

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



“FABRICACIÓN Y MONTAJE DE UN SISTEMA DE VACÍO EN EL
PROCESO DE LIXIVIACIÓN DE LA PLANTA DE HIDROMETALURGIA
EN LA REFINERÍA DE ZINC CAJAMARQUILLA - NEXA RESOURCES”

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

AUTOR

LUIS CARLOS MORALES CANALES

ASESOR

Dr. DENNIS ALBERTO ESPEJO PEÑA

Callao, 2022

PERU

Document Information

Analyzed document	TRABAJO SUFICIENCIA PROFESIONAL-LUIS MORALES.docx (D177995400)
Submitted	11/7/2023 12:57:00 AM
Submitted by	
Submitter email	investigacion.fime@unac.pe
Similarity	10%
Analysis address	investigacion.fime.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: http://www.intecsa.pe/ Fetched: 11/7/2023 1:00:00 AM		2
W	URL: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10897 Fetched: 11/7/2023 12:57:00 AM		3
W	URL: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4970/T010_19867699_T.pdf?sequenc... Fetched: 11/7/2023 12:58:00 AM		6
W	URL: https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/10715/1/16262.pdf Fetched: 11/7/2023 12:59:00 AM		3
W	URL: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1963/1/T026_72737174_T.pdf Fetched: 11/7/2023 1:00:00 AM		2
W	URL: https://scholarsdom.com/business-finance-operations-management-case-study-matrices-assignment-... Fetched: 10/4/2023 5:29:14 PM		2

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ETAPA 1
Inspeccion de campo Inspección de las líneas de tubería. Inspección de equipos. Inspección de accesorios. ETAPA 2
PROTOCOLOS DE SEGURIDAD IPERC ATS PETS
ETAPA 3
ETAPAS DE LA CONSTRUCCION Planos de fabricación Planos de Montaje. Planos de construcción. Diseño y/o calculo estructurales.
ETAPA 4 FABRICACION Fabricación de la bas. Fabricación de los componentes Fabricación de las líneas del sistema de vacío. ETAPA 5
MONTAJE Montaje de la base. Montaje de equipos. Montaje de las líneas del sistema de vacío. ETAPA 6 TIE IN Tie In 01 (línea de vacío). Tie
In 02 (línea de vacío). Tie In 03 (línea de agua de sello).
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
"FABRICACIÓN Y MONTAJE DE UN SISTEMA DE VACÍO EN EL PROCESO DE LIXIVIACIÓN DE LA PLANTA DE HIDROMETALURGIA EN LA
REFINERÍA DE ZINC CAJAMARQUILLA - NEXA RESOURCES"
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO
LUIS CARLOS MORALES CANALES
Callao, 2022 PERU

**ACTA N° 117 DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA
PROFESIONAL PARA LA OBTENCIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO O INGENIERO EN
ENERGÍA**

**LIBRO 001 FOLIO No. 165 ACTA N° 117 DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA
PROFESIONAL PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

A los 27 días del mes de noviembre, del año 2022, siendo las 08:00 horas, se reunieron, en la sala meet.google.com/yoo-uhwz-hwh, el **JURADO DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL** para la obtención del título profesional de INGENIERO MECÁNICO de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

Dr.	JUAN MANUEL PALOMINO CORREA	: Presidente
Dr.	NELSON ALBERTO DÍAZ LEIVA	: Secretario
Mg.	JOSÉ LUIS YUPANQUI PÉREZ	: Miembro

Se dio inicio al acto de exposición del informe de trabajo de suficiencia profesional del Bachiller **MORALES CANALES, LUIS CARLOS**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico, sustenta el informe titulado "**FABRICACIÓN Y MONTAJE DE UN SISTEMA DE VACÍO EN EL PROCESO DE LIXIVIACIÓN DE LA PLANTA DE HIDROMETALURGIA EN LA REFINERÍA DE ZINC CAJAMARQUILLA-NEXA RESOURCES**", cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N° 039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

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 exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa **MUY BUENO** y calificación cuantitativa **16 (Dieciséis)**, la presente exposición, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021- CU del 30 de junio del 2021.

Se dio por cerrada la Sesión a las 08:31 horas del día 27 del mes y año en curso.



Dr. **JUAN MANUEL PALOMINO CORREA**
Presidente



Dr. **NELSON ALBERTO DIAZ LEIVA**
Secretario



Mg. **JOSÉ LUIS YUPANQUI PÉREZ**
Miembro



Dr. **DENNIS ALBERTO ESPEJO PEÑA**
Vocal

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGIA
JURADO DE EXPOSICIÓN

INFORME N° 007-2023-JEXP-TSP

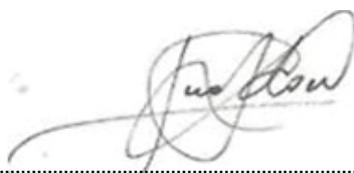
Visto, el informe final del **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL** titulado “**FABRICACIÓN Y MONTAJE DE UN SISTEMA DE VACÍO EN EL PROCESO DE LIXIVIACIÓN DE LA PLANTA DE HIDROMETALURGIA EN LA REFINERÍA DE ZINC CAJAMARQUILLA-NEXA RESOURCES**” presentado por el Bachiller en Ingeniería Mecánica, **MORALES CANALES, LUIS CARLOS**.

A QUIEN CORRESPONDA:

El Presidente del Jurado de Exposición del **II CICLO TALLER DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL 2022** manifiesta que la exposición del **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL** se realizó de manera virtual el día domingo 27 de noviembre del 2022 a 08:00 horas encontrándose observaciones, las mismas que han sido revisadas cuidadosamente por cada uno de los miembros del Jurado y el interesado ha levantado correctamente.

Se emite el presente informe para los fines pertinentes.

Bellavista 02 de febrero del 2022



.....
Dr. Juan Manuel Palomino Correa
PRESIDENTE DE JURADO

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mi madre quien en vida me
brindo todo el amor y cariño, siempre preocupada
por tener algo en la mesa del hogar.

A mi padre por ser como es, persona trabajador,
alegre, fuerte, hábil, constante, un buen hombre
ejemplo a seguir.

A las personas que me apoyaron indirectamente,
quienes me apoyaron en algún momento malo, sin
pedir nada a cambio.

AGRADECIMIENTO

A mis padres que siempre estuvieron conmigo en cada etapa de mi vida apoyándome, alentándome brindándome todo el cariño, todo de ellos.

A los amigos del barrio, universidad y trabajo en especial a mi amigo Jonathan quien puso un granito de arena en este trabajo.

A mi pareja por comprenderme en los momentos difíciles que la vida nos pone y a quien espero ser un ejemplo a seguir.

A todos los profesores de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Callao de quienes tengo gratos recuerdos de sus enseñanzas.

A mi asesor, el Dr. Dennis Alberto Espejo Peña quien me supo comprender, apoyar y motivar en cumplir mi objetivo.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la refinera de Cajamarquilla es la única en el Perú que produce zinc metálico a partir de concentrados de sulfuro de zinc, mediante los procesos de tostación, lixiviación, purificación, electrodeposición y fundición; en paralelo, como parte de este proceso de transformación, se producen subproductos como: Ácido sulfúrico, Concentrado de Ag, Cemento de Cu, Cemento de Co, Cadmio.

NEXA RESOURCES Perú S.A.A. se fundó el 6 de abril de 1949 es reconocida en la industria minera polimetálica peruana por su crecimiento sostenido. Desde el 5 de agosto de 2010 se convirtió en subsidiaria de NEXA RESOURCES S.A. que es una de las principales productoras mundiales de zinc.

En NEXA RESOURCES Perú S.A.A. el área de hidrometalurgia cuenta con un sistema de filtración de residuos del proceso de lixiviación; parte de este sistema consta de tres filtros banda, donde cada filtro opera emparejada con una bomba de vacío.

La configuración actual del sistema de vacío del filtro banda permite a cada una de las bombas de vacío (D2093, D 2117, D 2127) alternar operación con cualquiera de los filtros banda (D2112, D 2122, 2088) pero al presentarse un problema en algunas de las bombas de vacío principalmente por desgaste o corrosión de partes internas se pierde uno de los filtros, afectado la capacidad de los filtros de banda y la descarga de residuos en el proceso de lixiviación. este problema se agrava en el caso del filtro banda de Pb/Ag ya que este filtro no cuenta con el sistema de filtro de respaldo. Otro problema presentado es la disminución en el performance de las bombas de vacío, donde, si bien el equipo

continúa operando, se disminuye la capacidad de secado de la torta y se genera pérdida de zinc manteniendo zinc soluble contenido en el residuo.

Ante este problema la empresa contratista INTECSA IND SAC brindará los servicios de fabricación, montaje y mantenimiento en el área de hidrometalurgia para la fabricación y montaje de un sistema de vacío, elaborando un plan de trabajo para la ejecución del proyecto “AMPLIACIÓN DE UN SISTEMA DE VACIO” para los trabajos de construcción relacionados a las especialidades de mecánica y tuberías de proyecto en la refinería NEXA RESOURCES S.A.

El presente informe se realizó para poder informar, guiar, ser útil y práctico en teorías y conceptos de sistemas de vacío, lixiviación, filtro banda, lo cual podrá expandir la visión de los futuros estudiantes universitarios, y leyentes. Asimismo, este informe tiene procedimientos para la fabricación y montaje de un sistema de vacío aportando así conocimientos en el campo real a la hora de realizar un proyecto.

En el capítulo I se indica los objetivos del trabajo una breve descripción de la empresa y las funciones desempeñadas para este proyecto.

En el capítulo II se definen conceptos básicos de la lixiviación, filtro banda, bomba de vacío, una descripción de toda la actividad realizada en el proyecto su planificación su diagrama de flujo y cronograma de actividades.

En el capítulo III se hace un recorrido de todo el avance realizado en el proyecto desde la inspección en campo hasta culminar con los tie in.

En el capítulo IV se indica las discusiones y conclusiones.

ÍNDICE

I. ASPECTOS GENERALES	11
1.1 Objetivos	11
1.1.1 Objetivo General	11
1.1.2 Objetivos específicos	11
1.2 Organización de la Empresa o Institución	11
1.2.1 Antecedentes históricos	11
1.2.2 Filosofía empresarial	12
1.2.3 Estructura organizacional	13
1.2.4 Cargos y funciones desempeñadas	14
II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL	16
2.1 Marco Teórico	16
2.1.1 Antecedentes de Estudio	16
2.1.2 Bases Teóricas	17
2.1.3 Normativas	21
2.2 Descripción de las actividades desarrolladas	22
2.2.1 Planificación de las actividades	22
2.2.2 Diagrama de flujo	24
2.2.3 Cronograma de actividades	25
III. APORTES REALIZADOS	26
3.1 Procedimiento de las etapas	26
3.1.1 Etapa 1: Inspección en Campo	27
3.1.2 Etapa 2: Protocolo de Seguridad	37
3.1.3 Etapa 3: Etapas de la Construcción	38
3.1.4 Etapa 4: Fabricación	42
3.1.5 Etapa 5: Montaje	50
3.1.6 Etapa 6: Tie In	67
3.2 Evaluación técnica	71
IV. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES	76
4.1 Discusión	76
4.2 Conclusiones	77
V. RECOMENDACIONES	78

VI. BIBLIOGRAFÍA.....	79
VII. ANEXOS	81

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Organigrama de la empresa.....	13
Figura 1.2. Organigrama del Servicio.....	14
figura 2.1 Proceso metalúrgico de zinc.....	18
Figura 2.2 filtro banda	20
Figura 2.3 Relaves del filtro banda.....	20
Figura 3.1. Planos del sistema de tubería inicial.....	27
Figura 3.2. Protocolos de control dimensional.....	28
Figura 3.3. Línea de vacío proyectado.....	29
Figura 3.4. Línea de vapor proyectado	30
Figura 3.5. Línea de agua de sello proyectado.....	31
Figura 3.6. Línea de Descarga proyectada.....	31
Figura 3.7: Sistema de equipos.....	32
Figura 3.8. Plantillado para pernos de anclaje del bastidor.....	33
Figura 3.9. Plantillado para pernos de anclaje del bastidor.....	35
Figura 3.10. Solicitud de información	35
Figura 3.11. Plano de silenciador (proveedor).....	36
Figura 3.12 Simulación del bastidor.....	40
Figura 3.13 Diseños del Silenciador.....	41
Figura 3.14 Plan de ejecución	43
Figura 3.15 Línea de vacío.....	44
Figura 3.16 Registro fotográfico ensayo por líquidos penetrantes.....	45
Figura 3.17 Registro fotográfico ensayo por líquidos penetrantes.....	46
Figura 3.18 tubería en HDP.....	47
Figura 3.19 Sistema de tubería en HDP.....	47
Figura 3.20 Registro fotográfico por liquido penetrante tubería en HDP.....	48
Figura 3.21 Fabricación de equipos.....	49
Figura 3.22 Bastidor metálico.....	50
Figura 3.23 Croquis habilitación temporal	51
Figura 3.24 Lista de materiales.....	51

Figura 3.25 Traslado de materiales.....	53
Figura 3.26 Montaje de bastidor.....	54
Figura 3.27 Nivelación de bastidor.....	54
Figura 3.27 Montaje de separadores.....	55
Figura 3.28 Montaje de silenciadores.....	56
Figura 3.29 Montaje de reductor.....	57
Figura 3.30 Montaje del motor.....	57
Figura 3.31 Traslado de bomba de vacío.....	58
Figura 3.32 Izaje de bomba de vacío.....	58
Figura 3.33 Montaje del manifold.....	59
Figura 3.34 alineamiento de bomba.....	60
Figura 3.35 alineamiento de bomba y colocación de guarda.....	60
Figura 3.36 Montaje línea de descarga.....	61
Figura 3.37 Montaje de soportes de la línea de vacío.....	61
Figura 3.38 traslado de tubería inoxidable.....	62
Figura 3.39 Montaje línea de vacío.....	62
Figura 3.40 Montaje línea de vapor.....	63
Figura 3.41 Montaje de soportes para la línea de vapor.....	63
Figura 3.42 Montaje de soportes para la chimenea.....	64
Figura 3.43 Montaje de la chimenea.....	65
Figura 3.44 Montaje de la línea de agua.....	65
Figura 3.44 Conexión de la línea de agua inoxidable.....	66
Figura 3.45 Conexión de la línea de agua inoxidable.....	67
Figura 3.46 Conexión de la línea de vacío inoxidable.....	68
Figura 3.47 Conexión del primer Tie In.....	69
Figura 3.48 Conexión del segundo Tie In.....	70
Figura 3.49 Conexión de la línea de agua.....	70
Figura 3.50 Conexión del tercer Tie In.....	71
Figura 3.51 Sistema de vacío.....	71
Figura 3.52 Prueba Hidrostática.....	75
Figura 3.53 Accesos hacia los equipos.....	75

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Cronograma de actividades	25
Tabla 3.1. Cuadro comparativo de perfiles.....	34
Tabla 3.2. Cuadro comparativo de perfiles.....	34

I. ASPECTOS GENERALES

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Definir un plan de fabricación y montaje de un sistema de vacío en el proceso de lixiviación de la planta de hidrometalurgia en la refinería de zinc Cajamarquilla-Nexa Resources.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analizar e Inspeccionar en campo las especificaciones técnicas del sistema de vacío en el proceso de lixiviación de la planta de hidrometalurgia en la refinería de zinc Cajamarquilla Nexa Resorces.
- Elaborar los protocolos de seguridad correspondientes a las actividades realizadas para la fabricación y montaje de un sistema de vacío de lixiviación de la planta de hidrometalurgia en la refinería de zinc Cajamarquilla Nexa Resorces.
- Diseñar el sistema de vacío en el proceso de lixiviación de la planta de hidrometalurgia en la refinería de zinc Cajamarquilla Nexa Resorces.
- Fabricar los componentes del sistema de vacío en el proceso de lixiviación de la planta hidrometalurgia en la refinería de zinc Cajamarquilla - Nexa Resources
- Montar el sistema de vacío en el proceso de lixiviación de la planta hidrometalurgia en la refinería de zinc Cajamarquilla - Nexa Resources
- Ensamblar los Tie In del sistema de vacío en el proceso de lixiviación de la planta hidrometalurgia en la refinería de zinc Cajamarquilla - Nexa Resources

1.2 Organización de la Empresa o Institución.

1.2.1 Antecedentes históricos

INTECSA S.A. es una empresa metal mecánica fundada el 02 de setiembre de 2012, y hace más de 9 años brinda soluciones integrales de calidad a través de la fabricación, reparación, mantenimiento y soldadura de estructuras metálicas y plantas de procesamiento de mineral.

Somos una empresa dedicada al servicio de fabricación, montaje y mantenimiento de estructuras metálicas y obras civiles en el sector industrial y minero. Nuestra capacidad competitiva se basa en el excelente cumplimiento de trabajos, para eso contamos con máquinas modernas y un sistema de gestión integrado en seguridad, calidad y medio ambiente.

A través del tiempo nos hemos consolidado como empresa y dentro nuestra cartera de clientes contamos los siguientes clientes:

- NEXA RESOURCES
- ETERNIT
- SANTA CATALINA
- CONFIPETROL
- GYPLAC
- ANITA FOOD
- CASAPALCA

1.2.2 Filosofía empresarial

El trabajo, constancia, orden y disciplina es el factor del éxito de nuestra empresa. Somos una empresa que nos esforzamos día a día para dar a nuestros clientes lo mejor de nosotros a fin de brindarle una buena y cordial atención y así copar todas sus necesidades dentro del rubro en el cual nos hemos desarrollado. Estamos dispuestos a emplear todo nuestro potencial, conocimiento y calidad humana para cumplir nuestros objetivos.

En INTECSA S.A. creemos que nuestros colaboradores son parte fundamental de nuestra organización, quienes están orientados a dar soluciones de manera segura, saludable y responsable, promoviendo la prevención, manteniendo un ambiente sano y seguro en el desarrollo toda actividad que se les encomiende.

Misión

Satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros clientes brindando soluciones integrales sustentadas en los más altos estándares de calidad internacionales, procurando el bienestar de nuestros empleados junto con su desarrollo técnico y profesional, con respeto al ambiente y una mejora continua.

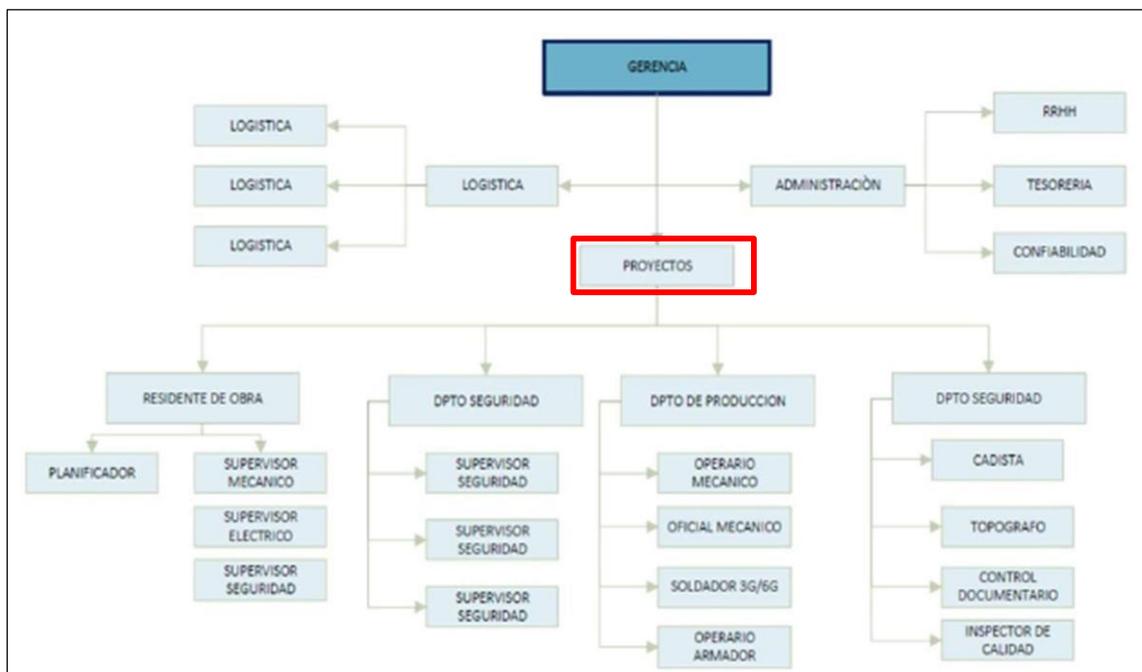
Visión

Ocupar una posición de liderazgo en la prestación de servicios mecánicos para los diferentes sectores productivos del país; en términos de calidad y entrega oportuna de los proyectos contratados, siendo esta la mayor cualidad por la cual somos y seguiremos siendo reconocidos; en un ambiente que promueve el trabajo en equipo, la mejora continua y bienestar de nuestros trabajadores, con una actitud proactiva encaminada hacia la solución de las necesidades de nuestros clientes y el ambiente.

1.2.3 Estructura organizacional

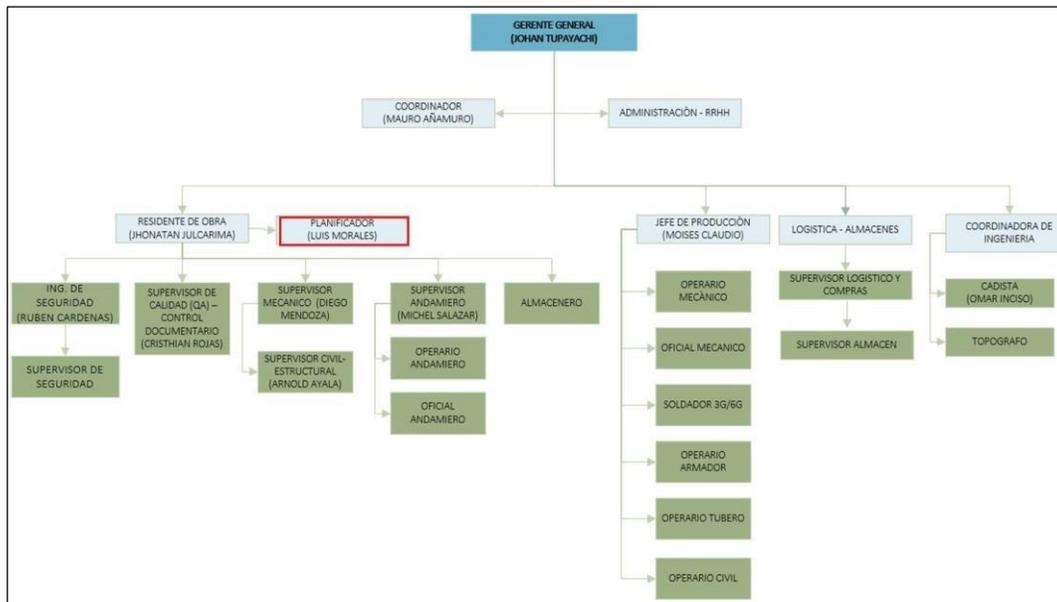
En la organización se tiene como cabeza de Equipo al Gerente General y 3 Áreas comprendidas en el área de proyectos, área de logística y área de administración.

Figura 1.1. Organigrama de la empresa



Fuente: Elaboración propia

Figura 1.2. Organigrama del Servicio



Fuente: Elaboración propia

1.2.4 Cargos y funciones desempeñadas

EMPRESA: INGENIERIA TECNICA SOCION ANONIMOS SAC

Empresa metalmecánica dedicado a la fabricación, montaje y mantenimiento de estructura metálicas y obras civiles en el sector industrial y minero.

Puesto: Supervisor Planificador de Operaciones y Proyectos: (septiembre 2019-Actualidad).

Servicio: NEXA RESOURCES – MINERA CERRO LINDO

Responsable de la planificación del proyecto “Cerramiento y Cobertura de Stockpile de Finos”, cuyas responsabilidades son:

- Elaborar Cronograma, Organigrama e Histograma del proyecto.
- Realizar el Cronograma de valorización.
- Seguimiento a los recursos para el proyecto.
- Realizar plan de ataque.

- Hacer el seguimiento del proyecto evidenciando con informes diarios y semanales.
- Realizar la curva S, sustentando los avances.
- Realizar un plan de acción ante los atrasos encontrados.
- Realizar acta y valorización mensual, sustentando los trabajos con informes.

Servicio: NEXA RESOURCES – Refinería Cajamarquilla.

Área de Proyectos

- Levantamiento de Información en campo, alcance técnico, elaboración de informes de avances e informes finales.
- Elaboración de PETS y coordinación con el área de seguridad para la elaboración de los IPERC.
- Elaboración del cronograma y presentación.
- Elaboración del plan de ataque y recursos por proyectos.
- Coordinación, Planificación y Seguimiento de los Proyectos realizados para en Nexa-Cajamarquilla.

Área de Mantenimiento

- Seguimiento a los trabajos en ejecución.
- Programación diaria del personal.
- Gestión para el ingreso de personal, material y transporte.
- Cronograma para las diversas actividades.
- Elaboración de Informes por actividades ejecutadas.

II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Antecedentes de Estudio:

Nacional:

Cardoza Ramos, Oscar (UNMSM-2019), en su tesis titulada ***“Incremento de la recuperación de zinc en el proceso de lixiviación empleando la metodología Seis Sigma en la empresa Nexa Resources Cajamarquilla”*** se enfocó en la aplicación de la metodología “Seis Sigma” con el objetivo de incrementar la recuperación de zinc en el proceso hidrometalúrgico del zinc de la refinería de Cajamarquilla, como unidad productiva de la empresa Nexa Resources, siendo este uno de los negocios del grupo Votorantim.

Samaniego Chuquillanqui, Carlos (UNCP-2018), en su tesis titulada ***“Instalación y montaje del tercer filtro de relaves del área 620 – Proyecto Tambomayo – Compañía Minera Buenaventura”***. Se enfocó en describir el proceso constructivo de un tercer filtro para el tratamiento del relave generado en la Unidad Minera Tambomayo en el área de Filtrado de Relaves (Área 620).

Internacional:

Santiago Lucas, Eduardo (México 2018) en su tesis titulada ***“Recuperación de Au, Ag y Cu de residuos de lixiviación de un concentrado de pbo con ácido acético”*** se enfocó en buscar un proceso de beneficio o de lixiviación que permita extraer Au, Ag y Cu desde el residuo de la disolución ácida del PbO.

Aguilar Alvarado, Bryan Danny (Ecuador 2021) en su tesis titulada ***“Aplicación de pre-aireación en lixiviación con cianuro de sodio en el mineral de interés de la mina Crithian David, Pasaje-El Oro”*** se enfocó en La necesidad de

obtener la mayor recuperación metalúrgica posible de oro en un proceso de lixiviación con cianuro, incluyendo un sistema de pre-aireación en la celda; permite buscar alternativas como la pre-aireación en lixiviación con cianuro de sodio en el mineral de interés, dentro de la mina "Cristhian David".

2.1.2 Bases Teóricas:

Lixiviación

(Espíritu 2019) La lixiviación es la operación unitaria principal de la hidrometalurgia, tiene como objetivo disolver en forma parcial o total un sólido con el fin de recuperar algunas especies metálicas contenidas en él; el medio donde las reacciones se llevan a cabo puede ser agua o algún otro solvente.

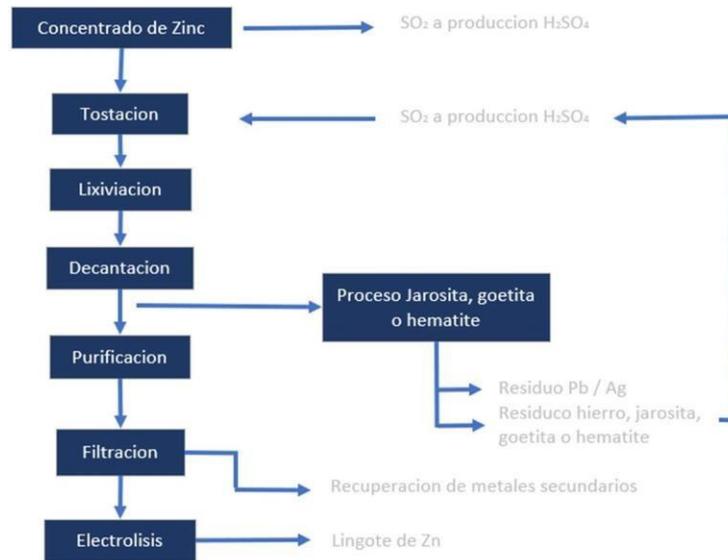
En algunas ocasiones la lixiviación requiere de previo tratamiento del sólido (p. ej., conminución o tostación), los metales de valor en la solución de lixiviación se precipitan por diferentes métodos en forma elemental o de compuestos.

La lixiviación consiste en usar soluciones acuosas, con un agente químico que reacciona con el metal presente en el mineral, pueden ser ácidas, básicas o neutras. Normalmente el tipo y concentración del agente se controlan para lograr la selectividad del metal a recuperar. En la lixiviación el potencial de oxidación, la temperatura y el pH, son parámetros importantes que se regulan para optimizar la disolución del componente deseado en la fase acuosa.

La lixiviación comprende dos formas de proceso, en la primera se provoca que la solución percole a través de una cama de sólidos, de tal forma que sean humectados y, en la segunda las partículas de mineral se dispersan en la solución, para que se disuelvan los metales de interés.

Después de la disolución, en cualquiera de las dos formas, prosigue una separación de la solución cargada y residuos sólidos (p. 9-10). El proceso principal de Nexa Cajamarquilla es el zinc y sus derivados por ello mediante hidrometalurgia se resume el siguiente esquema:

figura 2.1 Proceso metalúrgico de zinc



Fuente: elaboración propia

Tecnología de filtrado

(Carlos Samaniego, 2018) El filtrado es un proceso de separación sólido-líquido, que permite una mayor recuperación de agua. El proceso de separación se realiza, ya sea por medio de presión o mediante el vacío, lo que determina el tipo de filtro a utilizar. Para la elección de la tecnología a aplicar (presión o vacío) es necesario conocer entre otros factores: las propiedades de la pulpa, las características del sólido, el tonelaje a tratar, etc.

En la industria minera, históricamente para el filtrado de concentrados se han utilizado tanto filtros de bandas como de prensa, considerando que los tonelajes a filtrar son pequeños. Para filtrado de relaves, hasta unas décadas atrás los filtros de vacío eran más utilizados, principalmente debido a que sus capacidades eran mayores a los filtros de prensa y cubrían las necesidades de la industria minera.

Los filtros de banda permiten operaciones máximas por unidad del orden de 4000 a 5000 TMPD de relaves, dependiendo de las características de estos. Esto implica una gran cantidad de filtros en el caso de proyectos de gran capacidad,

por lo tanto, la necesidad de grandes superficies, y un número importante de operadores y personal de mantenimiento, con los costos asociados (p. 14).

Filtro de Banda

(Carlos Samaniego, 2018) Los filtros de banda de vacío cuentan con una banda filtrante continua soportada por dos cilindros en sus extremos, que se desplaza a velocidad variable donde se deposita el material a filtrar, bajo la banda se dispone con un sistema de bomba de vacío que extrae el agua del material dejando un queque filtrado que se descarga al final de la banda hacia una correa recolectora. En los filtros de vacío la separación sólido-líquido tiene lugar gracias a la aspiración que imprime una bomba de vacío bajo la superficie donde reposa el producto (p. 15-16).

Los principales beneficios son:

- Filtros totalmente continuos con la ausencia de tiempos muertos en su operación. Velocidad de movimiento de la banda ajustable según necesidades. Alimentación del filtro muy simple.
- Deposición uniforme del producto sobre una superficie plana.
- Tela filtrante debe estar siempre limpia y en perfectas condiciones, es seleccionada para cada proyecto y producto.
- Filtro ideal para la realización de lavados continuos y a contracorriente de la torta reduciendo el consumo de agua.
- Funcionamiento mecánico, simple y permitiendo un fácil mantenimiento y limpieza correspondiente.
- Buena disponibilidad (90%)
- Baja altura de equipo (reduce altura necesaria de edificio)

Figura 2.2 filtro banda



Fuente: Filtro de prensa para relaves – Marcelo E. Capone Barraza

Figura 2.3 Relaves del filtro banda



Fuente: Filtro de prensa para relaves – Marcelo E. Capone Barraza

El sistema de vacío

En los filtros de vacío la separación sólido-líquido tiene lugar gracias a la aspiración que imprime una bomba de vacío bajo la superficie donde reposa el producto a todo ese proceso se le denomina sistema de vacío.

Cuando el vacío succiona la pulpa, el agua pasa a través de las aberturas de la tela y el concentrado es retenido sobre la superficie. Luego de ser retenido, es dejado caer fuera del sector y es descargado a través de un chute. El proceso es hecho en una forma continua.

2.1.3 Normativas:

- NORMA EUROPEA - EN 13306- 2017: Esta norma sirve como estándar para definir los tipos de mantenimiento que se pueden presentar en la operación de los equipos.
- NORMA UNE—EN 13460:2009: Esta norma propone el flujo de trabajo del mantenimiento y sirve como punto de partida para la elaboración de documentación necesaria. Teniendo así referencia de información técnica necesaria que se deberá de archivar y estar disponible para consulta para las correctas labores de mantenimiento.
- OHSAS 18001: Sistema de gestión que persigue como objetivo asegurar la salud y seguridad laboral en una organización (Occupational Health and Safety Assesment Series)
- Normas de Mantenimiento
- ISO 14001: Sistemas de Gestión Ambiental (SGA)
- ISO 9001: Sistemas de Gestión de la Calidad (SGA)
- ANSI: Instituto Nacional Estadounidense de Estándares
- ASME: Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos
- ASTM: American society for testing and materials.
- AISC 360: Specification for structural steel buildings.
- NTP: Norma técnica peruana.
- NACE: Asociación de Ingeniería de la corrosión.

2.2 Descripción de las actividades desarrolladas.

2.2.1 Planificación de las actividades:

Para el desarrollo del proyecto, se realizó las actividades en 6 etapas, las cuales fueron:

Etapas 1: Inspección en Campo.

En el lugar donde se va a instalar en sistema de vacío, se realizó una inspección considerando lo siguiente

- Inspección de las líneas de tubería (línea de vacío, línea de vapor, línea de descarga, línea de agua de sello).
- Inspección de equipos.
- Inspección de accesorios.

Etapas 2: Protocolos de Seguridad.

Para dar inicio con las actividades en campo se debe realizar las documentaciones solicitadas según la ISO 45001.

- IPERC (Identificación de peligro y evaluación de riesgo y control)
- ATS (Análisis de trabajo seguro)
- PETS (Procedimiento seguro de trabajo)

Etapas 3: Etapas de Construcción.

Realizado la inspección en el campo y verificando los planos del proveedor, se realiza el desarrollo de la ingeniería correspondiente a los planos desde los preliminares, aprobados, liberados para su construcción y finalmente planos de conformidad los cuales son:

- Planos de fabricación
- Planos de Montaje de la bomba de vacío.
- Planos de construcción de las líneas de tubería.
- Diseño y/o calculo y elaboración de planos estructurales

Etapa 4: Fabricación.

En esta etapa se realiza la fabricación de todos los componentes que forman el sistema de vacío:

- Fabricación de la base de los componentes
- Fabricación de los componentes
- Fabricación de las líneas del sistema de vacío (línea de vacío, línea de vapor, línea de descarga y línea de agua de sello).

Etapa 5: Montaje del Sistema de Vacío.

Contando con los documentos de operaciones (pets, iperc, ats.), se dio inicio el montaje del sistema de vacío.

- Montaje de la base.
- Montaje de equipos.
- Montaje de las líneas del sistema de vacío.

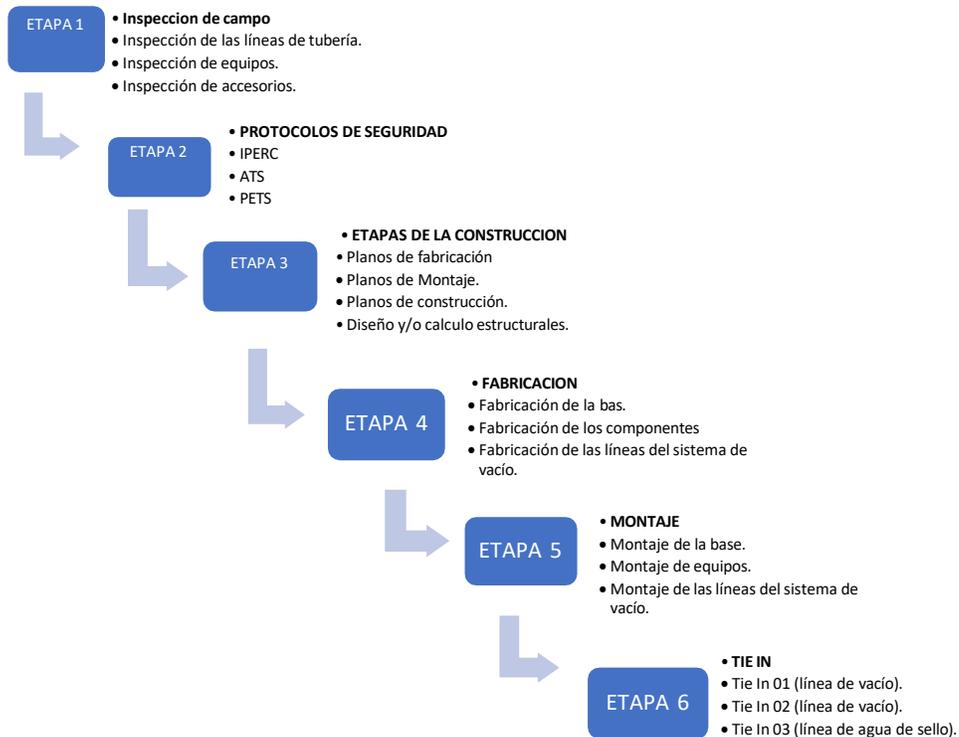
Etapa 6: Tie in.

Culminado con el montaje del sistema quedaría realizar las conexiones con la matriz existente, en coordinación con el área de operaciones:

- Tie In 01 (conexión con la línea de vacío).
- Tie In 02 (conexión con la línea de vacío).

- Tie In 03 (conexión con la línea de agua de sello).

2.2.2 Diagrama de flujo:



2.2.3 Cronograma de actividades:

Tabla 2.1. Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																									
ETAPA	ACTIVIDADES	AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO			
		S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52	S1	S2	S3
ETAPA 1	Inspección en Campo																								
	Inspección de las líneas de tubería.	X	X																						
	Inspección de equipos. Inspección de accesorios.		X																						
ETAPA 2	Protocolos de Seguridad																								
	IPECR (Identificación de peligro y evaluación de riesgo y control)				X																				
	ATS (Análisis de trabajo seguro) PETS (Procedimiento seguro de trabajo)			X																					
ETAPA 3	Diseño del sistema																								
	Planos de fabricación				X	X	X																		
	Planos de Montaje de la bomba de vacío.						X	X	X	X															
	Planos de construcción de las líneas de tubería. Diseño y/o calculo y elaboración de planos estructurales									X	X	X	X												
ETAPA 4	Fabricación																								
	Fabricación de la base de los componentes								X	X	X														
	Fabricación de los componentes Fabricación de las líneas del sistema de vacío.											X	X	X	X										
ETAPA 5	Montaje																								
	Montaje de la base.																X	X	X						
	Montaje de equipos. Montaje de las líneas del sistema de vacío.																	X	X	X					
ETAPA 6	Tie in																								
	Tie In 01 (conexión con la línea de vacío).																							X	
	Tie In 02 (conexión con la línea de vacío).																							X	
	Tie In 03 (conexión con la línea de agua de sello).																							X	

Fuente: Elaboración Propia

III. APORTES REALIZADOS

3.1 Procedimiento de las etapas

El área de hidrometalurgia de la refinería NEXA Cajamarquilla cuenta con un sistema de filtración de residuos del proceso de lixiviación; parte de este sistema de filtración consta de tres (03) filtros banda, donde cada filtro opera emparejada con una bomba de vacío.

La configuración actual del sistema de vacío de los filtros banda, permite a c/u de las 03 bombas de vacío (D2093, D2117, D2127), alternar operación con cualquiera de los filtros banda (D2112, D2122, D2088); pero al presentarse un problema en alguna de las bombas de vacío (principalmente por desgaste o corrosión de partes internas) se pierde uno de los filtros, afectando la capacidad de los filtros de banda y la descarga de residuos en el proceso de lixiviación.

Otro problema presentado es la disminución en el performance de las bombas de vacío, donde, si bien el equipo continúa operando, se disminuye la capacidad de secado de la torta y se genera pérdidas de zinc (se mantiene zinc soluble contenido en el residuo).

Por ello se realizó el montaje de un sistema de vacío, clasificándolos en 6 etapas.

3.1.1 Etapa 1: Inspección en Campo

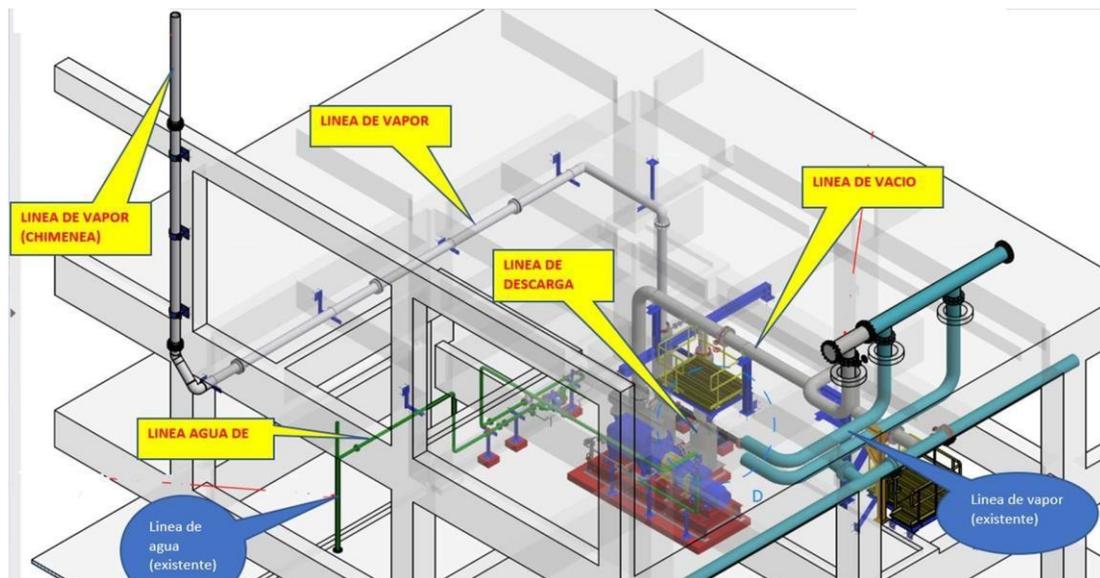
Como inicio de la ejecución del proyecto, se realizó la inspección en el área de trabajo, el cual se inspeccionaron todas las redes de tubería, equipos y accesorios relacionados con el proyecto.

Inspección de las redes de tubería

En el punto de trabajo se realizó una inspección visual de todo el ramal de tuberías (ductos que se montará en el proyecto), el supervisor de operación con el proyectista identifica los puntos donde se instalará las tuberías de la línea de vacío, línea de vapor, línea de descarga y la línea de agua de sello; todo el sistema se verificará con los planos entregados por el proveedor y por el área de calidad con los protocolos dimensionales.

Figura 3.1. Planos del sistema de tubería inicial

Fuente: Elaboración propia.



Inspección en la línea de vacío

Se verificó el recorrido de la línea de vacío, el cual se contempla el suministro y el montaje total y completo de cada una de las líneas de tuberías del proyecto, desde la conexión de recepción del fluido hasta la conexión de entrega del fluido, se comparó con otras líneas existentes las dimensiones de las tuberías a instalar, los cuales son:

- Suministro, fabricación y montaje de línea de tubería $\text{Ø}350$ mm / 316SS / SCH10S, desde conexión a la succión de bomba de vacío hasta conexión de tie in 001 y 002.
- Suministro, fabricación y montaje de tubería $\text{Ø}400$ mm, 316SS SCH10S para ampliación de manifold de vacío existente.
- Suministro e instalación de accesorios (codos, TEEs), bridas slip on, válvulas mariposa, pernos y empaquetaduras.
- Suministro e instalación de manómetro en tubería $\text{Ø}350$ mm.

Figura 3.3. Línea de vacío proyectado

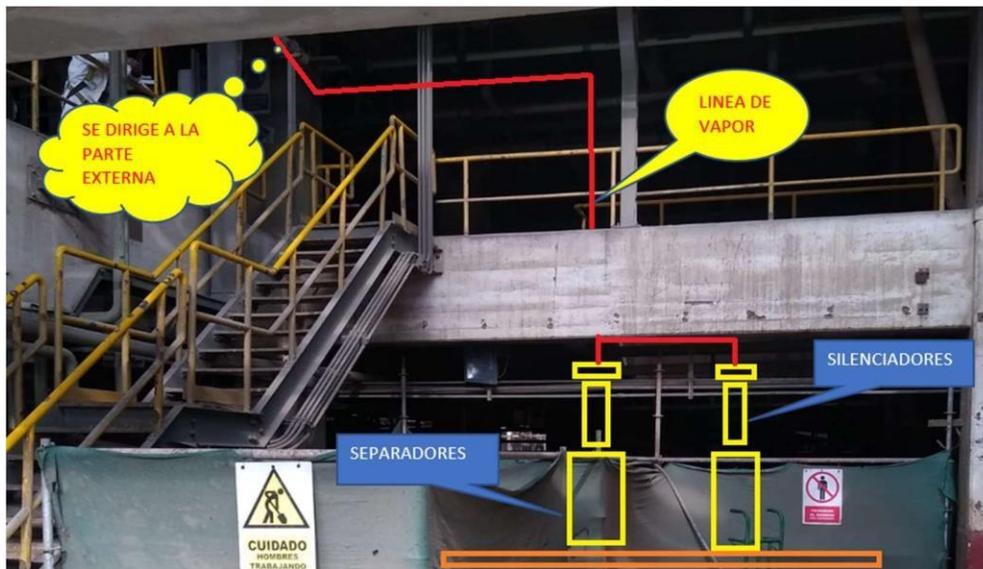


Fuente: Elaboración propia

Inspección en la línea de vapor

Se verificó la conexión de la línea de vapor, tubería $\text{Ø}250$ mm, polipropileno ASTM D4110 / SDR17.6, desde conexión con brida de silenciadores proveniente de la bomba hasta punto de descarga atmosférica.

Figura 3.4. Línea de vapor proyectado



Fuente: Elaboración propia

Inspección de línea de agua de sello

Se verificó la conexión de la línea de agua de sello, tubería $\text{Ø}80$ mm ASTM A-53 / SCH40, desde tie in 003 hasta brida de conexión con bomba de vacío.

A la llegada de la bomba de vacío la tubería de conexión es de, $\text{Ø}50$ mm y $\text{Ø}40$ mm / 316 SS, incluye bridas, codos, válvulas de bola, manómetro, juntas de expansión y placas orificio.

Figura 3.5. Línea de agua de sello proyectado

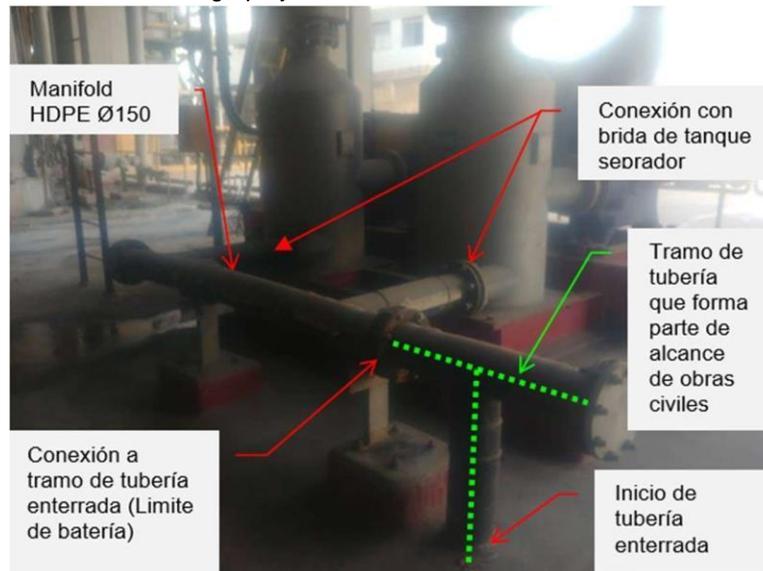


Fuente: Elaboración propia

Inspección de la línea de descarga

Verificación de la línea de descarga y montaje de manifold de tubería HDPE Ø150 mm / ASTM F-714 / SDR15.5, desde conexión con tanques separador hasta conexión con brida de tramo de tubería enterrada.

Figura 3.6. Línea de Descarga proyectada



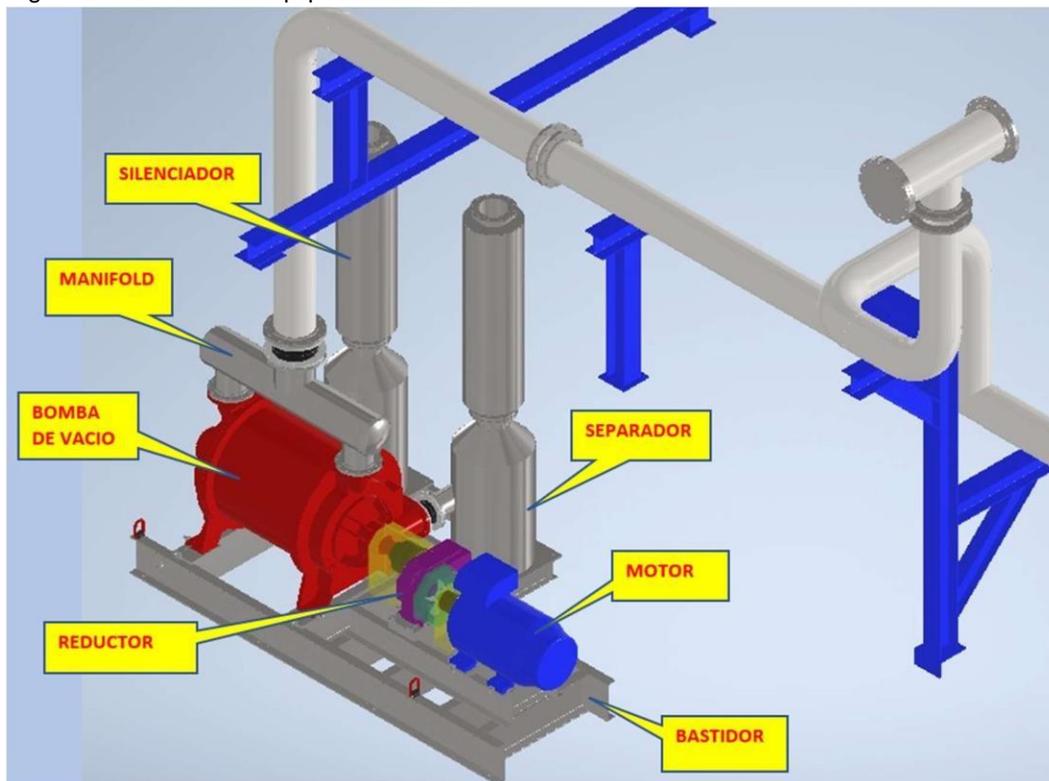
Fuente: Recuperado de INTECSA

Inspección de Equipos

Terminado con la inspección de las tuberías siguió con la inspección visual y dimensional de los siguientes componentes para la correcta ejecución de los trabajos mecánicos:

- Bastidor Metálico.
- Bomba de vacío, reductor y motor eléctrico
- Tanques Separadores
- Manifold de succión
- Silenciadores
- Juntas de Expansión

Figura 3.7: Sistema de equipos



Fuente: Elaboración propia

Inspección del bastidor metálico

Se verifico la base cimentada donde se colocará el bastidor metálico el cual se montará la bomba de vacío, reductor y motor, según plano del proveedor. Realizando el plantillado y verificación dimensional, así como el plantillado de los pernos de anclaje de la base de concreto.

Figura 3.8. Plantillado para pernos de anclaje del bastidor



Fuente: Elaboración propia

Se corrobora que las piezas del bastidor no son comerciales, por lo cual se tuvo que modificar sus dimensiones de acuerdo a los que hay en el mercado. En consecuencia, se tuvo que modificar las dimensiones de algunos equipos (separadores).

Para ello se envió un cuadro comparativo y con las nuevas medidas, se tuvo que realizar una memoria de cálculo con las nuevas estructuras.

De la tabla 3.1, se muestra las características de los perfiles a cambiar, el canal U400 se cambió por el U15", y el canal U240 se cambió por el canal U8".

Tabla 3.1. Cuadro comparativo de perfiles

PERFIL U - AMPLIACION LINEA DE VACIO				
Descripción	Peralte (mm)	Ala (mm)	Espesor del Ala (mm)	Espesor del Alma (mm)
canal U400	400	110	14	18
canal U 15"	382	95	16,5	18,19
Descripción	Peralte (mm)	Ala (mm)	Espesor del Ala (mm)	Espesor del Alma (mm)
canal U240	240	85	9,5	13
canal U 8"	204	65	9,9	12,37

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2. Cuadro comparativo de perfiles

TABLA MILIMETRICA														TABLA EN PULGADAS							
Denominación Designation Designazione	Dimensiones Dimensions Dimensioni							Dimensiones de construcción Dimensions for detailing Dimensioni di dettaglio						Superficie Surface Superficie							
	G	h	b	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	A	d	Ø	r _{ext}	r _{int}	A _s	A _w	DESIGNACIÓN NOMINAL	ÁREA	BASE	ALA (B)	ESPESOR NOMINAL		
	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm ²	mm	mm	mm	mm	mm ²	mm ²	in	lb/ft	in	in	ALA (t ₁)	BASE/ALMA (t ₂)	
UPN 50*	5,59	50	38	5,0	7,0	7,0	3,5	7,12	21	-	-	-	0,232	42,22	7"	9,80	2,97	7,00	2,09	9,30	5,11
UPN 65*	7,09	65	42	5,5	7,5	7,5	4,0	9,03	24	-	-	-	0,273	39,57	7"	12,25	3,60	7,00	2,19	9,30	7,98
UPN 80*	8,64	80	45	6,0	8,0	8,0	4,0	11,0	27	-	-	-	0,312	37,10	7"	14,75	4,33	7,00	2,20	9,30	10,64
UPN 100*	10,6	100	50	6,0	8,5	8,5	4,5	13,5	34	-	-	-	0,377	35,10	8"	11,50	3,38	8,00	2,26	9,91	5,59
UPN 120	12,4	120	55	7,0	9,0	9,0	4,5	15,0	37	-	-	-	0,434	32,52	8"	13,75	4,04	8,00	2,34	9,91	7,70
UPN 140	14,0	140	60	7,0	10,0	10,0	5,0	16,4	39	M 12	33	37	0,489	30,54	8"	18,75	5,51	8,00	2,53	9,91	12,37
UPN 160	16,8	160	65	7,5	10,5	10,5	5,5	17,0	42	M 12	34	42	0,546	28,98	9"	13,40	3,94	9,00	2,43	10,49	5,92
UPN 180	22,0	180	70	8,0	11,0	11,0	5,5	18,0	44	M 16	38	41	0,611	27,80	9"	15,00	4,41	9,00	2,49	10,49	7,24
UPN 200	25,3	200	75	8,5	11,5	11,5	6,0	19,2	46	M 16	39	46	0,661	26,15							
UPN 220	29,4	220	80	9,0	12,5	12,5	6,5	20,4	48	M 16	40	51	0,718	24,46							
UPN 240	33,2	240	85	9,5	13,0	13,0	6,5	21,4	50	M 20	46	50	0,775	23,34							
UPN 260	37,9	260	90	10,0	14,0	14,0	7,0	22,4	52	M 22	50	52	0,834	22,00							
UPN 280	41,8	280	95	10,0	15,0	15,0	7,5	23,4	53	M 22	52	57	0,890	21,27							
UPN 300	46,2	300	100	10,0	16,0	16,0	8,0	24,4	54	M 24	55	59	0,950	20,58							
UPN 320*	50,5	320	100	14,0	17,5	17,5	8,8	25,8	56	M 30	58	62	0,980	16,50							
UPN 350	60,6	350	100	14,0	16,0	16,0	8,0	27,3	58	M 22	56	62	1,05	17,25							
UPN 380*	63,1	380	102	13,5	16,0	16,0	8,0	28,4	59	M 24	58	60	1,11	17,59							
UPN 400*	71,8	400	110	14,0	18,0	18,0	9,0	29,5	61	M 27	61	62	1,18	16,46							

Fuente: Elaboración propia

Inspección de la bomba de vacío, reductor y motor eléctrico

Con respecto a la bomba de vacío, reductor y motor se solicitó su ficha técnica. Los puntos más resaltantes fue verificar en la ficha técnica los puntos de fijación. Con ello podemos asegurarnos de colocar los topes como base en el bastidor y también sus dimensiones para el acoplamiento.

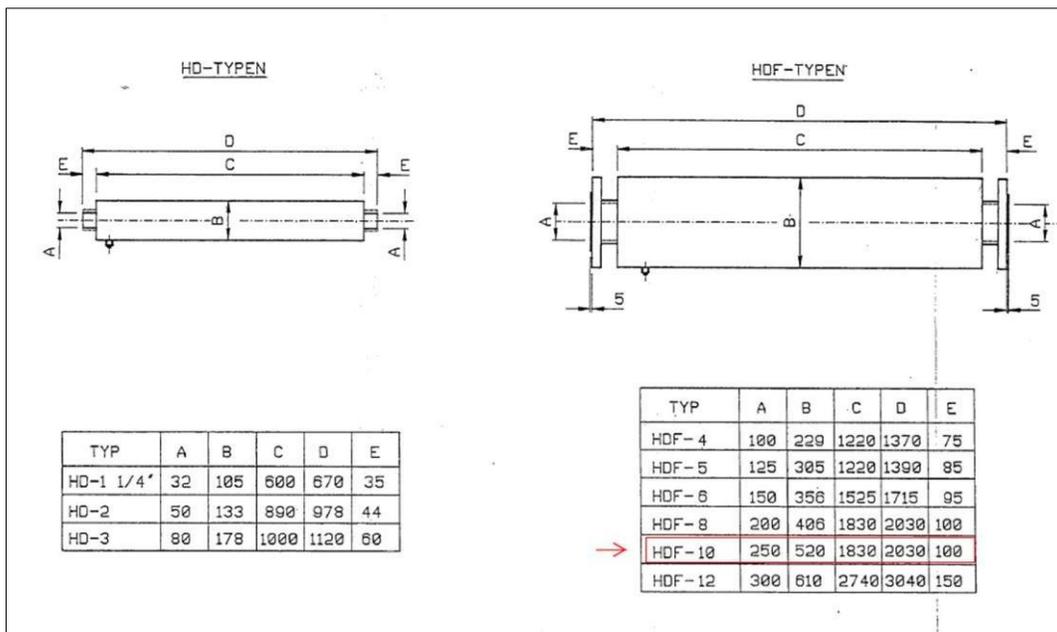
Inspección de los silenciadores

La información dadas para los silenciadores era muy escasa, como consecuencia se tuvo que esperar una parada de planta para desmontar otros silenciadores existentes y realizar una inspección visual, sacar medidas y dibujar su forma interna, con ellos se realizó su construcción.

Para la intervención se tuvo que coordinar con el gestor para bloquear el equipo, el cuadro mostrado, es lo que el proveedor nos brindó.

Figura 3.11. Plano de silenciador (proveedor)

Fuente: Recuperado de INTECSA



Inspección de Accesorios

Todas las tuberías al igual que los equipos se realizarán las conexiones con los accesorios de acuerdo a la memoria descriptiva dado por el proveedor, se corrobora los tipos de accesorios, comparándolos con los montados en planta.

Entre los accesorios se tiene lo siguiente:

- Acoplamiento de alta y baja velocidad tipo EFLEX A-12 y A-08
- Pernos de fijación
- Guarda de protección para acoplamiento alta y baja velocidad.
- Empaquetadura para juntas de bridas.
- Juntas de expansión.
- Bridas Slip on inoxidable
- Válvula mariposa.
- Manómetro
- Bridas PP
- Válvula de bola de Ø12 mm.

3.1.2 Etapa 2: Protocolo de Seguridad

Debido a que, dentro de las actividades para la ejecución de los trabajos, se tienen tanto actividades de alto, medio y bajo riesgo, es que se deben seguir lineamiento legales y normas como:

- LEY 29783/2011-TR: Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (Modificatoria Ley 30222/2014-TR).
- DS 005/2012-TR: Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo (Modificatoria DS 006/2014-TR y subsiguientes).
- DS 024/2016-EM: Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (Modificatoria DS 023/2017-EM).
ANEXO N°4: Inducción General / Mínimo 8h.
ANEXO N°5: Inducción Específica.
- DS 003/98-SA: Normas Técnicas del Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo.

- RM 480/08-SA: Norma Técnica de Salud que establece el Listado de Enfermedades Profesionales.

Como documentos de gestión que se presentan dentro de la planta NEXA Cajamarquilla se tienen:

- PETS: Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro; donde se especifica el paso a paso de todas las actividades.
- IPERC: Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos; documento donde están identificados todos los peligros y riesgos, así como también las medidas de control.
- APR- IPERC CONTINUO: Análisis Preliminar de Riesgo; donde se hace una evaluación de los riesgos asociados a una guardia de trabajo (12h de duración).
- Matriz general de EPP, donde se tiene las especificaciones técnicas de los equipos de protección personal.
- ATS: Análisis de Trabajo Seguro; cuando se tenga una actividad no rutinaria se hará uso de este documento.

3.1.3 Etapa 3: Etapas de la Construcción

Realizado las observaciones de los planos entregados por el cliente con respecto a los trabajos a realizar en el campo, se dio inicio con la etapa de la construcción, esta etapa dependerá de los levantamientos de observaciones para definir los planos a fabricar, para ello se realizó los planos y se envió al gestor para su aprobación, el gestor por medio de un correo corporativo valida los planos y así se daría inicio a la fabricación. Entre los planos realizados, se tiene:

- Planos de fabricación

- Planos de montaje de la bomba de vacío.
- Planos de construcción de las líneas de tubería.
- Diseño y/o calculo y elaboración de planos estructurales

Como se hizo mención hubo modificación en el bastidor y el silenciador.

En el bastidor se tuvo que cambiar las estructuras ya que no eran comerciales por ello se realizó una memoria de cálculo con las nuevas estructuras, para el análisis se usó el software SolidWorks, donde se evaluó sus esfuerzos máximos, deformaciones y factor de seguridad.

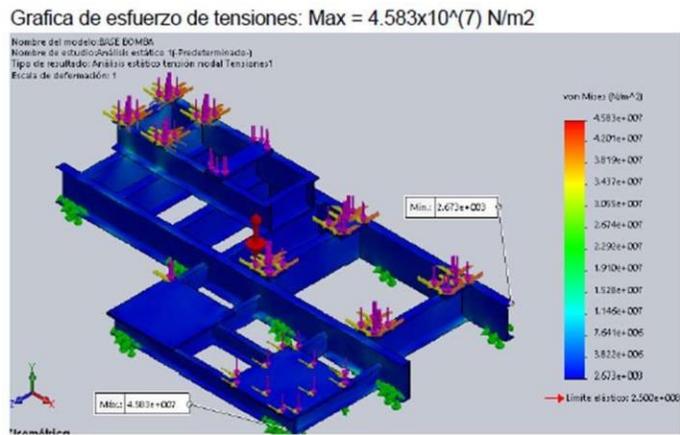
Los datos obtenidos en el análisis determinan que los desplazamientos son menores a 0.08 mm y de acuerdo a la norma se designa este desplazamiento debe ser menor a $L/400$, es decir para un perfil C 8x18.75 con una altura de 203mm se tiene $203/400$, dando como resultado 0.5075 mm, por consiguiente, se define que las estructuras cumplen con los requerimientos solicitados para este trabajo con un factor de seguridad de 5.45 para el cálculo estático y de momentos en estructural de acero.

Resumen:

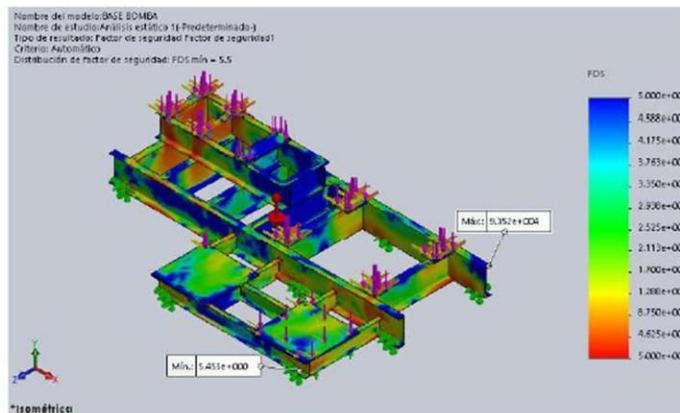
DESCRIPCION	MEDIDAS	UNIDADES
Max. Esfuerzo (tensiones)	4.583E+07	N/m ²
Desplazamiento	0.0788	mm
Factor de Seguridad	5.45	--

Del análisis se definen los siguientes resultados.

Figura 3.12 Simulación del bastidor



Grafica de factor de seguridad: Min = 5.45



Fuente: Recuperado de INTECSA

3.1.4 Etapa 4: Fabricación

Teniendo los planos aprobados por el gestor, se sigue con la adquisición de los materiales, se verifico los materiales de acuerdo a las especificaciones técnicas.

El departamento de calidad controlara que la ejecución de los trabajos se realice de acuerdo a lo establecido a los procedimientos, verificara y coordinara la ejecución de las inspecciones como:

- Procedimiento de inspección visual de soldadura.
- Procedimiento de líquidos penetrante.
- Procedimiento de control dimensional.
- Procedimiento de prueba de presión.

Realizado las compras y teniendo en almacén el ingeniero de campo da inicio con la fabricación, para ello debe contar con los planos de fabricación y con un plan de fabricación. Lo que se va a fabricar son los siguientes.

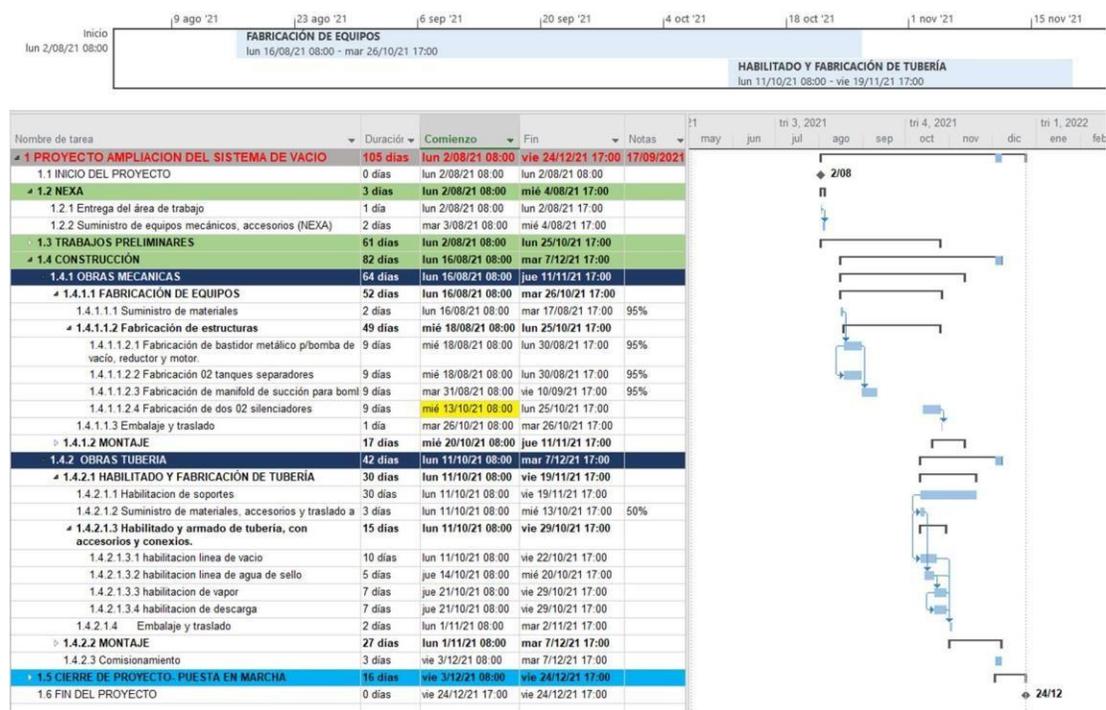
- Línea de vacío
- Línea de vapor
- Línea de descarga
- Línea de agua de sello
- Silenciadores
- Mezcladores
- Bastidor

Plan de fabricación

Toda actividad a realizar se rige de un plan elaborado para el proyecto, del cuadro se muestra los tiempos planificados para la fabricación de las tuberías y equipos, estos tiempos serán respetados ya que están enlazados con todos los trabajos que se realizan, siendo ruta critica la fabricación para dar inicio con el montaje.

Figura 3.14 Plan de ejecución

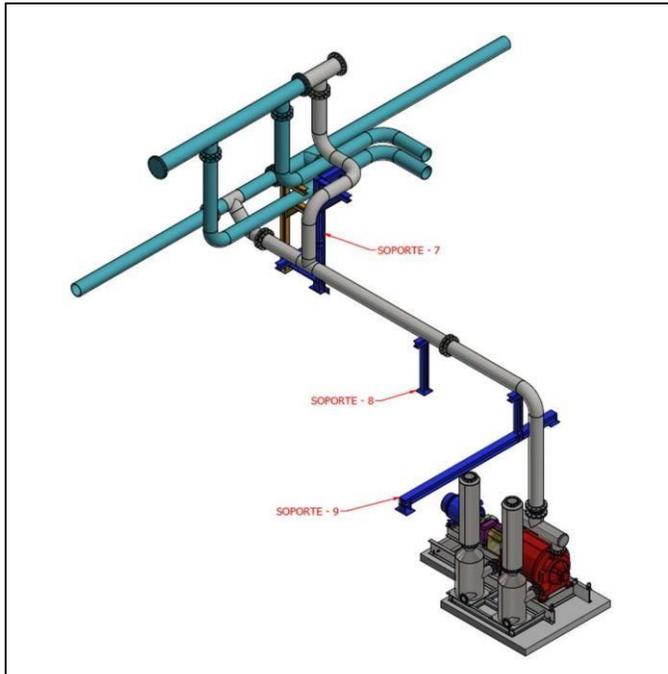
Fuente: Elaboración Propia



Fabricación de la línea de vacío

Para la fabricación de la línea de vacío se realizó los planos de fabricación en base a ello se sacó el metrado y realizo el despiece de las piezas a fabricar, se utilizó tubería de Ø350mm inoxidable 316L, bridas slip on, válvulas mariposa, pernos y empaquetaduras.

Figura 3.15 Línea de vacío



Fuente: Elaboración propia

Como procedimiento en el control de calidad el soldador debe estar homologado, para las inspecciones se realizó prueba mediante líquidos penetrante de uniones soldadas de aceros al carbono y aceros inoxidable, que se encuentren en un rango de temperatura entre 5 y 50°C, con el fin de detectar, interpretar y evaluar discontinuidades abiertas a la superficie. Este procedimiento involucra el uso de penetrantes visibles Tipo II, Método C- removibles con solvente (según ASTM E1220)], de acuerdo con los requerimientos del código AWS D1.1, AWS D1.6:2017 y ASME B31.3:2020, la norma ASTM E165, la norma EN ISO 3452-1 y demás documentos citados en documentos de referencia.

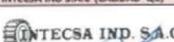
Documento de referencia

- ASTM E165 / E165M - 12 Standard Practice for Liquid Penetrant Examination for General Industry.
- ASTM E1417 – 2016 “Standard Practice for Liquid Penetrant Examination”.
- AWS D1.1:2020 Structural Welding Code-Steel.
- AWS D1.6:2017 Structural Welding Code- Stainless steel.
- ASME B31.3-2020 – PROCESS PIPING.

Figura 3.16 Registro fotográfico ensayo por líquidos penetrantes

nexa		NEXA RESOURCES S.A.	INTECSA IND. S.A.C. <small>INGENIERIA MECANICA Y METALURGICA</small>	
REGISTRO FOTOGRAFICO ENSAYO POR LIQUIDOS PENETRANTES		PROYECTO: AMPLIACION SISTEMA DE VACIO FILTRO BANDA		
Área:	Calidad	Rev:	0	
Código:	INT-QA-PRT-009	Fecha:	08/04/2022	

I. ESQUEMA DE INSPECCION / REGISTRO FOTOGRAFICO		
		
J1 - REVELADOR	J2 - REVELADOR	J3 - REVELADOR
		
J4 - REVELADOR	J5 - REVELADOR	J6 - REVELADOR
	NA	NA
J7 - REVELADOR		

INTECSA IND S.A.C. (PRODUCCION)	INTECSA IND S.A.C. (CALIDAD QC)	BISA (SUPERVISION)
 JHONATAN JOSE JULCARIMA BONIFACIO INGENIERO MECANICO Reg. CIP N° 228099	 INTECSA IND. S.A.C. ING. CRISTIAN ROJAS RAMIREZ <small>Soy tu Calidad</small>	

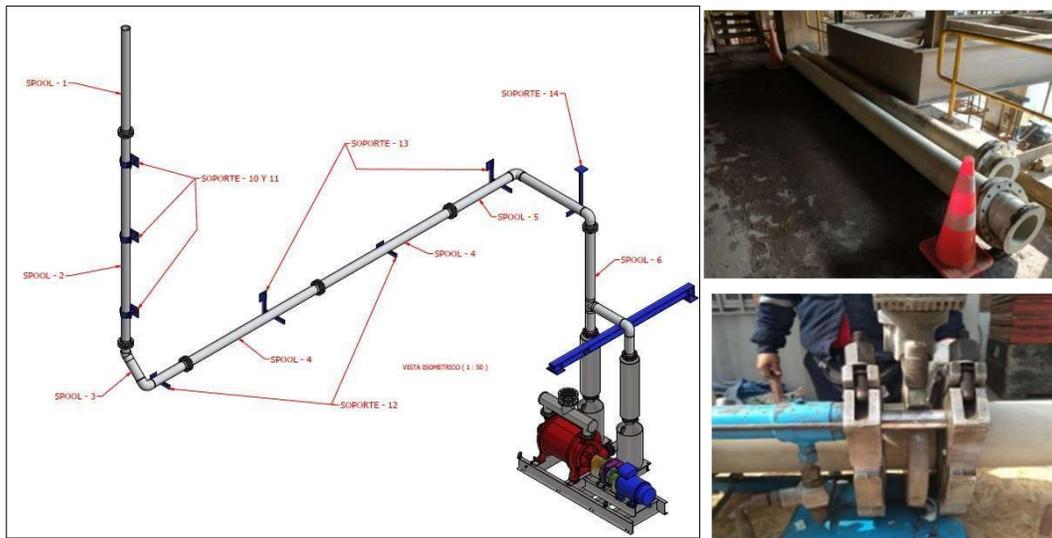
Pag. 2 de 3

Fuente: Recuperado de INTECSA

Fabricación de la línea de vapor

Se utilizaron tubería de PP (polipropileno SDR17.6-ASTM4110), en el cual el soldeo fue por termofusión. Como procedimiento de calidad se realizó la verificación de control dimensional e inspección visual.

Figura 3.17 Registro fotográfico ensayo por líquidos penetrantes
Fuente: Elaboración propia



Fabricación de la línea de descarga

Se fabrica con tubería HDP, que va desde los separadores hacia el punto de descarga. El soldeo se realizó por termofusión. Como procedimiento de calidad se realizó la verificación de control dimensional e inspección visual.

Figura 3.18 tubería en HDP

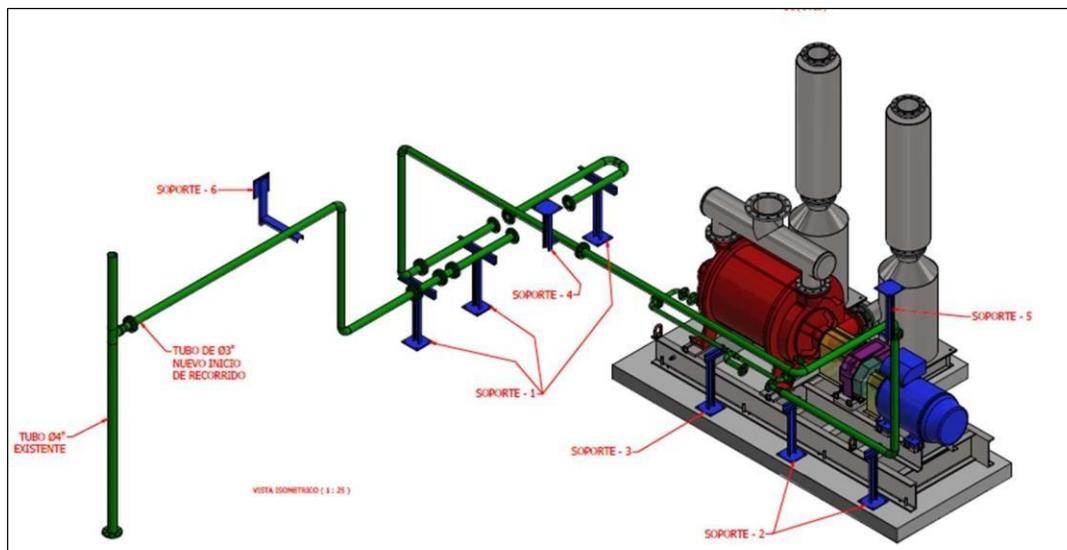


Fuente: Elaboración propia

Fabricación de la línea de agua de sello

La fabricación del agua de sello se divide en dos tramos, el primero que va desde el tie in, hacia el manifold esa línea es de acero al carbono. El segundo es el manifold hacia la bomba de vacío, esa línea es inoxidable.

Figura 3.19 Sistema de tubería en HDP



Fuente: Recuperado de INTECSA

Como control de calidad en la línea de agua de sello se utilizó los mismos procedimientos que la línea de vacío.

Figura 3.20 Registro fotográfico por liquido penetrante tubería en HDP

		NEXA RESOURCES S.A.			
		REGISTRO FOTOGRAFICO ENSAYO POR LIQUIDOS PENETRANTES			
Área:	Calidad	PROYECTO: AMPLIACION SISTEMA DE VACIO FILTRO BANDA		Rev.:	0
Código:	INT-QA-PRT-009			Fecha:	08/04/2022
1. ESQUEMA DE INSPECCION / REGISTRO FOTOGRAFICO					
J1 - PENETRANTE	J1 - REVELADOR	J2 - PENETRANTE			
J12 - REVELADOR	J3 - PENETRANTE	J3 - REVELADOR			
J4 - PENETRANTE	J4 - REVELADOR	J5 - PENETRANTE			
J5 - REVELADOR	J6 - PENETRANTE	J6 - REVELADOR			
INTECSA IND S.A.C (PRODUCCIÓN)		INTECSA IND S.A.C (CALIDAD QCI)		BISA (SUPERVISION)	

Fuente: Recuperado de INTECSA

Fabricación de silenciadores, mezcladores y manifold

Los equipos se fabricaron con plancha inoxidable 316L, el control de calidad fue por inspección visual, control dimensional y liquido penetrante.

De la grafica en el lado izquierdo se muestra la fabricación del silenciador, en la parte central la fabricación de los separadores y en la parte derecha la fabricación del manifold.

Figura 3.21 Fabricación de equipos



Fuente: Elaboración propia

Fabricación de bastidor

Teniendo los planos actuales y habiendo realizado la memoria de calculo se procedió con la fabricación del bastidor de material acero al carbono.

Con respecto al pintado se utilizó como base el NOVAPLATE 5 MILS, intermedio NOVAPLATE 5 MILS y acabado MACROPOXY 8 MILS.

Figura 3.22 Bastidor metálico



Fuente: Elaboración propia

3.1.5 Etapa 5: Montaje

Para dar inicio al montaje, se debe tener el procedimiento de trabajo indicando paso a paso los trabajos que se realizarán, cumpliendo con las normas de seguridad y medio ambiente.

- Procedimiento de trabajo
- Matriz IPERC
- Matriz de EPP

Traslado de equipos Herramientas

Primeramente, se coordinó con el gestor NEXA – CJM, la habilitación de un área en el cual se debe llevar las herramientas, temporalmente. Sin la aprobación no se podrá llevar los equipos herramientas.

De igual forma se envió correo para aprobación del ingreso de las unidades (camión grúa, plataforma).

Figura 3.23 Croquis habilitación temporal

Fuente: Elaboración propia



Lista de materiales proyectado para el proyecto Ampliación bomba de vacío

Figura 3.24 Lista de materiales

ITEM	DESCRIPCIÓN
1	Camión Grúa 20 Tm
2	Couster 22 pasajeros
3	Camión Plataforma 10 Tm
4	Estación Total
5	Cuerpos de Andamios (ULMA – Layher)
6	Máquinas de Soldar MILLER
7	Esmeril Angular 4 ½"
8	Esmeril Angular 7"
9	Tableros Eléctricos 380 V/440V /220 V
10	Multímetro
11	Amperímetro
12	Manta Ignifuga
13	Llaves mixtas (Pulgadas y mm)
14	Dado (Pulgadas y mm)
15	Llaves Ratchet (Juego)
16	Llave Francesa
17	Barretas
18	Comba 4 lbs

19	Martillo (Mango de Jebe)
20	Juego de Destornillador
21	Grilletes (1Tm / 5 Tm /10 Tm)
22	Sogas 3/4
23	Tecles 2 Tm, 1 Tm
24	Escalera Metálica /Telescópica
25	Eslingas de 2 Tm, 5 Tm
26	Eslinga de 10 Tm
27	Cinzel, Punzón, Espátula
28	Estrobos
29	Tacos de Madera
30	Extensión 220V / 380V /440V
31	Extintor de 6kg
32	Torquímetro 600 lb/ft y 1000 lb/ft
33	Llaves de ajuste neumático e hidráulico
34	Horno térmico para electrodos revestidos

Fuente: Elaboración propia

Aprobado el área de trabajo y los accesos de las unidades, se realizó el traslado de los equipos materiales.

Todo material fabricado se trasladó con camión grúa y se ubicó en un área coordinado con Nexa.

Se colocó la caja de herramienta cercano al punto para los trabajos diarios.

Los colaboradores descargarán las estructuras y materiales del camión-grúa a un punto de acopio temporal ya coordinado, las herramientas que trasladará el personal no deben excederse del peso permitido (25 kg), así también el personal realiza la previa inspección de sus herramientas y equipos a usar, siguiendo con los lineamientos respectivos a través de los siguientes formatos: Check LIST de herramientas manuales y de poder (soldadura y taladro).

Figura 3.25 Traslado de materiales



Fuente: Elaboración propia

Montaje de bastidor (base del sistema de vacío)

Las primeras actividades se dieron con el montaje del bastidor (antes de ello se realizó una preinstalación y así asegurar que no haya fallas al momento de instalar en planta).

Se realizó la inspección del área de trabajo, delimitando el área, se inició las actividades se realizó la perforación pasante en el piso del nivel superior a la dirección del bastidor (ejes medios) del nivel inferior, para poder pasar el cable acerado del tirfor. Con el apoyo de un montacarga se trasladará y se posicionará el bastidor lo más cerca posible de la base construida. teniendo en cuenta esos dos puntos se realizó el montaje del bastidor empleando tirfor para el posicionamiento y descanso en la base cimentada, siempre verificando que ingrese el bastidor en los pernos colocados en la base.

Figura 3.26 Montaje de bastidor



Fuente: Elaboración propia

Se realizó la nivelación del bastidor y colocación de las tuercas en los pernos de la base para sujeción del bastidor, se realizó el ajuste de las tuercas empleando llaves mixtas N°42. el torque se realizó según estándares.

Figura 3.27 Nivelación de bastidor



Fuente: Elaboración propia

Montaje de los separadores

Se trasladó los separadores con montacarga (capacidad 7tnl) lo más cerca del bastidor luego con apoyo de una estoca se llevó hacia el punto de montaje.

Se habilito empaquetadura de neoprene y se colocó en la base metálica (bastidor), donde va sentado los separadores luego se realizó la maniobra para colocar los separadores sobre la base finalmente se colocó los pernos y ajusto con llave mixta.

Figura 3.27 Montaje de separadores



Fuente: Elaboración propia

Montaje de los silenciadores

Montado los separadores, se habilito andamio de un cuerpo para maniobra de los silenciadores. En puntos específicos se colocó los tecles para realizar el izaje de los silenciadores, se colocó las eslingas alrededor del cuerpo del silenciador y en uno de los extremos del silenciador se puso la soga realizando la maniobra en el montaje ubicándolo sobre la brida de los separadores, ya montado se coloca los pernos y ajusto con llave mixta.

Figura 3.28 Montaje de silenciadores



Fuente: Elaboración propia

Montaje de reductor

Para el montaje de reducto se realizó un pre-montaje en las instalaciones de Intecsa, con el propósito de que no hubiera ningún imprevisto ya que es parte de la ruta crítica, el cual afectaría el avance de lo planificado.

Habiendo realizado el pre-montaje y teniendo reductor en planta se traslada el reductor con un montacarga (capacidad 70tnl).

Se coloca tirfor de 5ton en un nivel superior para realizar la maniobra del reductor hasta que coincida con los agujeros del bastidor luego se coloca los pernos y se inicia con el ajuste respectivo.

Figura 3.29 Montaje de reductor



Fuente: Elaboración propia

Montaje de Motor Eléctrico

Se realizará el izaje del motor empleando dos tirfor de 5ton. Que se encuentran instalados en el nivel superior, se posicionara el motor en el bastidor y direccionando correctamente para que coincidan los agujeros del equipo y estructura. Se colocará los pernos en los agujeros para sujeción del motor y se colocará laines para la nivelación del motor. Se realizará el ajuste de dichos pernos con llaves mixtas y el torqueo se realizará según estandar.

Figura 3.30 Montaje del motor



Fuente: Elaboración propia

Montaje de la Bomba de Vacío

De igual forma que el reductor y el motor, se realizó la maniobra para el montaje de la bomba de vacío. Para trasladar la bomba de vacío se utilizó tortugas de carga, colocando en sus bases de la bomba luego se trasladó hasta su base.

Figura 3.31 Traslado de bomba de vacío



Fuente: Elaboración propia

Se colocó en puntos estratégicos juegos de teclas de 2tn para realizar la maniobra de montaje.

Figura 3.32 Izaje de bomba de vacío



Fuente: Elaboración propia

Montaje de manifold

Montado la bomba de vacío, se continua con el montaje del manifold, con el tecele instalado se realiza la maniobra de izaje en la parte superior de la bomba.

Antes de ello se coloca empaquetadura de neoprene en las bridas de la bomba y sobre ello se instala el manifold inoxidable y se ajusta los pernos entre las bridas de la bomba y el manifold.

Sobre el manifold se coloca la junta de expansión que une a la línea de vacío.

Figura 3.33 Montaje del manifold



Fuente: Elaboración propia

Alineamiento de la bomba de vacío

Instalado la bomba de vacío, reductor y motor, se da inicio con el alineamiento para ellos se regula la posición de los equipos moviendo los pernos de fijación para su nivelación.

Figura 3.34 alineamiento de bomba



Fuente: Elaboración propia

Se realizó el alineamiento de ejes de la bomba de vacío, reductor y motor.

Terminado se colocó su guarda de seguridad.

Figura 3.35 alineamiento de bomba y colocación de guarda



Fuente: Elaboración propia

Montaje línea de descarga

Cada separador tiene una línea de salida en el cual se unirá con la línea de descarga, tubería HDP, que va conectado con bridas desde el separador hacia el punto de descarga.

Figura 3.36 Montaje línea de descarga



Fuente: Elaboración propia

Montaje de la línea de vacío

Para dar inicio al montaje de la línea de vacío, se trasladó soportes para su instalación, estos soportes se fabricaron de acero al carbono y cubiertos con pintura base y acabado. seguidamente se armó andamios de tres cuerpos en puntos clave por donde pasa la línea de vacío para su montaje.

Figura 3.37 Montaje de soportes de la línea de vacío



Fuente: Elaboración propia

Las tuberías para la línea de vacío se trasladó al segundo nivel con apoyo de camión grúa de esta manera nos facilita el montaje.

Figura 3.38 traslado de tubería inoxidable



Fuente: Elaboración propia

La línea de vacío parte por intermedio de una junta de expansión que va conectado al manifold de la bomba. Para el montaje de la línea de vacío se conecta la junta de expansión con la brida del ducto inoxidable. Cada tramo se conecta con válvulas mariposa hasta llegar al tercer nivel, el cual se dejará pendiente para realizar el tie in.

Figura 3.39 Montaje línea de vacío

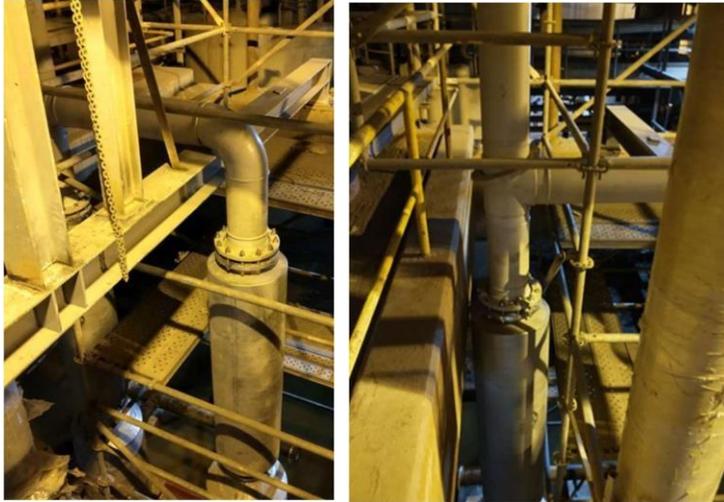


Fuente: Elaboración propia

Montaje de la línea de vapor

Se armo andamio alrededor de los silenciadores para el montaje de la línea de vapor, la tubería de PP, se unió por medio de bridas, colocando pernos y colocando abrazaderas en cada tramo. Para el montaje se utilizó tecles de 1tn.

Figura 3.40 Montaje línea de vapor



Fuente: Elaboración propia

Sucesivamente se coloca en varios puntos, soportes en el tendido de la línea de vapor y las maniobras para todo el montaje con tecles en puntos específicos. Cada tramo de tubería se conectará con bridas entre cada brida se colocará empaquetadura de neoprene y su ajuste.

Figura 3.41 Montaje de soportes para la línea de vapor



Fuente: Elaboración propia

Para finalizar con el montaje de la tubería de PP, en la parte externa se colocó soportes para llegar a esos puntos se utilizó manlift en el cual estuvo el operario del equipo y el técnico mecánico.

Se inicio realizando los trazos para instalar los soportes en el cual se ubicara la tubería de polipropileno, para ello se identificó los puntos donde se va anclar los soportes, se colocó el soporte se realizó el ajuste de acuerdo a los estándares y así sucesivamente se continuo con los soportes de la parte baja una vez ajustados y corroborados su ubicación se dio inicio al montaje de la tubería.

Figura 3.42 Montaje de soportes para la chimenea



Fuente: Elaboración propia

Montado los soportes se programó un camión grúa de 12tn para el montaje de la tubería de Polipropileno de 8" de diámetro con una longitud de 9m (chimenea).

Para el izaje el camión grúa debe contar con todos sus documentos en regla, llenado los documentos de seguridad.

Figura 3.43 Montaje de la chimenea



Fuente: Elaboración propia

Montaje de la línea de agua de sello

La bomba de vacío se le suministra agua para ello se debe instalara la línea agua de sello, con las tuberías ya fabricadas se da inicio con la colocación de los soportes por donde recorreré las tuberías, viendo los planos se realiza el montaje de la línea de agua de sello, la primera línea parte del Tie in, esa línea es de material de acero al carbono pintado de verde por normativa de la empresa, terminando el recorrido cuando este cerca de la bomba de ahí con un conector se unirá con la otra línea inoxidable.

Figura 3.44 Montaje de la línea de agua



Fuente: Elaboración propia

De la figura 3.44, se muestra de donde inicia la tubería de agua de sello y parte de su recorrido.

De la figura 3.45 se muestra un tramo de la línea de agua de sello de material inoxidable el cual va conectado en la bomba por ambos lados y dejando una línea para conectar con la otra tubería de acero al carbono mostrado en la figura 3.44.

Figura 3.44 Conexión de la línea de agua inoxidable



Fuente: Elaboración propia

Acoplamientos

Como partes finales las líneas de tubería y equipos se unieron por medio de bridas, válvulas, juntas de expansión. Del grafico en el lado izquierdo se muestra la junta de expansión que conecta el separador con la bomba de vacío, en el lado derecho se muestra un manifold proveniente de la línea de sello de agua conformado por sistema de válvulas y filtros.

Figura 3.45 Conexión de la línea de agua inoxidable



Fuente: Elaboración propia

3.1.6 Etapa 6: Tie In

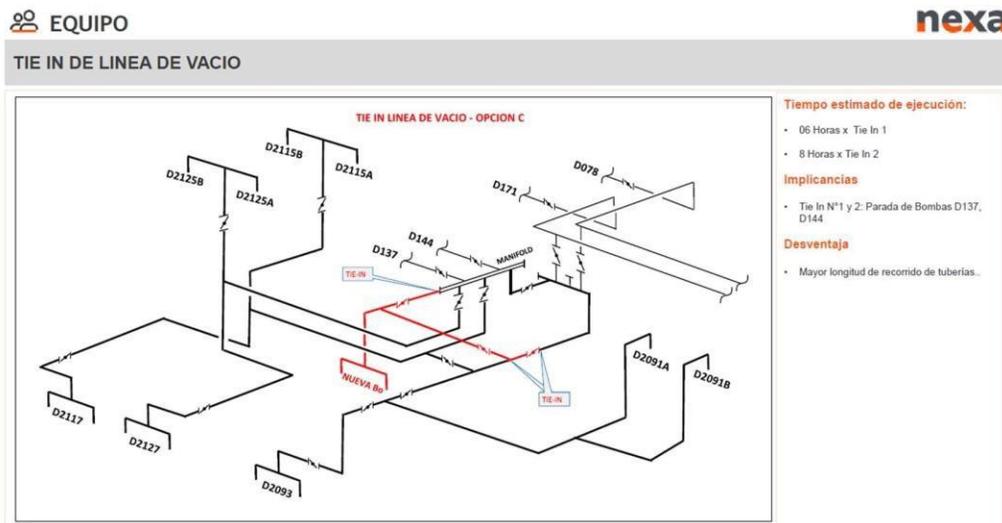
Como cierre del proyecto se realiza las conexiones del nuevo sistema con las conexiones existentes, para ello en coordinación con NEXA, se realiza un plan para intervenir los puntos con horas programadas. En total son tres Tie In.

Estas conexiones son críticos ya que la producción va a parar por ello se debe coordinar con el área operativa de la empresa NEXA y ver el momento adecuado para realizar los trabajos, se debe tener todos los materiales y recursos necesarios para que no haya algún inconveniente por ello antes de realizar esos puntos se debe reunir con el equipo operativo y seguridad compartir la información y analizar todas las formas de realizar la actividad.

Tie In 1 (Conexión línea de vacío)

El primer Tie In es la conexión de la línea de vacío en la parte superior. De la figura 3.46 se muestra el tiempo estimado de 6 horas parando la bomba D137.

Figura 3.46 Conexión de la línea de vacío inoxidable



Fuente: Recuperado de NEXA

De la 3.47 del lado izquierdo se muestra como estaba inicialmente mientras que del lado derecho se muestra lo que se conectó, el procedimiento fue el siguiente:

- Retiro de tapa ciega existente.
- Montaje de la tubería en forma de T.
- Colocación de pernos conectando las bridas y ajuste.
- Colocar otra tapa ciega como cierre.
- Colocar empaque de neoprene y montaje de válvula, esta válvula se debe mantener cerrada y bloqueada.

Tener en cuenta, cuando arranque el equipo por ahí ingresará el fluido por ello la válvula montada debe tener un código, figurar en el sistema y así poder bloquear con un dispositivo de bloque, el cual se coloca una llave que solo el operario de NEXA lo tendrá con la finalidad de que nadie pueda manipular la válvula.

Figura 3.47 Conexión del primer Tie In.

TIE IN DE LINEA DE VACIO



Fuente: Elaboración propia

Tie In 2 (Conexión línea de vacío)

De la figura 3.46 se muestra el segundo Tie In con un tiempo estimado de 8 horas y bloqueo de la bomba D144.

De la figura 3.48 se muestra la conexión realizada del segundo Tie In, lo que se realizó fue realizar un proyectado donde cabera la tubería existente, luego realiza un plantillado para el corte, se realizó trabajo en caliente el cual se cortó la tubería con disco de corte, limpieza mecánica y conexión de la tubería montada con la existente, soldeo de la tubería inoxidable finalmente montaje de válvula al igual que el otro Tie In, cierre y bloque de válvula.

Siempre que se coloque una válvula se debe coordinar con operaciones para el bloque respectivo.

Figura 3.48 Conexión del segundo Tie In.



Fuente: Elaboración propia

Tie In 3 (Conexión línea de agua)

El tercer Tie In es la conexión de la línea de agua de sello. De la figura 3.49 se muestra el tiempo estimado de 6 horas parando la bomba D2117, D2127 y D2093.

Figura 3.49 Conexión de la línea de agua

 EQUIPO 

TIE IN DE LINEA DE AGUA DE SELLO



Tiempo estimado de ejecución:

- 06 Horas.

Implicancias

- Parada de Bombas D2117, D2127 y D2093

Fuente: Recuperado de NEXA

Figura 3.50 Conexión del tercer Tie In



Fuente: Elaboración propia

De la figura 3.50 se muestra la conexión de la línea existente con la instalada, se puede observar la proyección para realizar el trazo de corte luego se retira el tramo retirando los pernos conectados a la brida y se realiza el corte de la tubería existente luego se suelda la tubería y se ajusta los pernos, en el otro extremo se encuentra una válvula la cual se realizó el bloqueo correspondiente.

3.2 Evaluación técnica

Se realizó el montaje del sistema de vacío, cumpliendo con todas las normas y protocolos de seguridad y calidad.

Figura 3.51 Sistema de vacío



Fuente: Elaboración propia

Al cierre de las tuberías se realizó las pruebas hidrostáticas tanto para la línea de vacío y línea de agua para ello se debe contar con lo siguiente:

- La línea de tubería debe encontrarse montado de acuerdo a los planos aprobados de construcción.
- Verificar la correcta identificación de cada línea correspondiente de acuerdo a la ingeniería.
- Todo equipo o sección de tubería que no deba ser sometido a prueba deberá ser desconectado y/o reemplazado por pieza de tubo o aislado de la zona presurizado mediante una brida ciega.
- Verificar que todos los puntos más altos estén debidamente venteados para evitar la formación de bolsas de aire.
- Asegurar que, al momento de la ejecución de los trabajos en las tuberías, no presente un peligro para el personal durante el período de prueba.
- Antes de iniciar cualquier operación de prueba deben instalarse todos los accesorios y conexiones permanentes a lo largo del tramo de línea que va a probarse.
- Todas las válvulas de línea deben estar en posición abierta.

Para el llenado

- Se instalarán 01 manómetro calibrado, la cual se instalará en la parte más baja de la tubería, en la parte más alta de la línea de tubería se instalará una válvula de venteo.
- La línea de tubería a probar se llenará desde la parte inferior.
- Posterior al llenado de la línea, se procederá abrir la válvula de venteo con la finalidad de desplazar todo el aire contenido en la línea.

- Si durante el proceso de llenado se detectara pérdidas de aguas en las uniones bridadas y roscadas, las mismas serán reparadas y se continuara con el llenado.
- Si durante el proceso de llenado se detectara pérdidas en las uniones soldadas (fugas), se retirará la totalidad del agua y se procederá a la reparación de la soldadura, la unión reparada debe de ser inspeccionada y aprobada, posteriormente se reiniciará el llenado.
- Una vez llenada la línea de tubería y se realice el desplazamiento del aire, se cerrará la válvula de venteo, esto se verificará cuando se detecte un chorro continuo de agua.

Presurización

- La etapa de presurización se realiza posterior al llenado del circuito y se desarrollara con el apoyo de un balde prueba hidrostática.
- El punto de ingreso del agua será por la parte más baja de la línea aprobar hidrostáticamente.
- En conformidad a la norma ASME B31.3, la presión de prueba en cada sistema de tubería no será menor de 1.5 veces la presión de diseño.

Para la prueba de presión se va a considerar lo siguiente:

Para la línea de Vacío

Presión de diseño (P) = Presión de operación * 1.1

Presión de diseño (P) = 7.25 Psi * 1.1 = 7.96 Psi

Presión de prueba (Pp) = presión de diseño * 1.5

Presión de prueba (Pp) = 7.96 * 1.5 = 12 Psi

Para la línea de agua

Presión de diseño (P) = Presión de operación * 1.1

Presión de diseño (P) = 6 Psi * 1.1 = 6.6 Psi

Presión de prueba (Pp) = presión de diseño * 1.5

Presión de Prueba (Pp) = 6.6 psi * 1.5 = 10 psi

- Cuando la línea de tubería este a la presión de prueba, se examinará cuidadosamente la tubería para detectar fugas u otra evidencia de problemas, si los resultados son satisfactorios los resultados se registrará en el protocolo 093.2021.TUB.PRT.10
- La reevaluación de las líneas de tuberías, después de la reparación, se realizará a la presión especificada originalmente para la prueba.
- Filtraciones eventuales en uniones auxiliares (uniones que faciliten la prueba) es objeto a la interrupción de la prueba para el ajuste y reparación.
- Para línea de vapor, se liberará solo con inspección visual.

Tiempo de prueba

Después que el sistema se encuentre presurizado y sin fugas, el tiempo mínimo para la prueba de presión manométrica es de 1 hora (60 minutos) y el tiempo que demore la inspección visual minuciosa en toda la línea.

Figura 3.52 Prueba Hidrostática



Fuente: Elaboración propia

Como mejora se montó plataformas de acceso a las válvulas instaladas con la finalidad de que el personal de mantenimiento pueda tener acceso sin inconveniente al momento de realizar algún trabajo.

Figura 3.53 Accesos hacia los equipos



Fuente: Elaboración propia

IV. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Las inspecciones en campo del sistema de vacío en el proceso de lixiviación de la planta hidrometalurgia se realizaron utilizando la técnica de la observación directa y el análisis documental de los reportes de mantenimiento de las bombas de vacío, a diferencia del trabajo de Cardoza que utilizó la metodología seis sigmas para identificar las variables de mayor impacto que generan la reducción de Zinc.

Los protocolos de seguridad del sistema de vacío en el proceso de lixiviación se determinaron antes de iniciar las actividades siguiendo los lineamientos legales sin embargo el trabajo de Aguilar se enfoca en obtener la mayor recuperación metalúrgico.

Los diseños del sistema de vacío en el proceso de lixiviación para planta hidrometalurgia se realizó con el programa Autodesk sin embargo el trabajo de Samaniego realiza el diseño con el programa AutoCAD.

Las fabricaciones de los componentes del sistema del sistema de vacío en el sistema de lixiviación se utilizaron acero al carbono para soldar se utilizo AWS electrodo E7018 al igual que el trabajo de Samaniego quien utilizo en sus rieles AWS electrodo E7018.

Todo el montaje del proyecto se realizó en campo utilizando tecles para maniobra e izaje con camión grúa en una de sus actividades Samaniego realiza el montaje de sus vigas con puente grúa.

4.2 Conclusiones

- Se realizó el plan de fabricación y montaje para un sistema de vacío en el programa Project, se trabajó de acuerdo a las horas hombres generadas en el programa.
- Se analizó e Inspecciono en campo las especificaciones técnicas del sistema de vacío en el proceso de lixiviación utilizando los planos en pdf entregado por el proveedor NEXA, se verifico en campo las dimensiones y calidad de los materiales.
- Se elaboró los protocolos de seguridad correspondientes a las actividades realizadas para la fabricación y montaje de un sistema de vacío, donde se realizó capacitaciones al personal, correspondientes al área de trabajo evaluando los riesgos críticos de cada actividad del proyecto, asimismo se utilizó formatos como el PETS para el permiso de trabajo seguro, el IPERC continuo que permitió evaluar los peligros y riesgos de las actividades del proyecto y la matriz de EPP para la seguridad de cada trabajador.
- Se diseñó el sistema de vacío una vez realizado la inspección utilizando el programa AutoCAD, donde se detalló las medidas de las tuberías del sistema de vacío, sistema de vapor, sistema de drenaje, sistema de agua de sello y equipos como el bastidor metálico, taques silenciadores, tanques y separadores.
- Se fabricó los componentes del sistema de vacío en función a los planos de diseño realizado, se corroboró que los materiales cumplan con las especificaciones técnicas.
- Se realizó montaje el sistema de vacío y equipos realizando maniobra de izaje y tecles, se creó plataformas de acceso hacia las válvulas para su mantenimiento.
- Se realizó los Tie In, en coordinación con el jefe de guardia. En cada parada de planta se realizó los trabajos de tie in conectando las tuberías montadas con las existentes.

V. RECOMENDACIONES

- Revisar constantemente todas las válvulas instaladas para que la confiabilidad en los equipos sea mayor y mantener la disponibilidad de los equipos.
- Se recomienda colocar plataformas de accesos a todo equipo para facilitar el acceso a los equipos como válvulas, manómetros diferenciales de presión, bridas y obtener un acceso libre ante alguna actividad o parada de emergencia.
- En un futuro trabajo hacer pedido de un plan de mantenimiento periódico al proveedor de la bomba, motor, reductor y equipos de medición para un mayor control de mantenimiento.
- Se recomienda contratar a un prevencionista, para un estricto cuidado con el aseguramiento de la calidad de los equipos para la etapa del comisionamiento y pre comisionamiento.
- Realizar inspecciones de todas las tuberías, estructuras, para garantizar las buenas condiciones del sistema el arranque del equipo.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- CARDOZA RAMOS, Oscar. *Incremento de la recuperación de zinc en el proceso de lixiviación empleando la metodología Seis Sigma en la empresa Nexa Resources Cajamarquilla*. Tesis [Ingeniero Mecánico]. Lima: Universidad Nacional del Callao, 2019. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10897>
- SAMANIEGO CHUQUILLANQUI, Carlos. *Instalación y montaje del tercer filtro de relaves del área 620 – Proyecto Tambomayo – Compañía Minera Buenaventura*. Tesis [Ingeniero Mecánico]. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2018. Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4970/T01_0_19867699_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- SANTIAGO LUCAS, Eduardo. *Recuperación de Au, Ag y Cu de residuos de lixiviación de un concentrado de pbo con ácido acético*. Tesis [Ingeniero de Minas y Metalurgista]. Mexico: Universidad Autónoma de Mexico, 2018. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/15209/Tesis.pdf?sequence=1>
- AGUILAR ALVARADO, Bryan. *Aplicación de pre-aireación en lixiviación con cianuro de sodio en el mineral de interés de la mina Cristhian David, Pasaje-El Oro*. Tesis [Ingeniero de Minas]. Ecuador, 2021. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/10715/1/16262.pdf>
- CAPONE BARRAZA, Marcelo. *Filtro de prensa para relaves*. Tesis [Magister en Gestión y Dirección de Empresas]. Chile 2016. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/142809/Filtros-de-prensa-para-relaves.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ESPIRITU SOTO, Jaime. *Evaluación hidrometalúrgica de la masicotita y la recuperación por cementación en Colpa*. Tesis [Ingeniero Metalurgista]. Perú, 2019. Disponible en: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1963/1/T026_72737174_T.pdf

- CORDOVA HUARICAPCHA, Yelsin. *Evaluación metalúrgica a los minerales auríferos para la obtención del oro en la Compañía Minera Arias S.A.* Tesis [Ingeniero Metalurgista]. Peru, 2019. Disponible en: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1598/1/T026_47323967_T.pdf

Publicaciones Web

- Nexa Resources, octubre 2021, www.nexaresources.com.pe
- INTECSA.S.A., octubre 2021, www.intecsa.pe
- https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4970/T010_19867699_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/15209/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/10715/1/16262.pdf>
- <http://wastewaterplantcn.com/2-2-vacuum-belt-filter.html>
- http://www.diquima.upm.es/old_diquima/Investigacion/proyectos/chevic/catalogo/FILTROS/Tipo4.htm

VII. ANEXOS

Anexo 1. Constancia de Trabajo



CONSTANCIA DE TRABAJO

Yo, JOHAN JOSEPH TUPAYACHI DAVILA, identificado con D.N.I. 42169935, Gerente General de INGENIERIA TECNICA SOCIOS ANONIMOS INDUSTRIAL SAC - INTECSA IND. SAC con RUC 20548674418, en uso de mis facultades.

HACE CONSTAR:

Que el Sr. Morales Canales Luis Carlos con DNI 43317880 sigue laborando con nuestra representada como Planificador de Proyectos desde el 23/09/2019 hasta la fecha.

Durante el tiempo que se encuentra laborando demuestra responsabilidad, honestidad y dedicación en las labores encomendadas.

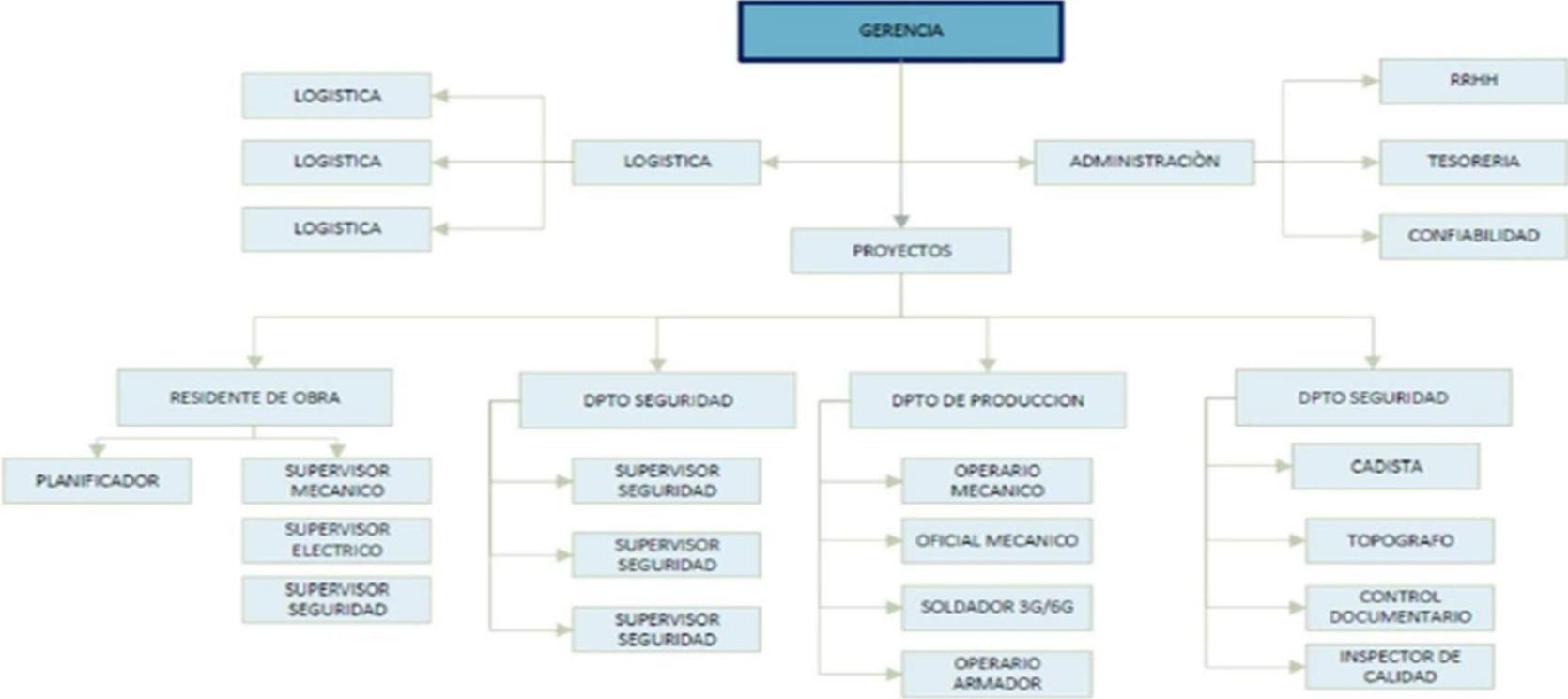
Se expide el presente documento para fines del interesado.

Lima, 17 de Noviembre del 2022.

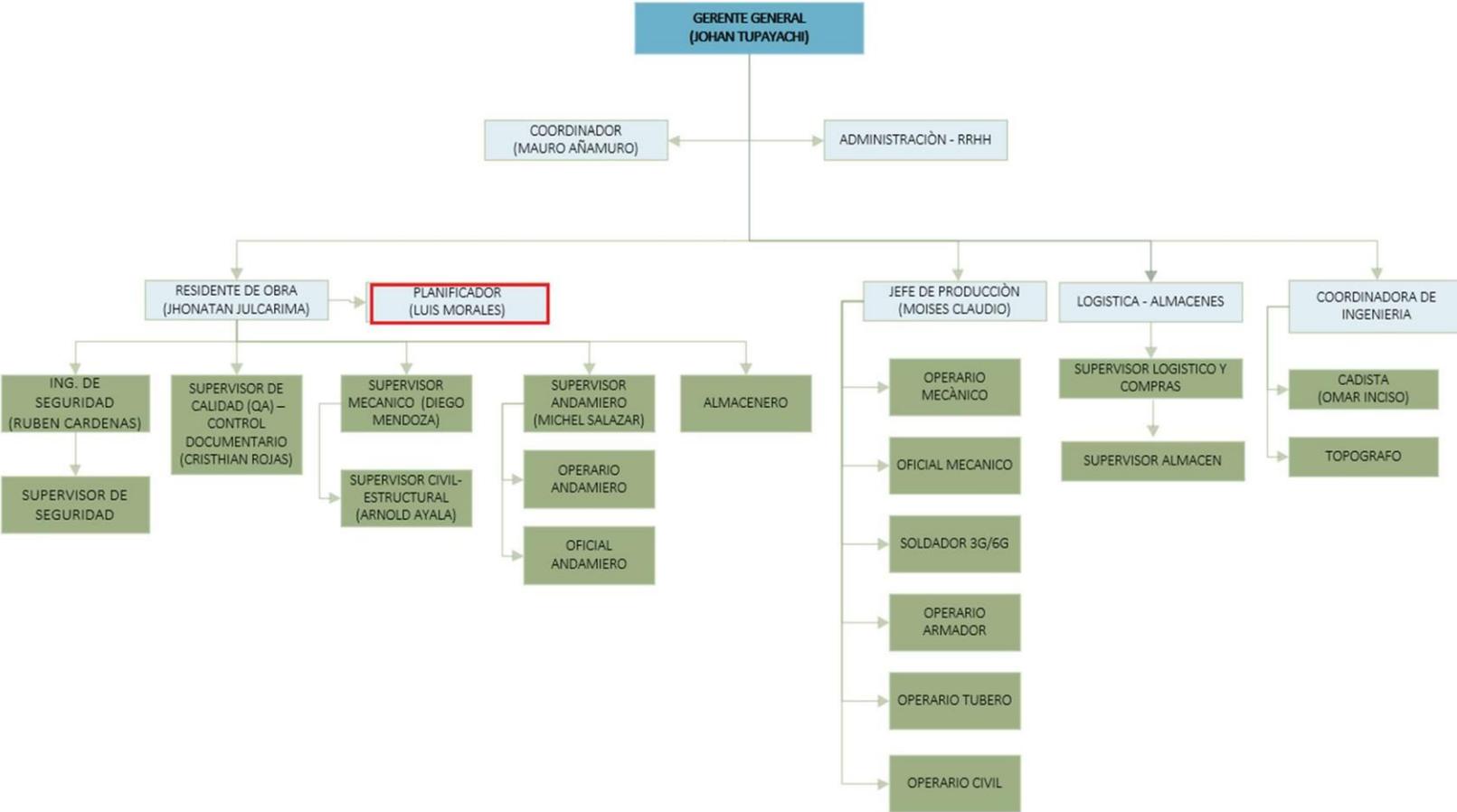

INTECSA IND. S.A.C.
Johan Joseph Tupayachi Davila
Gerente General

CALLE 9 MZ. "L" LTE. "33" URB. ALAMEDA DE ATE II ETAPA
SANTA ANITA
TEL: 01 3710256 - RPM: 9961-2519 - RPC: 991665964
intecs_ind@hotmail.com

Anexo 1. Organigrama General de la empresa INTECSA. IND



Anexo 2. Organigrama del Proyecto – AMPLIACION DEL SISTEMA DE VACIO



Anexo 3. Cronograma de Actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																									
ETAPA	ACTIVIDADES	AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO			
		S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52	S1	S2	S3
ETAPA 1	Inspección en Campo																								
	Inspección de las líneas de tubería.		X	X																					
	Inspección de equipos.			X																					
	Inspección de accesorios.			X																					
ETAPA 2	Protocolos de Seguridad																								
	IPERC (Identificación de peligro y evaluación de riesgo y control)				X																				
	ATS (Análisis de trabajo seguro)				X																				
	PETS (Procedimiento seguro de trabajo)				X																				
ETAPA 3	Diseño del sistema																								
	Planos de fabricación				X	X	X																		
	Planos de Montaje de la bomba de vacío.						X	X	X	X															
	Planos de construcción de las líneas de tubería.									X	X	X	X												
	Diseño y/o calculo y elaboración de planos estructurales				X	X	X																		
ETAPA 4	Fabricación																								
	Fabricación de la base de los componentes								X	X	X														
	Fabricación de los componentes											X	X	X											
	Fabricación de las líneas del sistema de vacío.												X	X	X	X									
ETAPA 5	Montaje																								
	Montaje de la base.																X	X	X						
	Montaje de equipos.																	X	X	X					
	Montaje de las líneas del sistema de vacío.																	X	X	X	X				
ETAPA 6	Tie in																								
	Tie In 01 (conexión con la línea de vacío).																						X		
	Tie In 02 (conexión con la línea de vacío).																						X		
	Tie In 03 (conexión con la línea de agua de sello).																								X

Anexo 4. Cuadro comparativo de Estructura

TABLA MILIMETRICA

Denominación Designation Designazione	Dimensiones Dimensions Dimensioni							Dimensiones de construcción Dimensions for detailing Dimensioni di dettaglio					Superficie Surface Superficie	
	G kg/m	h mm	b mm	L mm	t ₁ mm	t ₂ mm	t ₃ mm	A mm ² x10 ²	d mm	Ø	e _{max} mm	e _{min} mm	A _s m ² /m	A _c m ² /t
UPN 50*	5,59	50	38	5,0	7,0	7,0	3,5	7,12	21	-	-	-	0,232	42,22
UPN 65*	7,09	65	42	5,5	7,5	7,5	4,0	9,03	34	-	-	-	0,273	39,57
UPN 80*	8,64	80	45	6,0	8,0	8,0	4,0	11,0	47	-	-	-	0,312	37,10
UPN 100*	10,6	100	50	6,0	8,5	8,5	4,5	13,5	64	-	-	-	0,372	35,10
UPN 120	13,4	120	55	7,0	9,0	9,0	4,5	17,0	82	-	-	-	0,434	32,52
UPN 140	16,0	140	60	7,0	10,0	10,0	5,0	20,4	98	M 12	33	37	0,489	30,54
UPN 160	18,8	160	65	7,5	10,5	10,5	5,5	24,0	115	M 12	34	42	0,546	28,98
UPN 180	22,0	180	70	8,0	11,0	11,0	5,5	28,0	133	M 16	38	41	0,611	27,80
UPN 200	25,3	200	75	8,5	11,5	11,5	6,0	32,2	151	M 16	39	46	0,661	26,15
UPN 220	29,4	220	80	9,0	12,5	12,5	6,5	37,4	167	M 16	40	51	0,718	24,46
UPN 240	33,2	240	85	9,5	13,0	13,0	6,5	42,3	184	M 20	46	50	0,775	23,34
UPN 260	37,9	260	90	10,0	14,0	14,0	7,0	48,3	200	M 22	50	52	0,834	22,00
UPN 280	41,8	280	95	10,0	15,0	15,0	7,5	53,3	216	M 22	52	57	0,890	21,27
UPN 300	46,2	300	100	10,0	16,0	16,0	8,0	58,8	232	M 24	55	59	0,950	20,58
UPN 320*	59,5	320	100	14,0	17,5	17,5	8,8	75,8	246	M 22	58	62	0,982	16,50
UPN 350	60,6	350	100	14,0	16,0	16,0	8,0	77,3	282	M 22	56	62	1,05	17,25
UPN 380*	63,1	380	102	13,5	16,0	16,0	8,0	80,4	313	M 24	59	60	1,11	17,59
UPN 400*	71,8	400	110	14,0	18,0	18,0	9,0	91,5	324	M 27	61	62	1,18	16,46

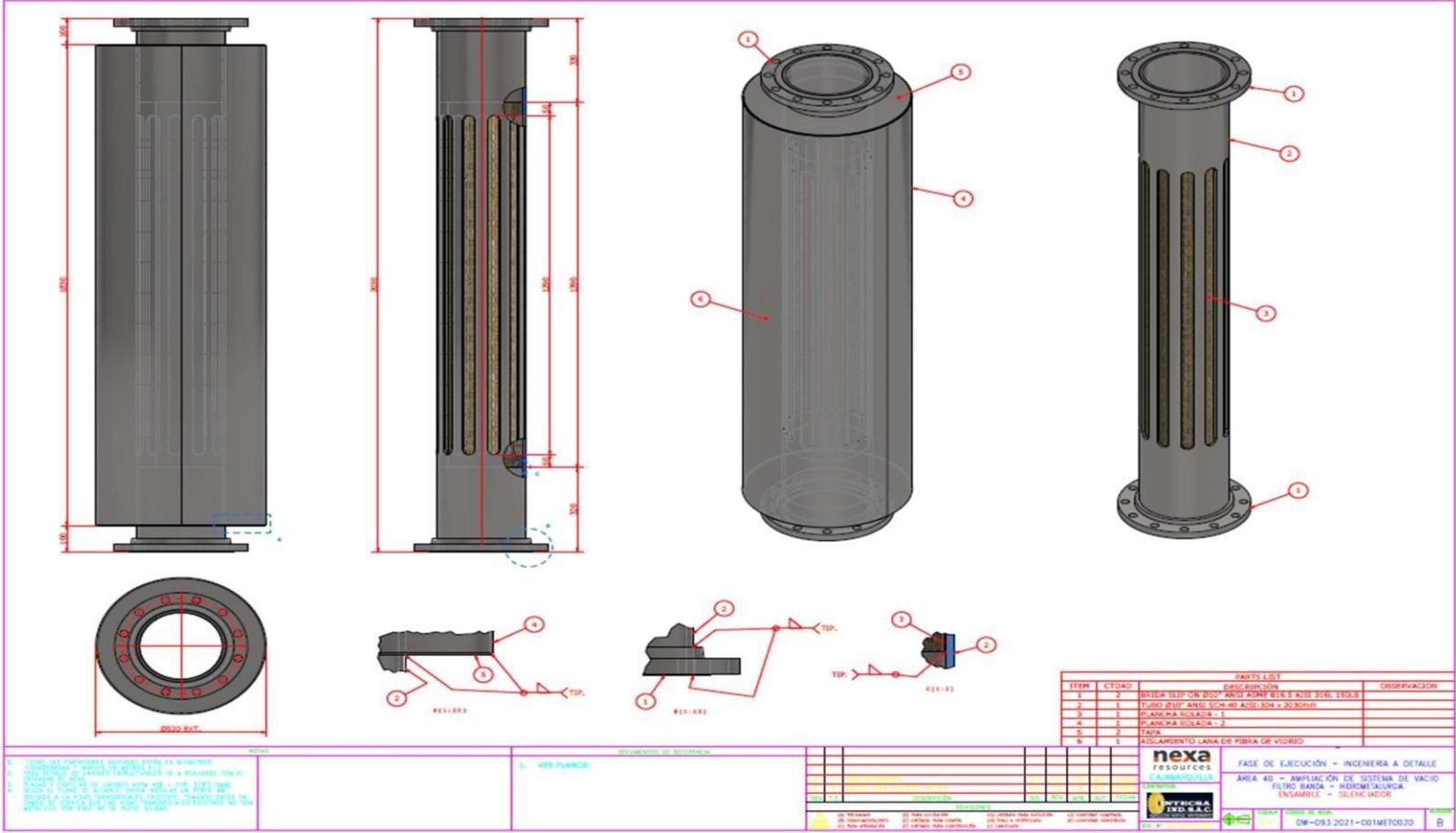
TABLA EN PULGADAS

DIMENSIONES ESTÁNDAR:

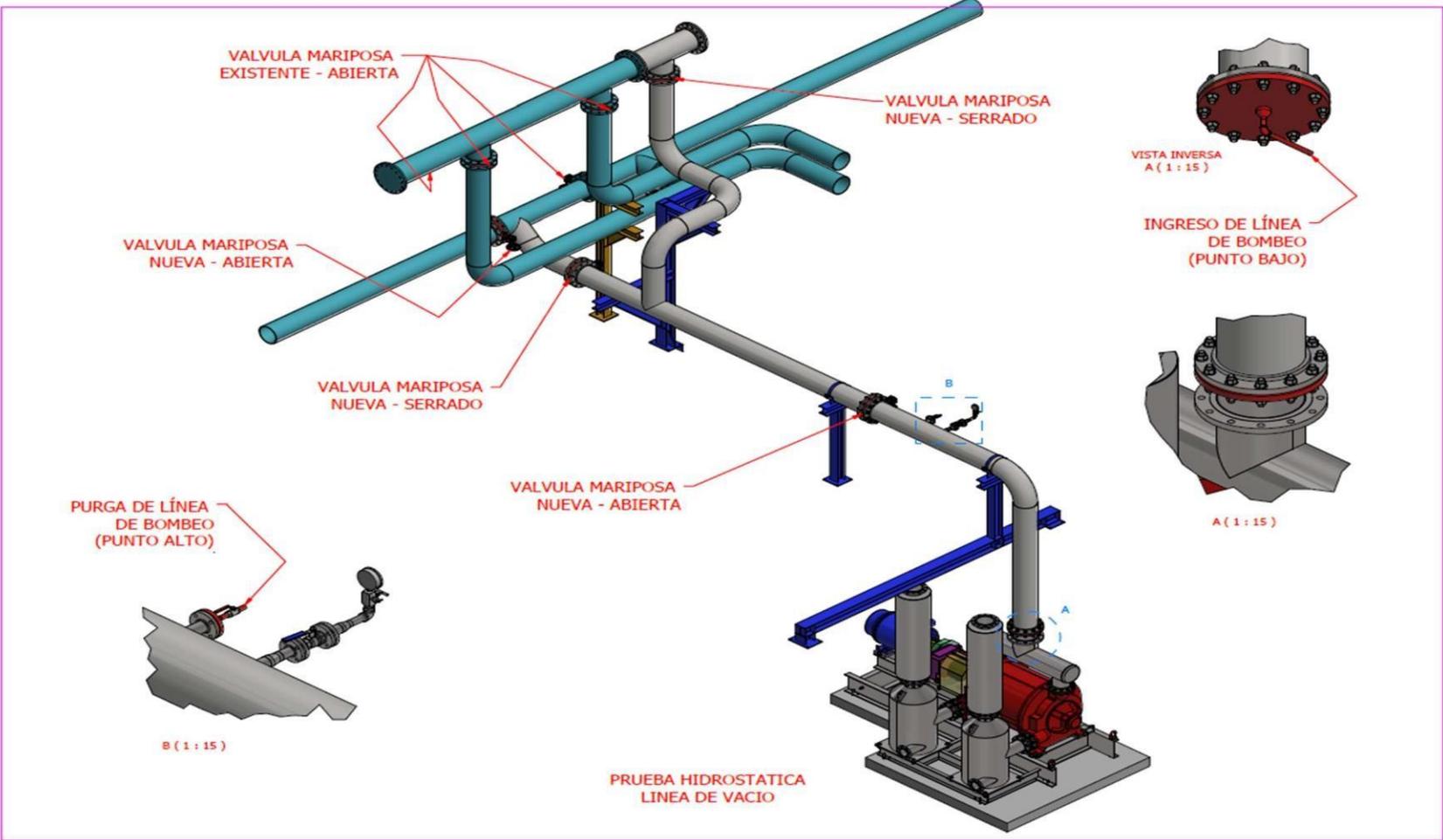
DESIGNACIÓN NOMINAL		ÁREA pulg. ²	BASE ALMA (A) pulg.	ALA (B) pulg.	ESPESOR NOMINAL (mm)	
pulg.	lb/pie				ALA (t _a)	BASE/ALMA (t _b)
7"	9.80	2.87	7.00	2.09	9.30	5.33
7"	12.25	3.60	7.00	2.19	9.30	7.98
7"	14.75	4.33	7.00	2.30	9.30	10.64
8"	11.50	3.38	8.00	2.26	9.91	5.59
8"	13.75	4.04	8.00	2.34	9.91	7.70
8"	18.75	5.51	8.00	2.53	9.91	12.37
9"	13.40	3.94	9.00	2.43	10.49	5.92
9"	15.00	4.41	9.00	2.49	10.49	7.24

DESIGNACIÓN NOMINAL		ÁREA pulg. ²	BASE ALMA (A) pulg.	ALA (B) pulg.	ESPESOR NOMINAL (mm)	
pulg.	lb/pie				ALA (t _a)	BASE/ALMA (t _b)
9"	20.00	5.88	9.00	2.65	10.49	11.38
10"	15.30	4.49	10.00	2.60	11.07	6.10
10"	20.00	5.88	10.00	2.74	11.07	9.63
10"	25.00	7.35	10.00	2.89	11.07	13.36
10"	30.00	8.82	10.00	3.03	11.07	17.09
12"	20.70	6.09	12.00	2.94	12.73	7.16
12"	25.00	7.35	12.00	3.05	12.73	9.83
12"	30.00	8.82	12.00	3.17	12.73	12.95
15"	33.90	9.96	15.00	3.40	16.51	10.16
15"	40.00	11.80	15.00	3.52	16.51	13.21
15"	50.00	14.70	15.00	3.72	16.51	18.19

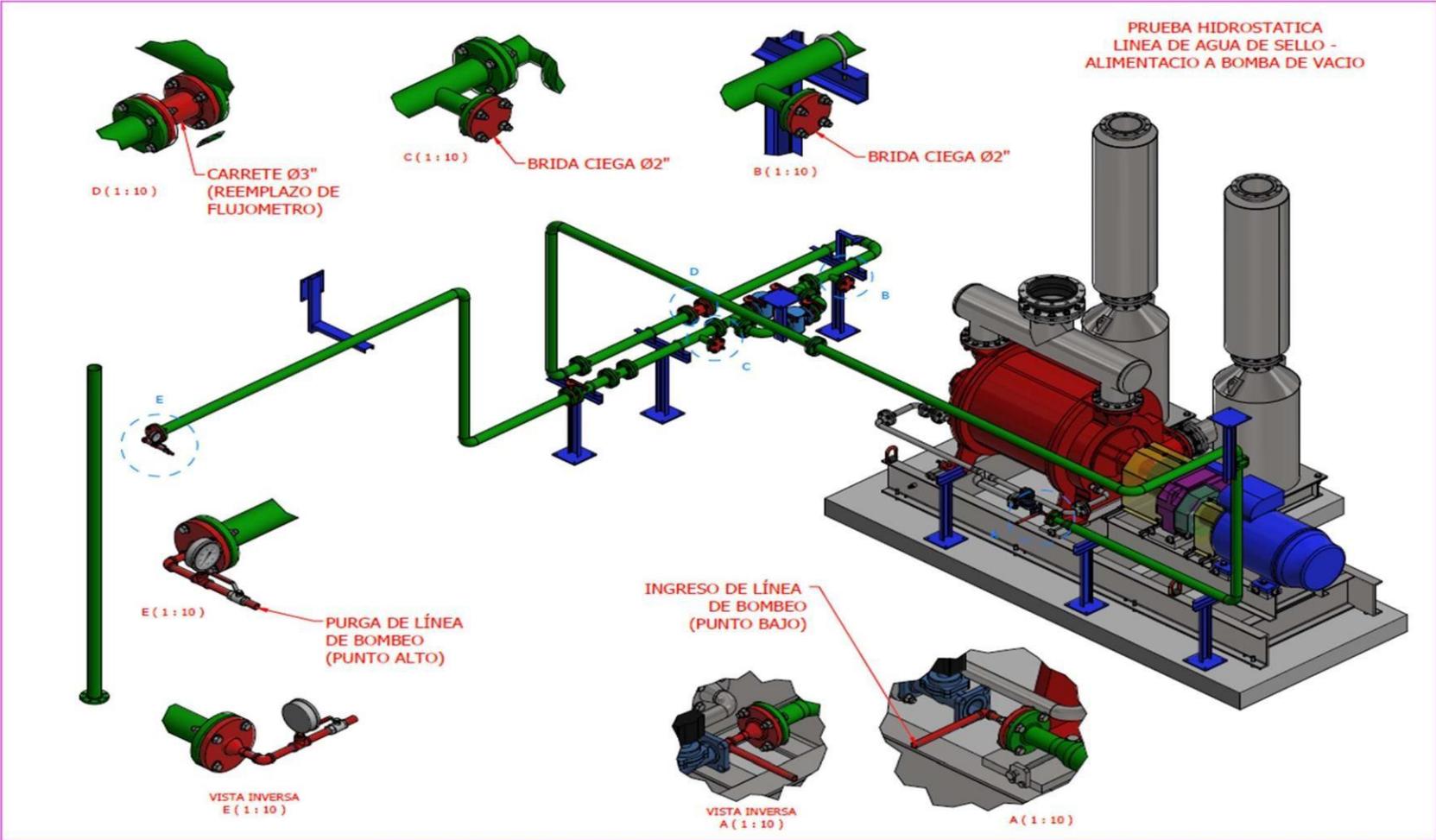
Anexo 5. Plano de fabricación del Silenciador



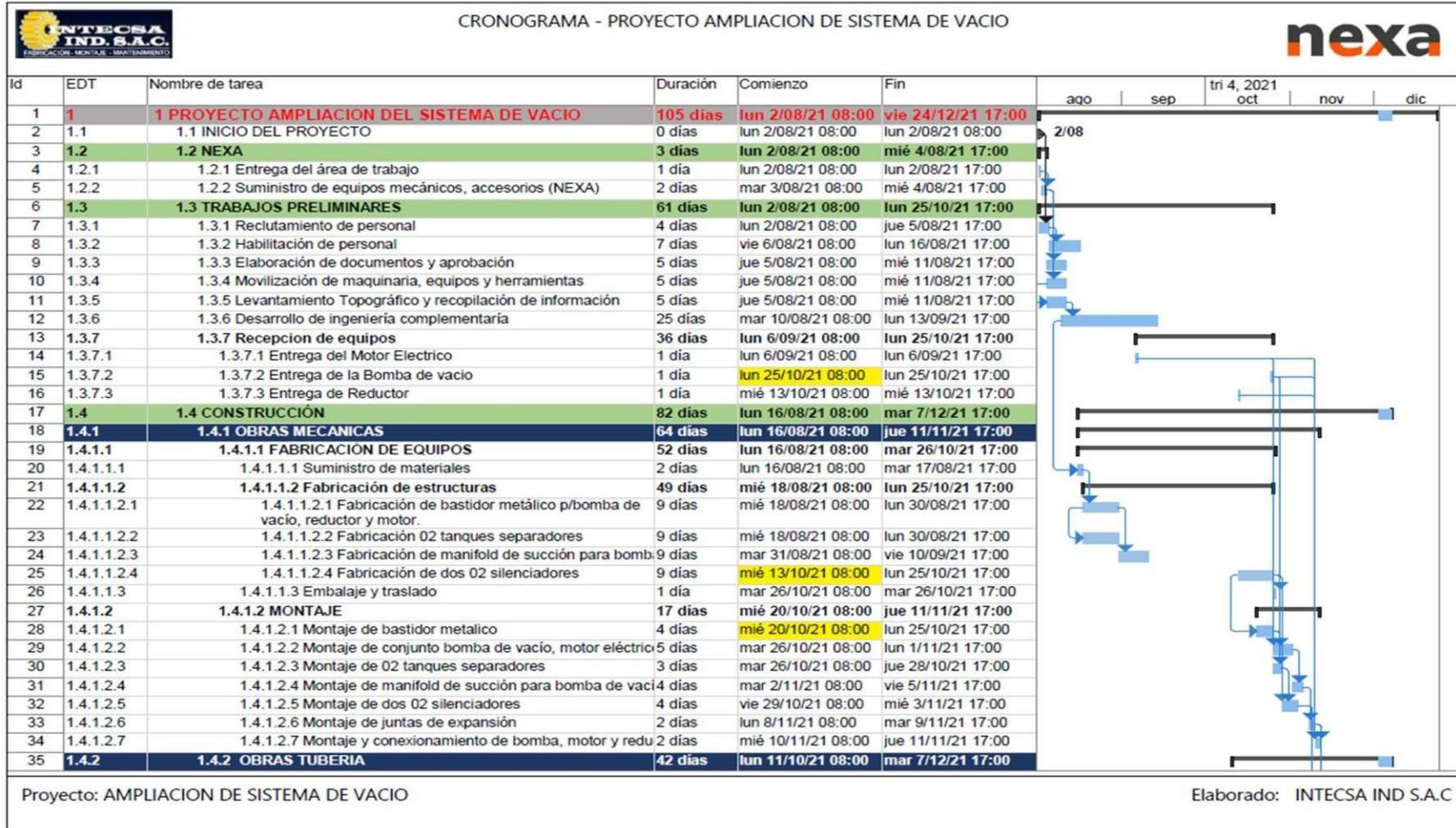
Anexo 6. Prueba Hidrostática en la línea de vacío.



Anexo 6. Prueba Hidrostática en la línea de agua.



Anexo 7. Cronograma del Proyecto.





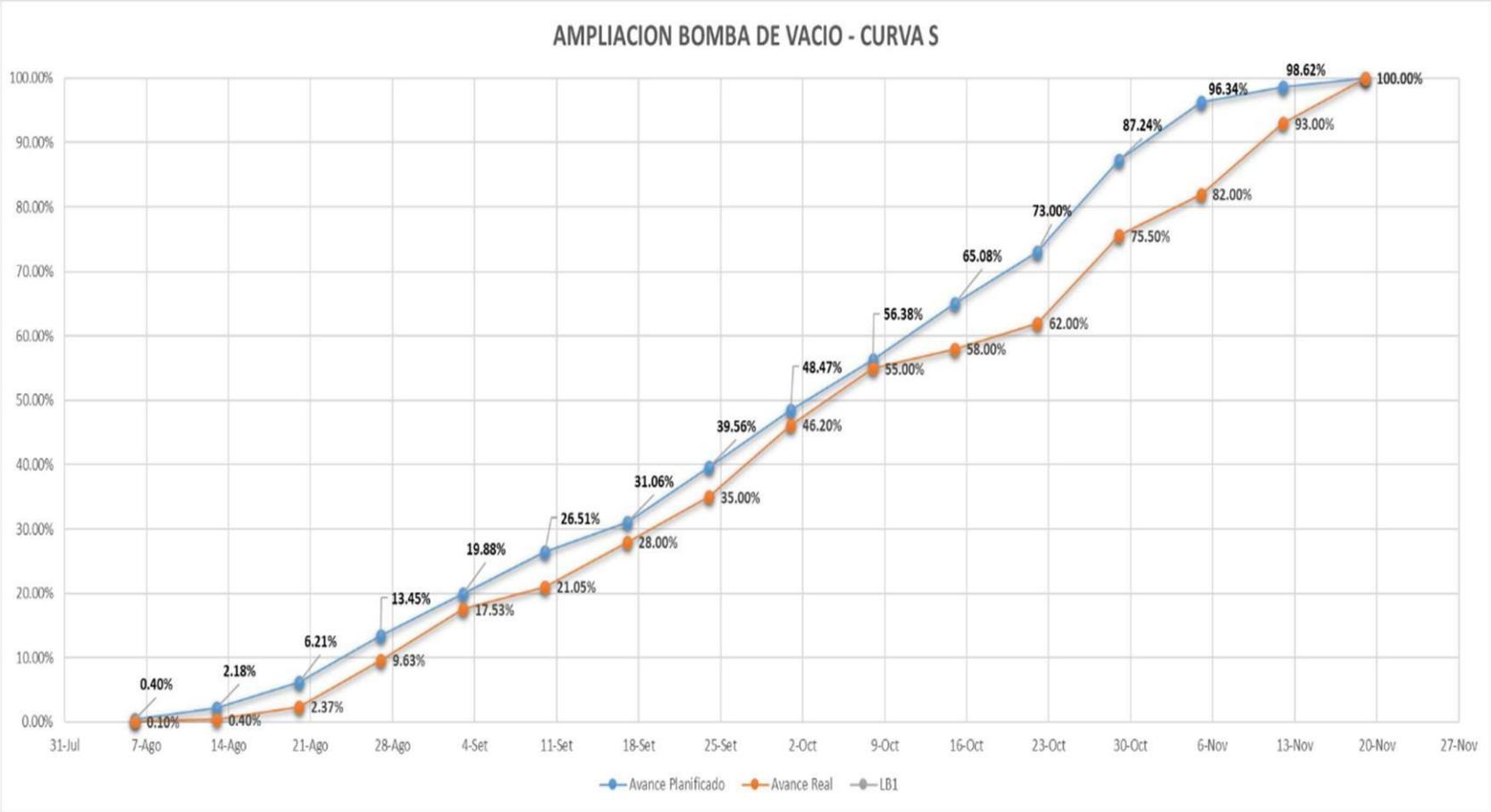
CRONOGRAMA - PROYECTO AMPLIACION DE SISTEMA DE VACIO



Id	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	tri 4, 2021				
						ago	sep	oct	nov	dic
36	1.4.2.1	1.4.2.1 HABILITADO Y FABRICACIÓN DE TUBERÍA	30 días	lun 11/10/21 08:00	vie 19/11/21 17:00					
37	1.4.2.1.1	1.4.2.1.1 Habilitacion de soportes	30 días	lun 11/10/21 08:00	vie 19/11/21 17:00					
38	1.4.2.1.2	1.4.2.1.2 Suministro de materiales, accesorios y traslado a pl	3 días	lun 11/10/21 08:00	mié 13/10/21 17:00					
39	1.4.2.1.3	1.4.2.1.3 Habilitado y armado de tubería, con accesorios y conexios.	15 días	lun 11/10/21 08:00	vie 29/10/21 17:00					
40	1.4.2.1.3.1	1.4.2.1.3.1 habilitacion linea de vacio	10 días	lun 11/10/21 08:00	vie 22/10/21 17:00					
41	1.4.2.1.3.2	1.4.2.1.3.2 habilitacion linea de agua de sello	5 días	jue 14/10/21 08:00	mié 20/10/21 17:00					
42	1.4.2.1.3.3	1.4.2.1.3.3 habilitacion de vapor	7 días	jue 21/10/21 08:00	vie 29/10/21 17:00					
43	1.4.2.1.3.4	1.4.2.1.3.4 habilitacion de descarga	7 días	jue 21/10/21 08:00	vie 29/10/21 17:00					
44	1.4.2.1.4	1.4.2.1.4 Embalaje y traslado	2 días	lun 1/11/21 08:00	mar 2/11/21 17:00					
45	1.4.2.2	1.4.2.2 MONTAJE	27 días	lun 1/11/21 08:00	mar 7/12/21 17:00					
46	1.4.2.2.1	1.4.2.2.1 Montaje de línea de vacio	18 días	mié 10/11/21 08:00	vie 3/12/21 17:00					
47	1.4.2.2.2	1.4.2.2.2 Montaje de línea de vapor	6 días	lun 1/11/21 08:00	lun 8/11/21 17:00					
48	1.4.2.2.3	1.4.2.2.3 Conexión de la linea de vapor con el silenciador	8 días	mar 9/11/21 08:00	jue 18/11/21 17:00					
49	1.4.2.2.4	1.4.2.2.4 Montaje de línea de agua de sello – alimentación a bomba de vacio.	8 días	vie 19/11/21 08:00	mar 30/11/21 17:00					
50	1.4.2.2.5	1.4.2.2.5 Montaje de línea de agua de sello – descarga de bomba de vacio.	4 días	mié 1/12/21 08:00	lun 6/12/21 17:00					
51	1.4.2.2.6	1.4.2.2.6 Montaje de soportes de tuberías y plataformas de accesos a válvulas.	5 días	mié 1/12/21 08:00	mar 7/12/21 17:00					
52	1.4.2.3	1.4.2.3 Comisionamiento	3 días	vie 3/12/21 08:00	mar 7/12/21 17:00					
53	1.5	1.5 CIERRE DE PROYECTO- PUESTA EN MARCHA	16 días	vie 3/12/21 08:00	vie 24/12/21 17:00					
54	1.5.1	1.5.1 Puesta en Marcha	1 día	mié 8/12/21 08:00	mié 8/12/21 17:00					
55	1.5.2	1.5.2 Cierre del proyecto (Punch List)	7 días	vie 3/12/21 08:00	lun 13/12/21 17:00					
56	1.5.3	1.5.3 Desmovilización	7 días	mar 14/12/21 08:00	vie 24/12/21 17:00					
57	1.6	1.6 FIN DEL PROYECTO	0 días	vie 24/12/21 17:00	vie 24/12/21 17:00					

Elaborado: INTECSA IND.S.A.C

Anexo 7. Curva S.



Anexo 7. Pruebas de tinta

nexa		NEXA RESOURCES S.A.		INTECSA IND. S.A.C. <small>INDUSTRIAL - MECANICA</small>	
		REGISTRO FOTOGRAFICO ENSAYO POR LIQUIDOS PENETRANTES			
Área:	Calidad	PROYECTO: AMPLIACION SISTEMA DE VACIO FILTRO BANDA		Rev.:	0
Código:	INT-QA-PRT-009			Fecha:	08/04/2022

1. ESQUEMA DE INSPECCION / REGISTRO FOTOGRAFICO

		
J1 - PENETRANTE	J1 - REVELADOR	J2 - PENETRANTE
		
J12 - REVELADOR	J3 - PENETRANTE	J3 - REVELADOR
		
J4 - PENETRANTE	J4 - REVELADOR	J5 - PENETRANTE
		
J5 - REVELADOR	J6 - PENETRANTE	J6 - REVELADOR



INTECSA IND. S.A.C. (PRODUCCIÓN)	INTECSA IND. S.A.C. (CALIDAD OC)	BISA (SUPERVISIÓN)
 JHONATAN JOSE JULCARIMA BONIFACIO INGENIERO MECANICO Reg. CIP. N° 228999	 INTECSA IND. S.A.C. ING. CRISTHIAN ROJAS RAMIREZ Supervisor Calidad	