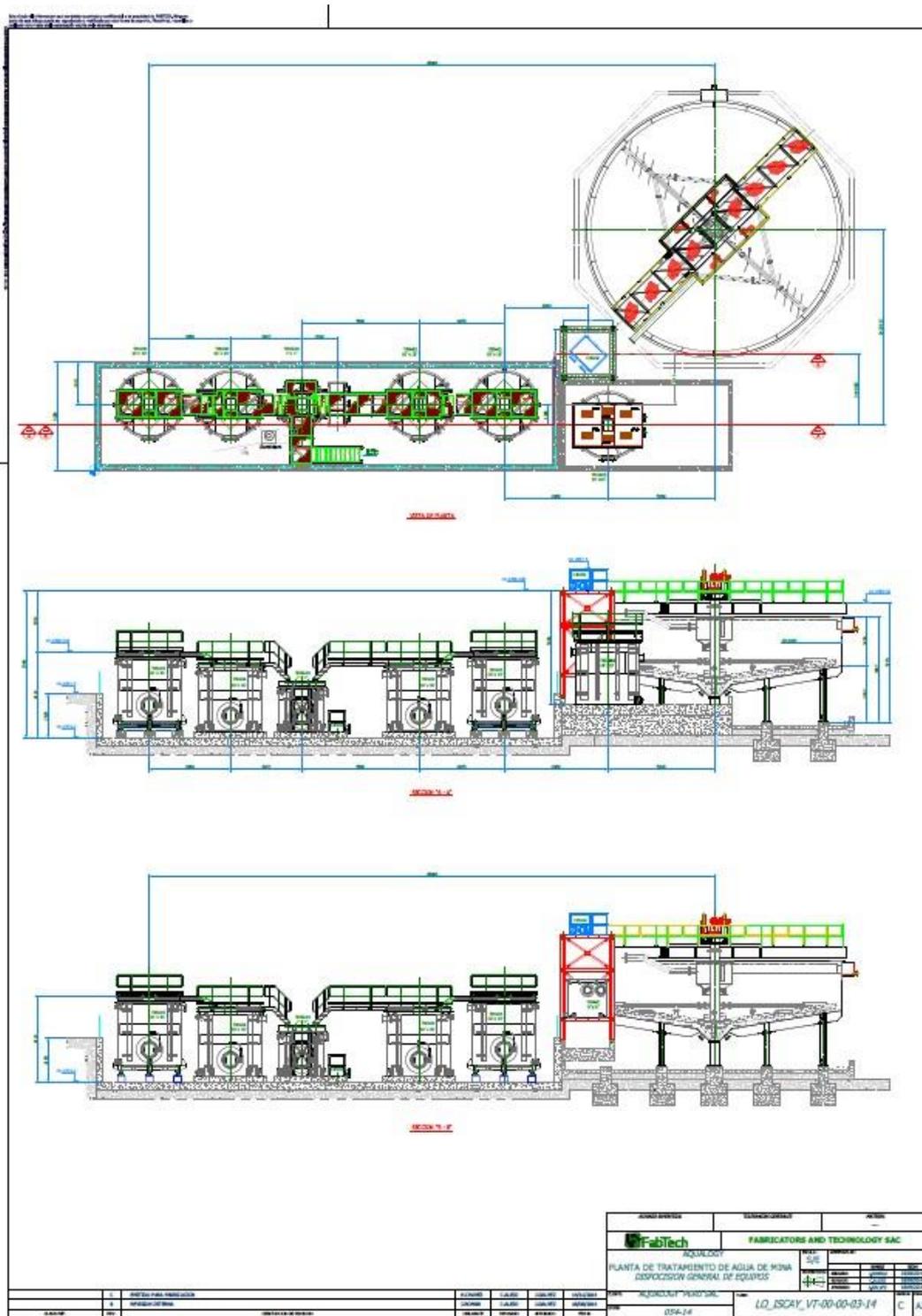
Fuente: realizado por el autor

Figura A.2 Plano de procesos P&ID.



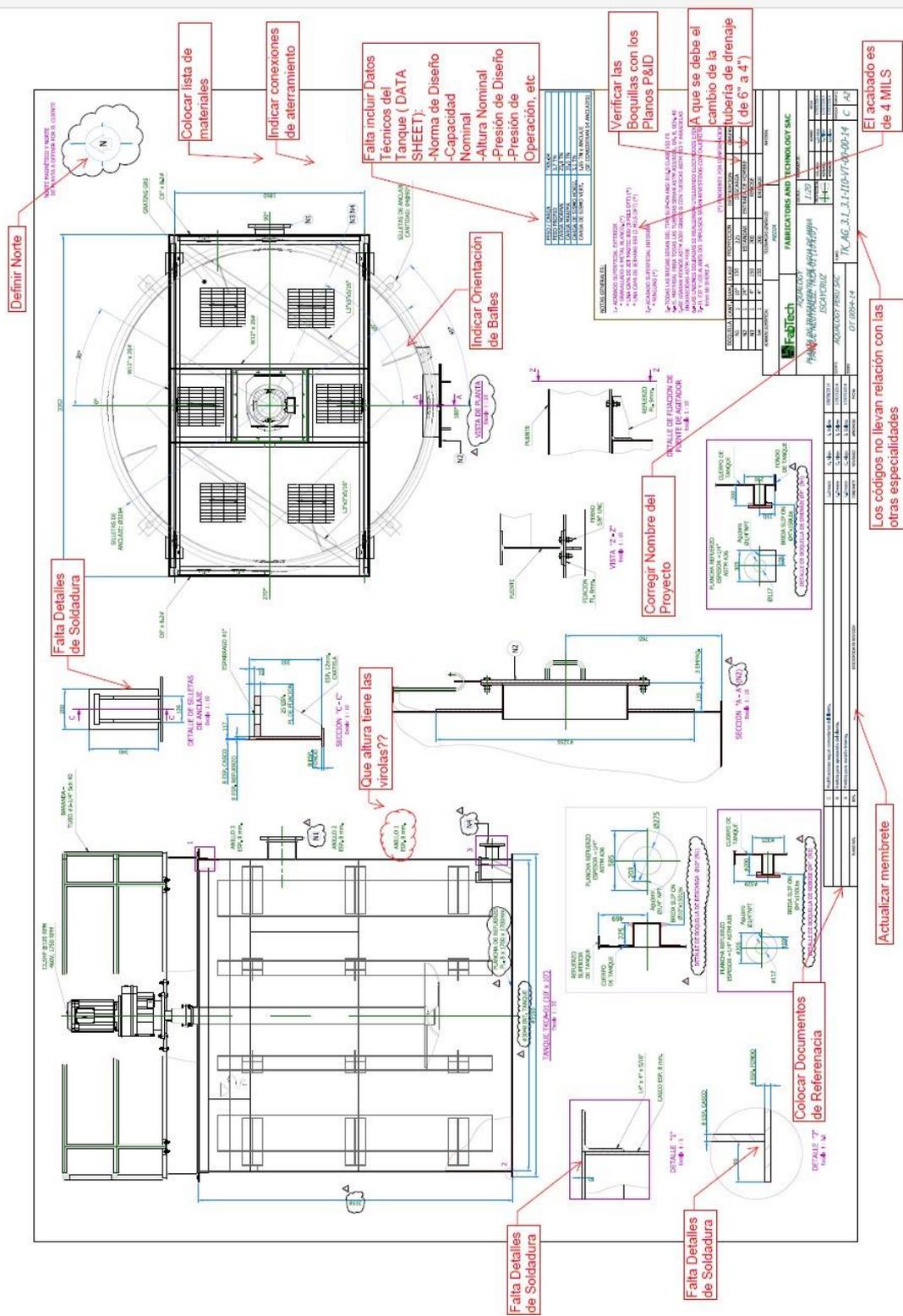
Fuente: realizado por el autor

Figura A.3 Planos de tanques y clarificador



Fuente: realizado por el autor

Figura A.5 Planos de revisión.



Fuente: realizado por el autor

Anexo 2 Panel fotográfico.

 A photograph showing a large industrial water treatment facility. In the foreground, there is a large circular green tank. Behind it, several rectangular concrete basins are visible, some with metal grates on top. The facility is situated in a rugged, hilly area with some buildings and infrastructure in the background.	<p>SECTOR DE CAPTACION Y SEDIMENTACION</p>
 A photograph of an industrial walkway or platform. The walkway is made of metal grates and is surrounded by bright yellow safety railings. In the background, there are large concrete structures and pipes, suggesting a water treatment or processing plant.	<p>SECTOR DE NEUTRAILIZACION</p>
 A photograph of a rectangular concrete clarification tank. The water inside the tank is a distinct green color. The tank is surrounded by a metal fence. In the background, there is a blue building and a rocky, hilly landscape.	<p>SECTOR DE CLARIFICACION</p>
 A photograph of industrial machinery, likely a pump or motor, situated on a rocky, uneven ground. The machinery is dark-colored and has several large pipes connected to it. The background shows a hilly, arid landscape.	<p>SECTOR DE ECO 2 Y DERIVACION</p>

Fuente: realizado por el autor

Anexo 3 Documentos de gestión.

Modelo de RFI (Requerimiento de información)

	REGISTRO		AQ-QA-PG-003-F001
	GESTIÓN DE CALIDAD		No Registro:
	SOLICITUD DE INFORMACIÓN (SI)		Fecha Registro:
			Página : 1 de: 1
Código y Nombre del Proyecto: Construcción de Plantas de Tratamiento de Agua NCD y ED			
Ubicación: Unidad Minera Yauliyacu			
SOLICITUD DE INFORMACIÓN No.		<u>501-AQEMQ-SI-003</u>	
FECHA:		<u>26-ago-14</u>	
SOLICITANTE:		<u>Octavio Sinarahu</u>	
CARGO:		<u>Jefe Oficina Técnica</u>	
PARA:		<u>Daniel Casquero / Jack Angeles</u>	
DOCUMENTOS REF.		<u>Hoja de datos de Bombas HD-Bombas Rev. 0 - UM Yauliyacu</u>	
DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN SOLICITADA / CONSULTA:			
En base a la <i>HD-Bombas Rev. 0</i> proporcionada por vuestra representada, se solicita se nos reconfirmen las propiedades del fluido y el caudal (L/s) para las bombas de las plantas NCD y ED cuyos TAGs se indican en la siguiente tabla:			
	Item	Documento	Bomba
	1	Nº HD-10114-05-PY-BBFL-01	BBFL-01
	2	Nº HD-10114-05-PY-BBFL-02	BBFL-02
	3	Nº HD-10114-05-PY-BBCA-01	BBCA-01
	4	Nº HD-10114-05-PY-BBCA-02	BBCA-02
	5	Nº HD-10114-05-PY-BBCA-03	BBCA-03
	6	Nº HD-10114-05-PY-BBAZ-01	BBAZ-01
	7	Nº HD-10114-05-PY-BBAZ-02	BBAZ-02
POSIBLES SOLUCIONES:			
ADJUNTOS: <u>Hoja de datos de Bombas Rev. 0 (Ver tabla líneas arriba).</u>			
Genera impacto en <input type="checkbox"/> Plazo <input type="checkbox"/> Costo			
Marcar UNO <input checked="" type="checkbox"/> Crítico <input type="checkbox"/> Importante <input type="checkbox"/> Rutina			
FECHA REQUERIDA DE RESPUESTA:		FIRMA DEL SOLICITANTE: <u>Octavio Sinarahu</u>	
		<u>Viernes 29 de Agosto</u>	
RESPUESTA DEL CLIENTE / SUPERVISOR: <input checked="" type="checkbox"/> Procede <input type="checkbox"/> Rechazado			
<u>SE ADJUNTAN HOJAS DE DATOS EN REV. 1</u>			
RESPONDIDA POR:		FECHA: <u>26-08-14</u>	
		<u>DANIEL CASQUERO</u>	
OBSERVACIONES:			
		DISTRIBUCIÓN	Nombre
		Residente	José Urbina
		Jefe de OT	Octavio Sinarahu
		Jefe de Campo	
		Asistente de OT	
		Asistente de Campo	
		Topografía	
		Control Documentario	
		Otros	
Nota: Si lo indicado en el presente documento constituye un cambio en el alcance, en el precio o el cronograma del Contrato, AQUALOGY notificará el cambio al Cliente dentro de un periodo de cinco (05) días calendario. Cualquier trabajo nuevo o adicional, asociado con el documento aceptado, no procederá a menos que se cuente con una Orden de Trabajo u Orden de cambio del Contrato, firmada y aprobada debidamente por el Cliente			

Fuente: realizado por el autor

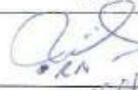
Modelo de Transmisión de Información

 AQUALOGY <small>Where Water Lives</small>	REGISTRO		AQ-QA-PG-F001				
	GESTION DE CALIDAD		Nro Registro:				
	HOJA DE TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN		Fecha Registro:				
Página : 1 de 1							
Código y Nombre del Proyecto: CONSTRUCCIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA NCD Y ED - YAULIYACU							
Cliente: LOS QUENUALES SA		Ubicación: Chicla - Huarochiri - Lima; U.M. Yauliyacu (EMQSA)					
TRANSMITTAL N°: 501-AQEMQ-TR-042			Fecha: 06/09/2014				
GC: Gte. de Construcción	OT: Oficina Técnica	QC: Control de Calidad	HSE: Prevención de Riesgos				
OC: Obras Civiles	OM: Obras Mecánicas	OE: Obras Eléctricas	ADM: Administración				
VIA DE TRANSMISIÓN: FISICO		DE: AQUALOGY PERU SAC					
PARA: LOS QUENUALES SA		FIRMA: JOSE LUIS URBINA					
ATT.: DANIEL CASQUERO		CC.: UBALDO ROSAS, JIMMY SURCO					
<i>Sírvase encontrar los siguientes documentos adjuntos:</i>							
Id	Documento No.	Rev.	Descripción	Cant.	Tipo	Tamaño	Formato
1	AQ-TO-CD-001	0	Criterio de Diseño Sistema a Tierra - ED y Homogenización	1		A4	PDF
2	501-ED-EA-0001-PL-00001	A	Plano Sistema de Aterramiento ED	1		A4	DWG/PDF
3	501-NCD-EA-0001-PL-00001	A	Plano Sistema de Aterramiento Homogenización	1		A4	DWG/PDF
<hr/>							
Tipo de documento:							
A: Documento preliminar				E: As built			
B: Para Aprobación				F: Para comentarios			
C: Para Información				G:			
D: Documento certificado				H:			
COPIA:				COMENTARIOS:			

Fuente: realizado por el autor

Modelo de Acta de Reunión.

	EPC – PTAM PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS INDUSTRIALES	
	ACTA DE REUNIÓN N° 05	
PARTICIPANTES: EMLQSA - CLIENTE AQUALOGY - CONTRATISTA	Reconocimiento de Campo y Revisión de Cronograma de Obra	FECHA: 07/07/2014. HORA: 06:00 p.m. NÚMERO DE HOJA: 1 TOTAL DE HOJAS: 1

NOMBRE Y APELLIDOS	EMPRESA	FIRMA
Ronald Aranda	EMQSA - Cliente	
Juan Carlos Pizango	EMQSA - Cliente	
Jorge Bendezú	AQUALOGY - Contratista	
Carlos Ubillus	AQUALOGY - Contratista	

Acuerdos alcanzados:

Ítem	Tema tratado	Responsable	Fecha
GENERALES			
1	Otorgar a AQUALOGY la información del Contacto para las nuevas especificaciones del Tanque Floculante	EMQSA	08.07.14
2	Realizar un Acta para la Entrega del Terreno ante AQUALOGY.	EMQSA	11.07.14
3	Otorgar a AQUALOGY la información del Contacto de Unicón de la Unidad Iscaycruz	EMQSA	08.07.14
4	Coordinar el Ingreso y Alimentación de Personal – AQUALOGY, para trazo, replanteo y medición de resistividad de terreno, AQUALOGY deberá confirmar el personal el día miércoles 09.07.14, no será posible el hospedaje del personal en la UM.	EMQSA	09.07.14
5	AQUALOGY trabajara su Programación en base al THREE WEEK LOOKAHEAD el cual será revisado para su fiel cumplimiento.	AQUALOGY	14.07.14
6	Enviar Histograma de Recursos de toda la Obra (personal y equipos)	AQUALOGY	10.07.14
INGENIERIA Y FABRICACION			
7	Entregar la Lista Total de Entregables en la documentación de Ingeniería a Detalle	AQUALOGY	11.07.14

Fuente: realizado por el autor

