

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



**“INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE LA PLANTA DESALADORA  
PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DE AGUA EN LA  
MINERA SHP - MARCONA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA**

**AUTOR: JOHN HARONLD PATIÑO VALVERDE**

**ASESOR: Mg. CARLOS ALFREDO BAILON BUSTAMANTE**

Callao, 2022

PERÚ



## Document Information

---

Analyzed document	INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL_ JOHN HARONLD PATIÑO VALVERDE. (1).docx (D182523647)
Submitted	2023-12-21 20:32:00 UTC+01:00
Submitted by	
Submitter email	investigacion.fime@unac.pe
Similarity	7%
Analysis address	investigacion.fime.unac@analysis.orkund.com

## Sources included in the report

---

<b>SA</b>	<b>163078_TFGAlex_Atienza_Albiac.pdf</b> Document 163078_TFGAlex_Atienza_Albiac.pdf (D112505639)	  1
<b>SA</b>	<b>T1_Tesis 2_Eyzaguirre Morales Felix Abel.docx</b> Document T1_Tesis 2_Eyzaguirre Morales Felix Abel.docx (D144520609)	  1
<b>W</b>	URL: <a href="https://energiminas.com/planta-desalinizadora-de-cerro-lindo-distinguida-con-premio-nacional-cultura-del-agua-2018-de-la-ana">https://energiminas.com/planta-desalinizadora-de-cerro-lindo-distinguida-con-premio-nacional-cultura-del-agua-2018-de-la-ana</a> . Fetched: 2023-12-21 20:33:00	  5
<b>W</b>	URL: <a href="https://es.wikipedia.org/wiki/Planta_termoel%C3%A9ctrica_de_Chilca_-_Fenix_Power">https://es.wikipedia.org/wiki/Planta_termoel%C3%A9ctrica_de_Chilca_-_Fenix_Power</a> Fetched: 2023 12-21 20:33:00	  3
<b>SA</b>	<b>GonzálezGonzález_MontesinosOlm_TorresAñazco_OsmosisInversa.pdf</b> Document GonzálezGonzález_MontesinosOlm_TorresAñazco_OsmosisInversa.pdf (D108433613)	  3
<b>W</b>	URL: <a href="https://condorchem.com/es/blog/la-osmosis-inversa-y-sus-diferentes-aplicaciones/">https://condorchem.com/es/blog/la-osmosis-inversa-y-sus-diferentes-aplicaciones/</a> Fetched: 2023 12-21 20:33:00	  6
<b>SA</b>	<b>iparraguirre_vs_.pdf</b> Document iparraguirre_vs_.pdf (D30526064)	  2
<b>SA</b>	<b>TESIS_YHONY POMA QUISPE.docx</b> Document TESIS_YHONY POMA QUISPE.docx (D110182325)	  4

## Entire Document

---

**ACTA N° 122 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. 170 ACTA N° 122 DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA  
PROFESIONAL PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA**

A los 27 días del mes de noviembre, del año 2022, siendo las 10:55 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 EN ENERGÍA de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

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

Se dio inicio al acto de exposición del informe de trabajo de suficiencia profesional del **Bachiller PATIÑO VALVERDE, JOHN HARONLD**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero en Energía, sustenta el informe titulado **"INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE LA PLANTA DESALADORA PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DE AGUA EN LA MINERA SHP - MARCONA"**, 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 11:38 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



**Mg. CARLOS ALFREDO BAILON BUSTAMANTE**  
Asesor

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

**INFORME N° 008-2023-JEXP-TSP**

Visto, el informe final del **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL** titulado “**INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE LA PLANTA DESALADORA PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DE AGUA EN LA MINERA SHP - MARCONA**” presentado por el Bachiller en Ingeniería en Energía, **PATIÑO VALVERDE, JOHN HARONLD**.

**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 10:55 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**

El presente informe está dedicado a:

A nuestro Dios padre, por bendecir mi hogar cada día con amor, paz y salud.

A mi esposa Carolina e hijo Piero, quienes son el motor y la razón de seguir adelante y los que me acompañan en los diferentes matices de la vida.

A mis padres, Alfredo Patiño y María Valverde por el gran esfuerzo, apoyo, amor y cariño que siempre me brindan en cada etapa de mi vida.

A mis Abuelos Moisés Valverde y Constantina Sotomayor, por el gran amor y por siempre motivarme a ser mejor cada día.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi profundo agradecimiento a la Escuela de Profesional de Ingeniería en Energía, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, de la Universidad Nacional del Callao, a mis docentes por brindarme los conocimientos que son base en mi formación profesional.

Un agradecimiento fraterno a mi Asesor el Mg. Carlos Alfredo Bayllon Bustamante, quien brindó su conocimiento, orientación y detalle, los cuales fueron guía importante en el proceso de este informe.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTOS .....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS .....	2
ÍNDICE DE TABLAS .....	4
ÍNDICE DE ANEXOS.....	5
INTRODUCCION.....	6
I. ASPECTOS GENERALES .....	8
1.1. Objetivos .....	8
1.1.1.  Objetivo General.....	8
1.1.2.  Objetivos Específicos.....	8
1.2. Organización de la Empresa o Institución.....	9
1.2.1.  Prestación de la Empresa .....	9
1.2.2.  Principales productos y/o servicios.....	11
1.2.3.  Plan estratégico (Visión, misión y objetivos) .....	11
1.2.4.  Estructura organizacional.....	11
1.2.5.  Mapeo de Proceso .....	13
1.2.6.  Cargo, funciones y responsabilidades.....	13
II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL .....	16
2.1. Marco teórico .....	16
2.1.1.  Antecedentes .....	16
2.1.2.  Base teórica .....	19
2.1.3.  Normativas .....	56
2.2. Descripción de las actividades desarrolladas.....	57
2.2.1.  Lugar de ejecución del proyecto .....	57
2.2.2.  Planificación de las actividades.....	57
2.2.3.  Diagrama de flujo o diagrama de operaciones.....	58
2.2.4.  Cronograma de actividades.....	59
III. APORTES REALIZADOS.....	61
3.1. Desarrollo de las actividades programadas .....	61
IV. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES .....	80
4.1. Discusiones .....	80
4.2. Conclusiones.....	81
V. RECOMENDACIONES .....	82
VI. BIBLIOGRAFÍA .....	83
ANEXO .....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.	Ubicación de las instalaciones del proyecto. (1).....	10
Figura 2.2.	Límites de batería del Proyecto (2) .....	10
Figura 2.3.	Organigrama general de la empresa proyecto desaladora (3).....	12
Figura 2.4.	Mapeo del Proceso de Funciones (4) .....	13
Figura 2.5.	Bomba Vertical - captación (12).....	25
Figura 2.6.	Sistema de dosificación (12).....	26
Figura 2.7.	Equipo Filtro autolimpiante (12).....	26
Figura 2.8.	Equipo Filtro multimedia de Arena (12) .....	29
Figura 2.9.	Equipo de ultrafiltración - UF (12).....	31
Figura 2.10.	Equipo Filtro autolimpiante RO (12).....	33
Figura 2.11.	Equipo de Osmosis inversa RO (12).....	34
Figura 2.12.	Elementos típicos de una membrana de OI (13).....	35
Figura 2.13.	Equipo de sistema de dosificador #01 (12).....	38
Figura 2.14.	Equipo de sistema de dosificador #02 (12).....	39
Figura 2.15.	Equipo de Sistema de Limpieza CIP (12).....	41
Figura 2.16.	Sistema de Agentes quimicos (12).....	43
Figura 2.17.	Diagrama de bloque alimentación E-House 1910-ER-100 (2).....	51
Figura 2.18.	Diagrama de bloque alimentación E-House 1920-ER-100 (2).....	52
Figura 2.19.	Diagrama de bloque alimentación E-House 1920-ER-100A (2).....	53
Figura 2.20.	Diagrama de bloque alimentación E-House 1920-ER-100B (2).....	54
Figura 2.21.	Diagrama de Flujo - Proyecto “Planta desaladora” (15) .....	59
Figura 2.22.	Cronograma de actividades - Proyecto “Instalación de equipos Para incrementar la Producción en la minera SHP” (16).....	60
Figura 3.1.	Inspección de Obras civil y de estructura en zona Captación (17).....	61
Figura 3.2.	Verificación de punto de niveles en la planta desaladora (17) .....	62
Figura 3.3.	Recepción de Equipos, descarga y apertura de Cajas (17).....	63
Figura 3.4.	Montaje de Sala eléctrica EHOUSE 1910-ER-100 (17) .....	64
Figura 3.5.	Montaje y ensamble de bomba verticales zona Captación (17).....	64
Figura 3.6.	Montaje de equipo dosificador en zona captación (17) .....	64
Figura 3.7.	Montaje de equipo Filtro autolimpiante en zona captación (17).....	65
Figura 3.8.	Montaje de Sala Eléctrica E- HOUSE 1920-ER-100/100A./100B (17) ...	65
Figura 3.9.	Montaje de Bombas de la Planta de Desaladora (17).....	65
Figura 3.10.	Montaje de filtro Multimedia de arena SF (17).....	66
Figura 3.11.	Montaje de equipos Soplador de aire SF (17) .....	66
Figura 3.12.	Montaje de Equipos de Ultrafiltración UF (17).....	66
Figura 3.13.	Montaje de Filtro autolimpiante Cartucho RO (17).....	67
Figura 3.14.	Montaje de Equipos de Osmosis de Inversa RO (17).....	67
Figura 3.15.	Montaje de Equipos de Aire de Proceso e Instrumentación (17) .....	67
Figura 3.16.	Montaje de Equipos de dosificación (17).....	68
Figura 3.17.	Montaje de Equipo de limpieza CIP (17).....	68

Figura 3.18.	Montaje de Equipo de agentes Químicos (17).....	68
Figura 3.19.	Tendido de bandeja y cable en planta de tratamiento (17).....	69
Figura 3.20.	Tendido de bandeja y cable en zona de captación (17).....	69
Figura 3.21.	Acometida de Fuerza y Control de Bomba vertical (17).....	69
Figura 3.22.	Acometida de Fuerza y Control en Planta de tratamiento (17).....	70
Figura 3.23.	Conexion de Equipo Shelter - Sala Eléctrica planta desaladora (17).....	70
Figura 3.24.	Aterramiento de equipos y estructuras en planta desaladora. (17).....	70
Figura 3.25.	Recepción de tuberías PFRV, PE e inox. Acero reforzado (17).....	72
Figura 3.26.	Montaje de tubería de acero con revestimiento de PE interior (17).....	72
Figura 3.27.	Montaje de línea de tubería PE Captación (17).....	73
Figura 3.28.	Montaje de estructura y líneas de tuberías de PFRV de ingreso y salida de los equipos de la planta desalinizadora (17).....	73
Figura 3.29.	Montaje de Línea tuberías de inox 316L de Aire (17).....	73
Figura 3.30.	Montaje de línea tuberías de PVC y PE de agentes (17).....	74
Figura 3.31.	Montaje de Línea de tuberías de Acero revestido interiormente con PE, Succión y Descarga de bombas (17).....	74
Figura 3.32.	Montaje de Línea de tubería PE, agua de rechazo salmuera (17).....	74
Figura 3.33.	Montaje de Línea de tubería PE, agua producida (17).....	75
Figura 3.34.	Pruebas de Hipot en cables y de MT de Sala eléctrica (17).....	77
Figura 3.35.	Energizado de sala Eléctrica E-HOUSE 1920-100/100A/100B (17).....	77
Figura 3.36.	Funcionamiento al 100% de la Planta y entrega del Proyecto (17).....	78
Figura 3.37.	Equipo de Trabajo CCCC DEL PERU SAC Planta desaladora (17).....	78
Figura 3.38.	Vista aérea - Construcción de la nueva Planta desaladora (17).....	78
Figura 3.39.	Diagrama de Proceso de funcionamiento de la planta desaladora (2).....	79

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.	Cuadro de Parámetros de Calidad de Agua de mar (2).....	20
Tabla 2.2.	Cuadro de Parámetros de Calidad de Agua Producida (2).....	21
Tabla 2.3.	Cuadro de Parámetros de Calidad de Agua de rechazo (2).....	22
Tabla 2.4.	Componentes para mezcla para unión de PFRV (14).....	46
Tabla 2.5.	Condiciones de servicio del Sistema (2).....	50
Tabla 2.6.	Tabla de descripción de equipo EHOUSE 1910-ER-100 (2).....	51
Tabla 2.7.	Tabla de Celdas MT en sala eléctrica E-house 1920-ER-100 (2).....	52
Tabla 2.8.	Tabla de Celdas MT en sala eléctrica E-house 1920-ER-100 (2).....	53
Tabla 2.9.	Tabla de Celdas MT en sala eléctrica E-house 1920-ER-100B (2) .....	54

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 01.	Constancia o certificado de trabajo.....	85
Anexo 02.	Diagrama de flujo de proceso de la planta de tratamiento de agua.....	86

## INTRODUCCION

Señores lectores, dejamos a vuestra consideración el informe final del Trabajo de Suficiencia: "INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE LA PLANTA DESALADORA PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DE AGUA EN LA MINERA SHP - MARCONA"

Desde la antigüedad, los filósofos Tales de Mileto y Demócrito, argumentaban que el agua dulce se obtenía por filtración del agua de mar a través de la tierra., siendo Aristóteles el que fabricó el primer equipo desalinizador por sistema de evaporación y condensación, la cual era conocido para facilitar bebida a los marinos griegos en sus travesías. En el siglo XVI.

La primera planta desalinizadora industrial se creó en Chile en el año 1872, por destilación solar, luego, en 1965 en Coalinga, California, se construye la primera planta piloto de desalinización basada en el proceso de la ósmosis inversa con capacidad para producir 19 m<sup>3</sup> / día de agua potable. Dando inicio así, a la construcción de Plantas desaladoras a nivel mundial, como en los Emiratos Árabes Unidos, Argelia, España, Australia y Chile, etc. quienes han desarrollado mejoras en la implementación de plantas desalinizadoras, pudiendo paliar de manera rápida la gran necesidad de escasez de agua en sus países.

En Perú, Actualmente existen ocho plantas desaladoras de agua, de las cuales solo una está destinada exclusivamente para el consumo humano (Santa María del Mar) y las restantes pertenecen al rubro de minería, riego y la producción de Concentrado. La primera planta de desalinización de agua de mar, por sistema de Osmosis inversa para consumo industrial, fue construida en el 2007, por la Compañía Minera Milpo S.A.A. (Ahora Nexa Resources Perú S.A.A.), ubicado en el distrito de Chavín (Chincha, Ica). Con una capacidad de 7776 m<sup>3</sup>/día

LA MINERA SHOUGAN HIERRO PERU, Ubicado en San Nicolás, en San Juan de Marcona (Ica), quien se ve con la necesidad de incrementar su producción de agua, y así satisfacer las nuevas necesidades de producción, para lo cual ha evaluado contar con la construcción de **LA NUEVA PLANTA DESALINIZADORA POR SISTEMA DE ÓSMOSIS INVERSA** con la capacidad de producción de 20,000m<sup>3</sup>/día. ya que la zona actual donde se ubica la Minera SHOUGAN HIERRO PERU, es una zona carente de agua (libre de sales), las cuales consumen sus equipos Propios, pero también es una zona rodeada de agua de mar extensa, con un clima seco y templado, con variación de temperatura en

verano es 19°C - 27°C, y la de invierno, 16°C - 21°C, la humedad relativa en invierno es de 73.5%, en el mes más caluroso de verano, su humedad relativa es de 70%; el clima húmedo en la minera la velocidad del viento varía entre 17-80 kilómetros, siendo la dirección dominante del viento de recorrido lado sureste.

Partiendo de esta premisa, la finalidad de este informe de trabajo de suficiencia profesional ha sido demostrar empíricamente, con fundamento teórico mediante la investigación tecnológica la solución del problema.

El informe de suficiencia profesional consta de los siguientes partes:

- **En la primera parte**, Se pone en contexto la situación bajo la cual se dirige el desarrollo del informe, identificando y describiendo nuestros objetivos generales, específicos y la participación de nuestra organización como responsable.
- **En la segunda parte**, desarrollaremos la descripción del marco teórico, donde se definen los conceptos de la base teórica de los equipos y la planificación del Proceso del trabajo realizado.
- **En la tercera parte**, se describirá y evidenciará los aportes realizados de acuerdo al proceso de la etapa constructiva.
- **En la cuarta parte**, puntualizaremos las discusiones y conclusiones de los aportes realizados en respuesta a los objetivos definidos en la primera parte.
- **En la quinta parte**, finalizaremos con las recomendaciones y referencias bibliográficas y los anexos que evidencian el éxito de los aportes realizados.

Con este trabajo profesional se logra instalar la planta desaladora que asegurará la satisfacción de producción de agua requerido por la minera Shougang Hierro Perú para incrementar la producción de Concentrado.

El montaje de equipos de la nueva planta desaladora garantiza cubrir y satisfacer la necesidad de mejorar la capacidad de Producción del Mineral concentrado mediante el incremento de la producción de agua en la empresa minera SHOUGAN HIERRO PERU.

## **I. ASPECTOS GENERALES**

### **1.1. Objetivos**

#### **1.1.1. Objetivo General**

Asegurar la capacidad de Suministro de agua de la nueva planta de Producción de Concentrado de la Minera Shougang Hierro Perú, mediante la instalación y funcionamiento de equipos de la planta desaladora de tratamiento de agua de mar por osmosis Inversa.

#### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- Revisar e inspeccionar que los trabajos de obras Civiles y de Estructuras, se hayan realizado de acuerdo a los planos de diseño, de manera que garantice la calidad durante el montaje de equipos de la planta desaladora de tratamiento de agua de mar.
- Garantizar el adecuado montaje de Equipos Mecánicos y Eléctricos que conforman el sistema de la planta desaladora de tratamiento de agua de mar, la cual deberán cumplir con las especificaciones técnicas y Planos de diseño entregados por el cliente.
- Garantizar el adecuado montaje de las líneas de Tubería que conexianan y transportar el flujo de agua entre los equipos del sistema de la planta desaladora, la cual deberán cumplir con las especificaciones técnicas y Planos de diseño entregados por el cliente.
- Garantizar el Funcionamiento de los equipos y líneas de tubería que conforman la planta Desaladora de tratamiento de agua de mar, para la obtención de Agua Producida Desmineralizada solicitado por el cliente.

## **1.2. Organización de la Empresa o Institución**

### **1.2.1. Prestación de la Empresa.**

- **Reseña Histórica:**

En octubre de 2013, se crea la Sucursal “CCCC DEL PERU SAC” de Sociedad anónima cerrada de la empresa proveniente del país de China “CCCC” (**China Communications construction company**), con el fin de ofrecer a la industria peruana Soluciones integrales de ingeniería, extracción, importación, exportación y Construcción de obras. En sus inicios, la organización estableció como su base de operaciones la ciudad de Lima, ubicando sus oficinas principales en la Av. José Pardo Nro. 434 Int. 1401 urb. Surquillo del distrito de Miraflores, siendo a la fecha la situación actual de esta empresa dentro del mercado peruano Activo.

Posteriormente tras ganar la licitación del Proyecto de Ampliación de la nueva planta de minerales y la construcción de la nueva planta de desalinización de agua de mar, de la empresa SHOUGAN HIERRO PERU SAA, apertura una Sede (establecimiento anexo) en la ciudad de San Juan de Marcona, con dirección, Víctor Raúl Haya de la Torre lote. 2 Mz. C del Departamento de Ica y Provincia de Nazca. Con el fin de atender las necesidades de su cliente en mención.

- **Razón Social:**

CCCC DEL PERU SAC, es una empresa inscrita en las bases del estado con RUC: 20554399585, inscrito el 06/09/2013, bajo la sociedad de anónimo cerrada CII 4100, con dirección Av. José Pardo Nro. 434 Int. 1401 urb. Surquillo (oficina Piso 17) del distrito de Miraflores, Provincia de Lima y departamento de Lima, siendo Apto para contratar como Proveedor de estado.

- **Ubicación del Proyecto.**

El proyecto se encuentra ubicado en el sector de la actual Poza Slurry 1 del área de San Nicolás, en San Juan de Marcona, en la provincia de

Nazca en el departamento de Ica; específicamente se encuentra ubicado dentro de la Minera SHOUGAN HIERRO PERU (SHP) a 15 KM aprox. del centro de la ciudad de San Juan de Marcona.



Figura 2.1. Ubicación de las instalaciones del proyecto. (1)



Figura 2.2. Límites de batería del Proyecto (2).

### **1.2.2. Principales productos y/o servicios.**

“CCCC DEL PERU SAC”, es una empresa que en la actualidad se caracteriza por brindar los servicios como rubro Principal, la Construcción de obras de Ingeniería y Proyectos Multidisciplinarios; también cuenta con el rubro de Importación y exportación de Productos y equipos y el rubro de exploración de minerales de Hierro. Siendo estos servicios empadronados en el Registro Nacional de Proveedores del Estado

### **1.2.3. Plan estratégico (Visión, misión y objetivos)**

- **Visión:**

La visión de CCCC DEL PERU SAC, es consolidarse en el Perú como empresa líder en los servicios de Construcción de Proyectos multidisciplinarios, importación, exportación y exploración de minerales de hierro en el Sector minero, buscando constantemente la satisfacción en el servicio y así mismo posicionar la imagen de la organización.

- **Misión:**

La misión de CCCC DEL PERU SAC, es prestar servicio de Construcción de proyectos Multidisciplinarios, que garanticen el compromiso y la satisfacción del cliente creando lazos y sostenibilidad de negocios que permitan convertirnos en grupo de excelencia a través de un trabajo en equipo, salvaguardando la protección medio ambiental y ecosistema del País.

- **Objetivo:**

El objetivo de CCCC DEL PERU SAC, durante la Prestación de Servicios es generar valores éticos a través de sus empleados, la cual permitirá cumplir la satisfacción de la necesidad del cliente basados en Responsabilidad, Compromiso, Eficiencia, Honestidad y Respeto.

### **1.2.4. Estructura organizacional**

En la Figura 2, se puede observar en el organigrama general de la empresa CCCC DEL PERU S.A.C. el cargo de Supervisor Oficina Técnica Electromecánica. en el cual me desempeñado, bajo el mando del jefe de Oficina Técnica y Residente de Obra.

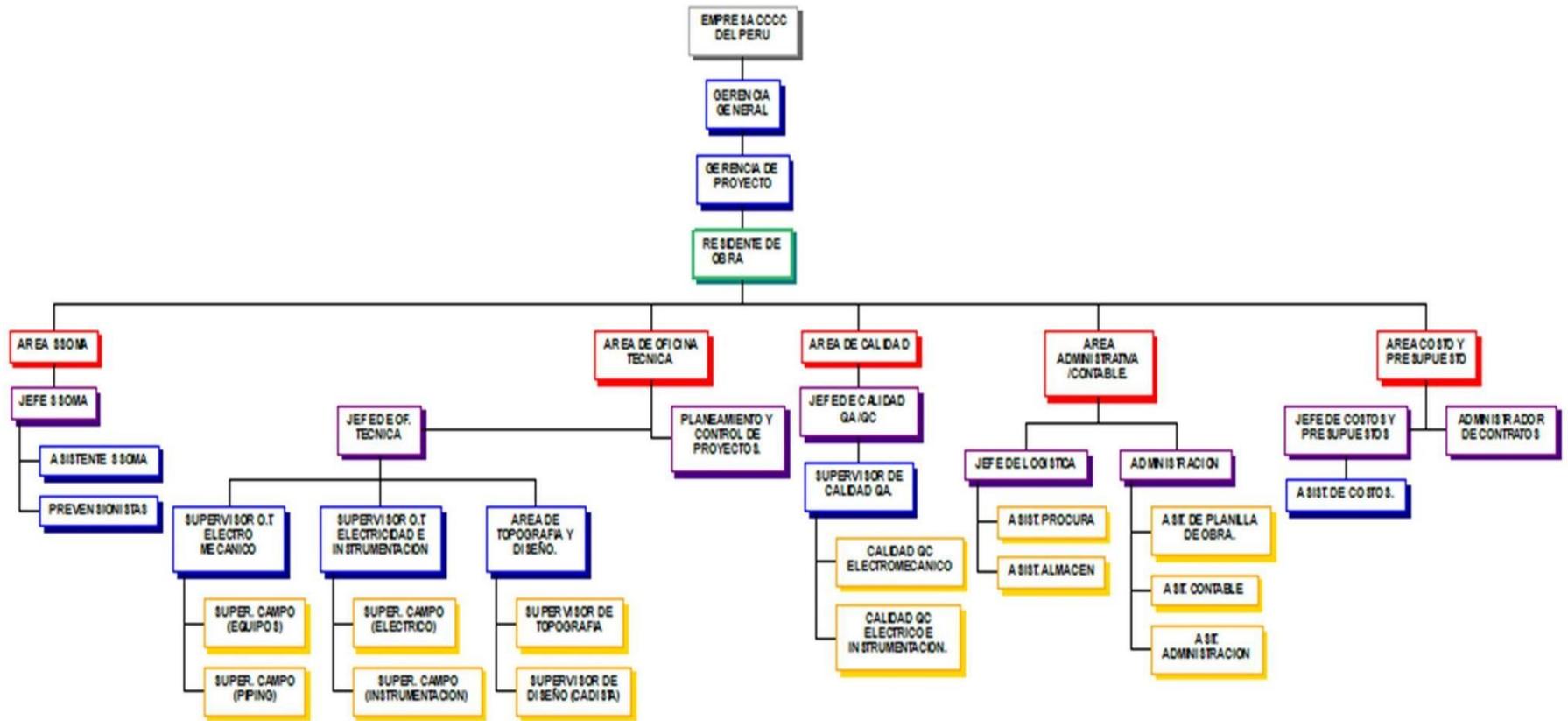


Figura 2.3. Organigrama general de la empresa proyecto desaladora (3).

## 1.2.5. Mapeo de Proceso

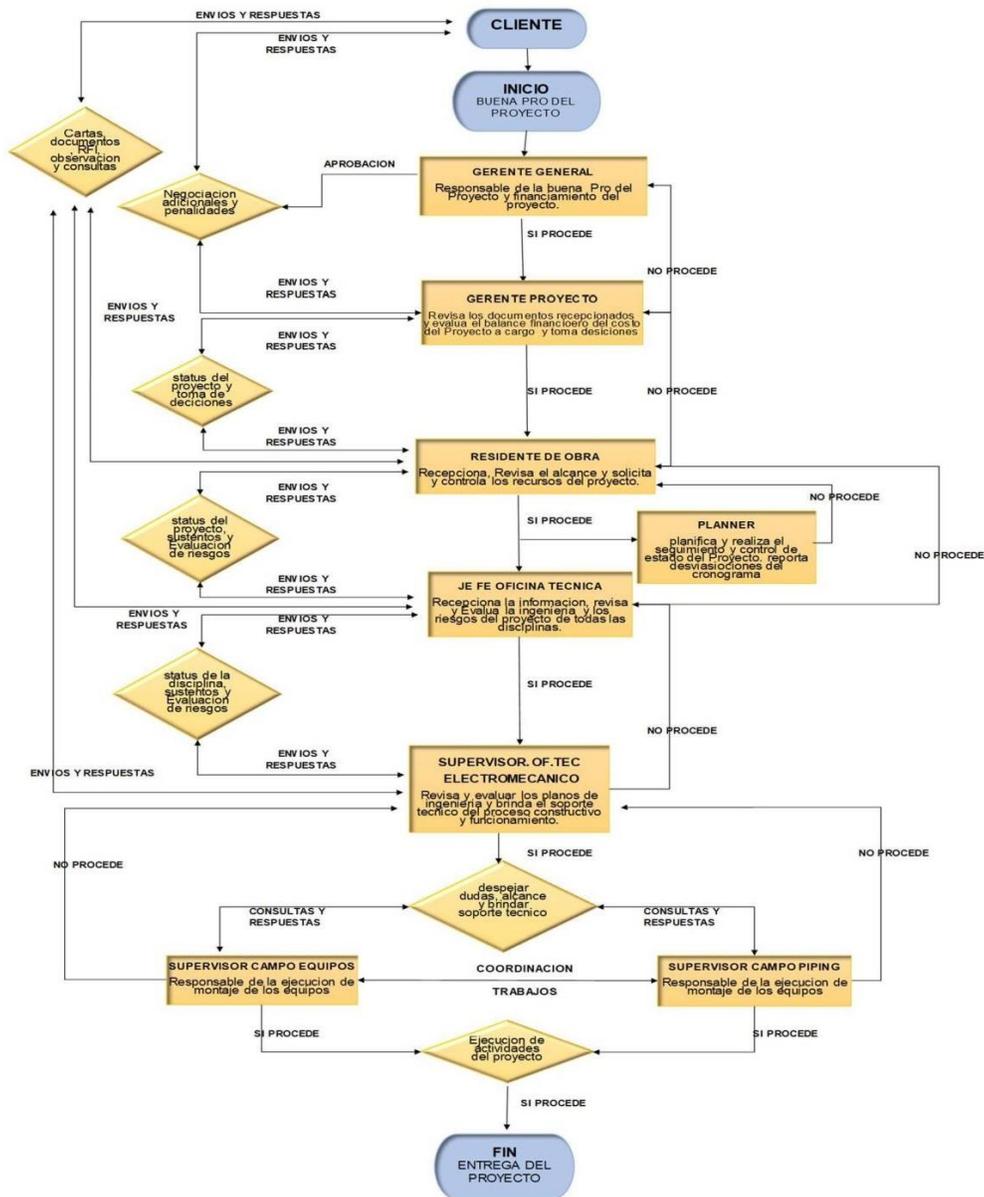


Figura 2.4. Mapeo del Proceso de Funciones (4).

## 1.2.6. Cargo, funciones y responsabilidades.

- **Gerente General:** Responsable de la buena Pro del Proyecto, brindar el financiamiento del Proyecto y Aprobar la negociación de adicionales y penalidades.

- **Gerente de Proyectos:** Responsable de toma decisiones del Proyecto, revisa los documentos recepcionados, evaluar el balance financiero del costo del Proyecto, negociar y sustentar los adicionales y penalidades.
- **Residente de la Obra:** Revisar el alcance del proyecto, responsable de la Ejecución, Administración, Gestión y Control de recursos del Proyecto, Elevar informe de estatus del Proyecto ante la gerencia de Proyecto y evaluar los Riesgos del Proyecto.
- **Planeamiento y control de Proyectos:** Revisar el alcance del proyecto, responsable de planifica y realiza el seguimiento y control de estado del Proyecto y de Reporta desviaciones del cronograma.
- **Jefe de Oficina Técnica:** Revisar el alcance del proyecto, Evaluar status de la ingeniería y los riesgos del proyecto de todas las disciplinas. Así mismo brindar el soporte técnico a todas la Disciplinas.
- **Supervisor de O.T. Electromecánico:** Revisar el alcance del proyecto y solicitud de Requerimientos, Verificar la compatibilidad e incongruencias de los Planos de ingeniería, elaborar los documentos, consultas ante el cliente y Alertar los Riesgos del proyecto y brindar el soporte técnico a los supervisores de campo en el Proceso de montaje de Equipos y piping.
- **Supervisor de Campo Equipos:** Enviar la solicitud de Requerimiento de recurso de Personal, materiales, equipos y planos aprobados para la ejecución del Proyecto, así mismo responsable del proceso de ejecución y manejo de Personal obrero.
- **Supervisor de Campo Piping:** Enviar la solicitud de Requerimiento de recurso de Personal, materiales, equipos y planos aprobados para la ejecución del Proyecto, así mismo responsable del proceso de ejecución y manejo de Personal obrero.

El cargo desempeñado en la empresa CCCC DEL PERU S.A.C. fue de Supervisor Oficina Técnica Electromecánico el cual tiene como Responsabilidad.

- ✓ Revisar y compatibilizar los planos de ingeniería de la parte Electromecánica del proyecto con el fin de identificar las incongruencias.
- ✓ Coordinar con el cliente sobre observaciones y/o mejoras de la ingeniería, según necesidad del proyecto.
- ✓ Coordinar con el Supervisor de campo y brindar el Soporte Técnico al personal de campo según lo requiera el proyecto
- ✓ Coordinar con el Planner, supervisor de campo, Supervisor de Calidad y Cliente, la llegada y recepción de los Equipos y materiales suministrados por el cliente.
- ✓ Elaborar los Procedimientos Operativos, Plan Rigger para maniobra de equipos y montaje de Piping.
- ✓ Elaboración de RED LINE en planos del proyecto, para su correcta construcción en campo, en consenso con el Cliente.
- ✓ Generación de Consultas de RFI, sobre observaciones de planos de ingeniera entregados por el cliente.
- ✓ Revisar los Requerimientos de materiales y Consumibles solicitados por los Supervisores y Coordinar con el área logística la adquisición y Compra
- ✓ Revisar y validar, los metrados generados por el área de Presupuesto con respecto al avance del Proyecto.
- ✓ Gestionar los Recursos de personal Especialista para las pruebas de los equipos y materiales en coordinación con el Supervisor de Calidad y Supervisor de Campo.
- ✓ Verificar e inspeccionar que el proceso Constructivo sea realizado según los estándares de calidad y siguiendo el cumplimiento de las especificaciones técnicas.
- ✓ Elaborar los Procedimientos para las pruebas de funcionamiento del sistema de la planta desaladora en conjunto con el jefe de of. Técnica y jefe de Calidad.

## II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

### 2.1. Marco teórico

#### 2.1.1. Antecedentes

##### 2.1.1.1. Antecedentes nacionales.

**La agencia Andina (5). Dio a conocer la instalación de La planta de desalinización de agua de Mar (PROVISUR)**, realizado por SEDAPAL, Ubicado en el distrito de Santa María del Mar, beneficiará a más de 100 mil vecinos de los cuatro balnearios del sur de Lima (Punta Hermosa, Punta Negra, San Bartolo y Santa María del Mar). La inversión del proyecto supera los 320 millones de soles y comprende el despliegue de 121 kilómetros de tuberías de agua potable y 120 kilómetros para alcantarillado. Así mismo El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), mediante la Dirección General de Programas y Proyectos, viene realizando el proceso de formulación de tres nuevas plantas desaladoras para las regiones de Lambayeque, Piura y Moquegua.

**Con el fin de no impactar en el ecosistema, la Compañía Minera Milpo S.A.A. (Ahora Nexa Resources Perú S.A.A.)** Construyó una planta desalinizadora de agua de mar con capacidad de ubicado en la playa Jahuay, la cual permite la desalinización del agua de mar por sistema de Osmosis inversa, permitiendo así abastecer y satisfacer el 100% de las operaciones de la Unidad Minera de Cerro Lindo. De tal manera que no afecta en cantidad o calidad el agua del Río Topará. siendo así los pobladores de la zona del distrito de Chavín los más beneficiados, puesto que usan exclusivamente el agua del río topará para actividades agrícolas y para el consumo de las comunidades. En el 2018, la Autoridad Nacional del Agua (ANA), otorga a la Compañía Minera Nexa el reconocimiento de **“Buenas Prácticas en Gestión de Recursos Hídricos del Premio Nacional Cultura del Agua 2018”**. [6]

**Wikipedia (7) publica que La empresa Fénix Power es una central termoeléctrica (CT).** Ubicada en Las Salinas, del distrito de Chilca,

provincia de Cañete, Departamento del Lima, y tiene una capacidad instalada de 570 MW, para lo cual cuenta con una Planta Desaladora de Osmosis Inversa que procesa el 80% de agua desalinizada de agua de mar en 2500 m<sup>3</sup>, de agua potable diariamente, de los cuales, 500m<sup>3</sup> son para uso interno de la central y 2,000m<sup>3</sup> se entregan a la Municipalidad Distrital de Chilca, quienes se encargan de su distribución en beneficio de la población de la zona. Y con el restante de 20%, de agua desalinizada, se realiza la desmineralización para la generación de vapor, el cual es utilizado por la turbina a vapor para generar energía.

**CIDELSA (8), publica en su Catálogo, Tuberías PFRV.**, donde da a conocer los componentes de materiales Principales y las consideraciones a tener en cuenta para la fabricación de tubería PFRV, siendo los componentes principales ( Resina Poliéster, Fibra de Vidrio, Sílice y Materiales auxiliares) y las consideraciones a tener en cuenta (diámetro nominal, la presión, rigidez y condiciones de uso al cual estará expuesto la tubería).Una vez procesada la tubería de PFRV, deberá cumplir con las siguientes composiciones de la paredes de la tubería, las cuales deberán estar compuesta por tres capas diferentes. **LINER** (barrera química interna en contacto con el fluido, el cual garantiza la estanqueidad de la tubería y resistencia química), **ESTRUCTURA MECANICA** (garantiza la característica mecánica como textura y rugosidad de la tubería) **GEL COAT** (es la Protección Externa de la tubería con el agregado de inhibidores de rayos ultravioletas). Una de las Propiedades de este tipo de Tubería PFRV, que describe del catalogo despues de la facilidad de transpote y la flexibilidad, es el bajo peso por metro lineal con respecto a otros tipos de tubería, ta les como acero (siendo 1/4 menor), hierro ductil (siendo 1/5 menor) y tubería PVC (siendo 2/3 menor). Otras Propiedades que se observa en la tubería de PFRV, es la alta resistencia a la Corrosion a los ataques quimicos de los efluentes, el bajo costo en el mantenimiento, la gran resistencia al desgaste y a la abrasividad, debido a la tenacidad y capacidad de absorcion conferida por la

fibra de vidrio y la no fragilidad ni ablandamiento en un rango de temperatura de -30º a 100º puesto que es un material termorrígido y no termoplástico. El uso de mercado para este tipo de tubería PFRV, es para Acueductos, Desagües, Redes de riego, Contra incendio, líneas de Proceso y plantas de tratamiento.

#### **2.1.1.2. Antecedentes internaciones.**

**Jordi Colomina Montava [9]**, En su informe de “**Diseño de una planta desalinizadora con sistema de osmosis inversa para producir 20000 m<sup>3</sup>/día**”, dio a conocer, el estado mundial y disponibilidad de estado del agua de mar, la situación global de la desalinización, la elección del tipo de Sistema de desalinización de agua de mar (osmosis inversa), Recopilación de datos para el diseño por etapas, la Selección, descripción de equipos y las consideraciones a tener en cuenta en el proceso de cálculo de diseño de la planta desalinizadora con sistema de osmosis inversa para la producción de agua requerida.

**Empresa Española, CONDORCHEM**, en su Blog “**la Osmosis Inversa (RO) y sus diferentes Aplicaciones**” dio a conocer, que la técnica de RO ha evolucionado ampliamente en las últimas décadas y ha pasado de ser una tecnología emergente a ser un proceso consolidado, eficiente y competitivo, donde la ósmosis inversa consiste en separar el solvente de una solución concentrada, que pasa a través de una membrana semipermeable, mediante la aplicación de una presión, la cual deberá ser, como mínimo, superior a la presión osmótica, y cuanto mayor sea la presión aplicada, mayor será el flujo de permeado a través de la membrana. El factor principal que amenaza la productividad de la membrana es el ensuciamiento, para ello Como pauta general se debe proceder a alternar periodos de enjuagado de las membranas, haciendo circular las soluciones limpiadoras a alta velocidad, otro método utilizado para alargar la vida de las membranas (RO), se suele realizar el pretratamiento del agua de alimentación mediante un equipo de filtración y después con un equipo de

ultrafiltración de sólidos en suspensión, la cual llevará las aguas a tratar. Así mismo el nivel de salinidad de la planta de desalinización de agua de mar, va depender de acuerdo a la zona geográfica de este tipo de aguas es de 30000 mg/L - 40000 mg/L. Para conseguir condiciones de potabilidad se utilizan membranas de poliamida de tipo fibra hueca que permiten conseguir coeficientes de rechazo superiores al 99.3 % con presiones de trabajo de 50 bar - 70 bar. Siendo el costo de operación de este tipo de plantas de tratamiento, el cual se estima en 1 - 1.25\$US/L de agua procesada /día, lo que hace que este sistema de tratamiento de osmosis, sea competitivo, frente a otros sistemas como los procesos de evaporación multietapa. [10]

**Rodolfo Vegas Calderón [11];** en su blog AGUAS RESIDUALES “**Introducción a los emisarios submarinos con tuberías de polietileno (PE)**”, dio a conocer que en la actualidad los Emisarios Submarinos son conducciones subacuáticas de gran diámetro y longitud de tubería (PE), que funcionan a presión y se utilizan para la conducción final de aguas residuales de las plantas desaladoras previamente tratadas (salmuera) y también como medio de captación (toma) de agua de mar, ya que presenta una alta resistencia a la corrosión de agua de mar y una facilidad de instalación y montaje, el cual permite garantizar un buen comportamiento y respuesta a las acciones excepcionales provocadas por el oleaje, corrientes marinas, inestabilidad de lecho submarino.

## **2.1.2. Base teórica.**

### **2.1.2.1. Generalidades.**

La planta desaladora de tratamiento de agua de mar por Sistema de Osmosis Inversa, es una instalación que convierte el agua salada del mar (salobre) en agua apta para la producción de uso industrial (tratada).

Para el desarrollo y construcción de la planta desaladora, como parte de diseño de ingeniería se debe tener en consideración los parámetros y estándares de la calidad de agua de mar (agua de entrada o Captada), la calidad de agua producida o tratada (agua desmineralizada) y la calidad de agua de retorno al mar denominado (salmuera o residuos del proceso), con el fin de no afectar el Ecosistema.

- **Agua de mar o Agua Captada**

Es el agua de mar que se absorbe o se adquiere mediante el Proceso de Captación el cual consiste en filtrar y absorber el agua mediante unas bombas verticales, el cual permializa el agua de mar y lo transporta hacia la planta desaladora. Para este proyecto el cliente Shougang Hierro Perú SAA, En su adquisición de diseño e ingeniería tiene por consideración los siguientes parámetros de calidad de agua de mar que es parte de su manual de operaciones según diseño.

No.	Ítems de detección		Índices de la calidad de agua marina		
	Nombre del ítem	Unidad	Valor máximo	Valor mínimo	Valor medio estadísticas
1	PH	Valor	\	\	7
2	Temperatura de agua	( °C )	20	15	17.58
3	Salinidad	( ‰ )	\	\	38776
4	Oxígeno disuelto	( mg/L )	\	\	<4
5	Sólido suspendido	( mg/L )	14.5	5	5
6	fosfato	( µg/L )	\	\	0.02
7	Nitrato-nitrógeno	( µg/L )	\	\	<0.03
8	SO42-	( mg/L )	\	\	2555
9	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	( mg/L )	\	\	475
10	Cl-	( mg/L )	\	\	21089
11	Ca <sup>2+</sup>	( mg/L )	\	\	475
12	Mg <sup>2+</sup>	( mg/L )	\	\	1300
13	K <sup>+</sup>	( mg/L )	\	\	280
14	Na <sup>+</sup>	( mg/L )	\	\	11350
15	Fe Total de Fe	( µg/L )	\	\	0.3
16	SiO <sub>2</sub>	(mg/L)	\	\	2
17	BOD5	mg/L	<2	3	1.7

**Tabla 2.1.** Cuadro de Parámetros de Calidad de Agua de mar (2).

- **Agua producida o Agua Desmineralizada**

Es el agua de mar Producido o que ha pasado por el proceso de sistema de Tratamiento de Agua de mar por osmosis inversa, quien Captura y/o absorbe el agua de mar que pasa por un proceso de prefiltrado, ultrafiltrado y procesos químicos con el fin de permeabilizar mediante el proceso de osmosis inversa, generando como resultado el producto de agua desmineralizada la cual será transportado para su uso hacia la planta de concentrado. Para lo cual para este proyecto el cliente Shougang Hierro Perú SAA, En su adquisición de diseño e ingeniería tiene por consideración los siguientes parámetros de calidad de agua desmineralizada que es parte de su manual de operaciones según diseño.

No	Ítem	Unidad	Indices	Observaciones
1	Demanda biológica de oxígeno	mg/L	6	
2	Conductividad	µs/cm	856	Índices de evaluación
3	Turbidez	Grado	0.5	
4	Total, de sólidos disueltos	mg/L	537	
5	钙 Ca	mg/L	1.209	
6	Mg	mg/L	7.33	
8	Cl	mg/L	< 150	Índices de evaluación
7	Na	mg/L	< 120	Índices de evaluación
9	Sulfato	mg/L	90	Índices de evaluación
10	valor de pH		6.5-8.5	
11	K	mg/L	< 20	Índices de evaluación

**Tabla 2.2.** Cuadro de Parámetros de Calidad de Agua Producida (2).

- **Agua de rechazo o Agua Salmuera.**

Es el agua permeable salobre generado, que ya no se utiliza como resultado de los residuos del proceso de Prefiltrado, ultrafiltrado, proceso químico y proceso de Osmosis inversa, la cual se descarga en un reservorio o tanque de almacenamiento previo, donde convergen las líneas de los diferentes equipos de Proceso, la cual mediante la línea de tubería se realiza el transporte de agua hasta

un emisor submarino donde se evacua mediante un emisor submarino con el fin de evitar daños en el ecosistema, Para lo cual para este proyecto el cliente Shougang Hierro Perú SAA, En su adquisición de diseño e ingeniería tiene por consideración los siguientes parámetros de calidad de agua salmuera es que es parte de su manual de operaciones según diseño.

No.	Item de detección		Valor medio de diseño	Valor de descarga limitada
	Descripción de item	Unidad		
1	PH		7	06-Set
2	ss	mg/L	7	25
3	Aceite	mg/L	0.9	16
4	CN-	mg/L	<0.01	0.8
5	As	mg/L	0.005	0.08
6	Cd	mg/L	<0.001	0.04
7	Cr6+	mg/L	<0.01	0.08
8	Cu	mg/L	<0.005	0.4
9	Fe	mg/L	<0.005	1.6
10	Pb	mg/L	<0.005	0.16
11	Hg	mg/L	<0.001	0.0016
12	Zn	mg/L	0.19	1.2
13	Temperatura de Agua	°C	17.58	
14	Salinidad	‰	64650	
15	Fosfato	mg/L	0.197	
16	Nitrato-nitrógeno	mg/L	0.051	
17	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/L	4900	
18	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	807	
19	Cl-	mg/L	35850	
20	Ca <sup>2+</sup>	mg/L	860	
21	Mg <sup>2+</sup>	mg/L	2360	
22	K <sup>+</sup>	mg/L	510	
23	Na <sup>+</sup>	mg/L	20549	
24	SiO <sub>2</sub>	mg/L	3.64	
25	BOD <sub>5</sub>	mg/L	2.83	

**Tabla 2.3.** Cuadro de Parámetros de Calidad de Agua de rechazo (2).

### 2.1.2.2. Inspección de trabajos previos.

Este Proyecto, no Comprende como parte del alcance los Trabajos de montaje de Estructuras y Obras Civiles, las cuales han sido desarrollados por otra contratista, el cual es responsabilidad del Cliente (SHOUGAN HIERRO PERU SAA) cualquier modificación o no Conformidad que sea parte del Proceso de Inspección y ejecución del Proyecto.

Como Parte de la Recepción de la Obra en todo el Proyecto, se realiza las Inspecciones y verificaciones Previas de las obras civiles y de estructuras, de acuerdo a los Estándares y especificaciones Técnicas de los equipos y líneas de Tubería, para lo cual mediante los equipos Topográficos, se realiza la medición de control dimensional, nivelación y alineamiento y verificación de estado de material, elementos como base de concreto, Soportería metálica, Perno de anclaje, etc, el cual deberá cumplir con los Planos de diseño de ingeniería.

Se describe los elementos a Inspeccionar.

- **Obras civiles:**

- **Sistema de Captación:** Se realizó la Inspección y verificación de las bases de concreto de los equipos, bases de Soportería, Pernos de anclajes e instalación de tubería PVC embebidas de la parte eléctrica.
- **Sistema de Tratamiento de Agua.** Se realizó la Inspección y verificación de las bases de concreto de los equipos, bases de soportería, Buzones Eléctricos, banco ductos equipos e instalación de tubería PVC embebidas de la parte eléctrica.

- **Obras mecánicas:**

- **Sistema de Captación:** Se realizó la Inspección y verificación de los Soportes de Tubería mecánica y eléctrica, Viga Riel de Puente grúa, Equipo Polipasto.

- **Sistema de Tratamiento de Agua.** Se realizó la Inspección y verificación de los Soportes de Tubería mecánica y eléctrica, Viga Riel de Puente grúa, Equipo Polipasto y boquillas de conexión tanques de almacenamiento de Concreto (tanque agua de Mar, tanque de agua Retrolavado SF, tanque de agua Producida UF, tanque de agua Producida RO y tanque de recepción de agua de rechazo Salmuera)

### **2.1.2.3. Planta de tratamiento de agua de mar**

#### **2.1.2.3.1. Equipos sistema de captación de agua de mar**

**Así como refiere Jordi (6)**, el cual se asemeja al proceso requerido con respecto al proceso de captación, En nuestro caso el diseño comprende Los siguientes Equipos del Sistema de alimentación de agua de mar, el cual se conexionan mediante líneas de Tubería, con el fin de generar el agua de Captada del mar (Agua Salada)

Los Equipos que los conforman son.

- Bombas Verticales.
- Equipo Dosificador.
- Equipo de Filtro autolimpiante.

#### **A. Equipo bomba vertical**

Esta comprendido por 04 bomba verticales, (03 operativos y 01 stand by) que está conformado por un impulsor de tipo centrífugo o de tipo de flujo mixto con campana de aspiración cubierta por un filtro, una guía de flujo y un tubo de bombeo de agua en su eje de transmisión el cual se une a una base de bomba y motor ubicado en la parte superior de la boca de pozo (o plataforma superior). la fuerza del motor se transmite al eje de impulsor a través del eje de transmisión que es concéntrico con el tubo de bombeo de agua, generando así el flujo de cabeza que es entregado a sistema de tubería para su transporte. La bomba cuenta con las siguientes características, capacidad=1200m<sup>3</sup>/h, H=80m, P=355kW , U=4160v, F=50Hz, Peso

aprox. 15 ton c/u, Potencia de 900 kw. Velocidad de rotación N: 2940, 1460, 980 r/min.

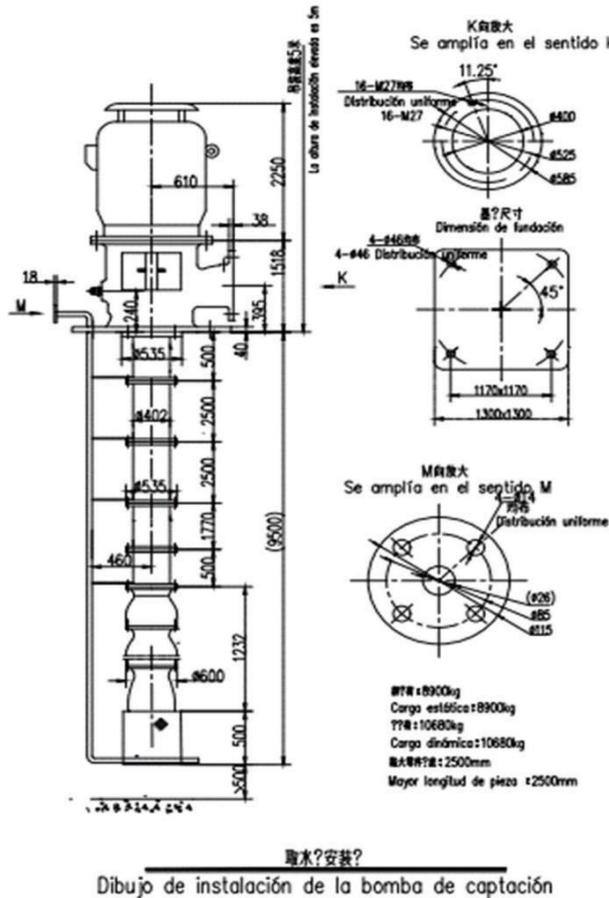


Figura 2.5. Bomba Vertical - captación (12).

## B. Equipo dosificador

Es un equipo Dosificador que está conformado por 02 recipientes de Polietileno de 1 m<sup>3</sup>, 02 bombas Dosificadoras (01 stand by) y 01 dispositivo que remueve los componentes, y una línea de tubería de PVC, de ingreso y retorno el cual traslada los agentes químicos (oxidante, coagulante, floculante), permitiendo así diluir, eliminar partículas finas y microbiológicas durante el trayecto de la línea de Captación hasta el tanque de almacenamiento de agua Cruda.

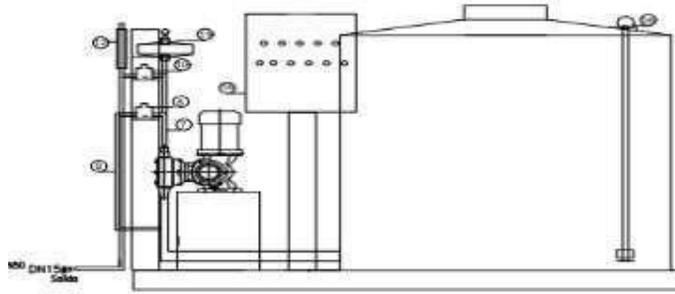


Figura 2.6. Sistema de dosificación (12).

### C. Equipo de filtro autolimpiante.

Es un equipo filtro autolimpiante de caudal de 2500m<sup>3</sup>/h, y peso aprox=1.5 ton, que se encuentra conectado a la línea de transporte de recorrido de agua de mar, la cual está compuesto por una malla o filtro en su interior, 01 válvula de purga y una línea de drenaje. este dispositivo, captura, absorbe y permializa las partículas suspendidas (impurezas) en su interior, para luego mediante la válvula de purga limpiar automáticamente el cartucho, haciendo que las partículas sólidas o suspendidas caigan a la parte inferior, la cual serán drenadas hacia el mar.

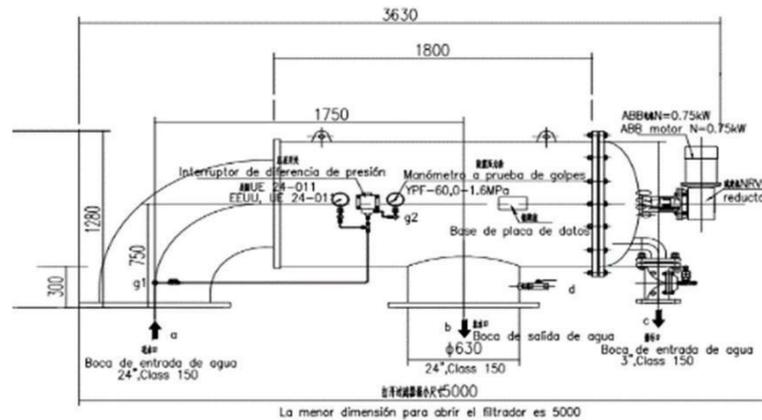


Figura 2.7. Equipo Filtro autolimpiante (12).

### 2.1.2.3.2. Equipos de sistema de tratamiento de agua de mar

Así como refiere Jordi (6), el cual se asemeja al proceso requerido con respecto al proceso de Tratamiento de agua de mar por osmosis

inversa, para lo cual en nuestro caso el diseño comprende Los siguientes Equipos del Sistema de tratamiento de agua de mar, el cual se conexionan mediante líneas de Tubería, con el fin de generar el agua Producida (Agua desmineralizada)

Los Equipos que los conforman son.

- **Sistema de Prefiltrado (SF):** Bombas de alimentación de agua de mar (SF), Filtros Multimedia de Arena (SF), bombas de Retrolavado (SF) soplador de Retrolavado (SF).
- **Sistema de Ultrafiltrado (UF):** Contenedor de membrana UF (Filtro autolimpiante UF, membranas de Ultrafiltración UF), Bomba de Retrolavado UF.
- **Sistema Osmosis Inversa (RO):** Bomba de alimentación RO, Filtro Cartucho RO, Contenedor de RO (filtro Cartucho RO, Bomba de Alta Presión RO, Membrana RO, Recuperación RO),
- **Sistema de Alimentación de Aire:** Dispositivo de limpieza de Aire UF (Compresor de aire y tanque Pulmón de Aire) y Dispositivo de Accionamiento de Equipos de Instrumentación (Compresor de Aire, tanque de pulmón de Aire y Secador de Aire)
- **Sistema de Dosificación:** Contenedor de Dosificación #01 y #02.
- **Sistema de Limpieza y Enjuague:** CIP - limpieza UF y CIP-limpieza RO.
- **Sistema de agentes químicos:** Recipientes de almacenamiento y Bombas de alimentación.

#### **A. Sistema de prefiltrado (SF)**

A continuación, se describe los equipos que forman parte de este Sistema el cual se encuentra conexionado por intermedio de tuberías.

##### **A.1. Bomba de alimentación de agua de mar. (SF)**

Esta comprendido por 04 bombas de potencia 132 Kw, Voltaje 480V y caudal 778.4 m<sup>3</sup>/h de las cuales 03 se encuentran

operativas y 01 Stand By, este equipo succiona el agua del tanque de Concreto de agua de mar o agua cruda almacenada proveniente de la captación del mar impulsándolo hasta los equipos de filtros multimedia de arena (SF), mediante la línea de transporte de tubería PFRV de DN 400 mm, en donde se une con un equipo mezclador de flujo, al cual se le añade los agentes químicos, Provenientes del Contenedor de Dosificación

- Agentes PAM (Poliacrilamida Aniónica).
- Agente PAC (Cloruro de polialuminio).
- Agente NaCLO (Hipoclorito de Sodio).

Una vez realizado la mezcla, el nuevo producto ingresa a los equipos de Filtros Multimedia de arena (SF)

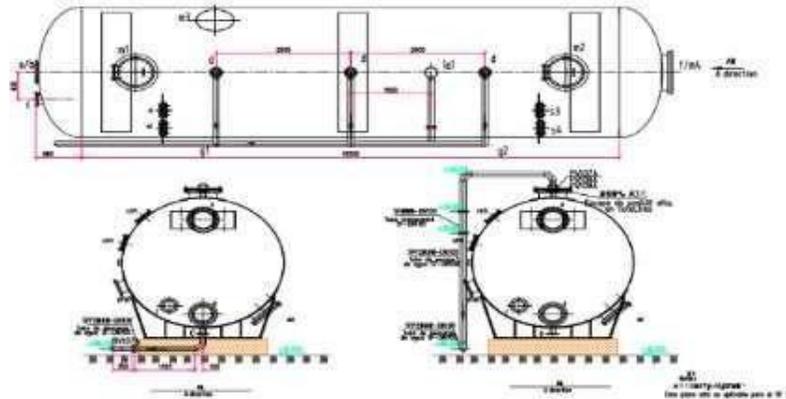
## **A.2. Filtros multimedia de arena. (SF)**

Es un dispositivo de recipiente horizontal de acero de Ø3mx12.5m de peso aprox de 34.0 tn, el cual se encuentra interiormente separado por capas, la cual permiten colocar la cama de arena de cuarzo, permitiendo así, Permeabilizar y filtrar el agua, separándolo en 02 (agua filtrada y agua salmuera), para ello en la línea de ingreso del agua de mar, se añaden 03 agentes químicos (cloruro de sodio, Coagulante y Floculante), la cual se mezcla con el fluido de agua de mar dentro del mezclador que se encuentra instalado en la línea de tubería de ingreso a los filtros de arena, permitiendo así disolver y eliminar la materia en suspensión, materia orgánica, material coloidal, microorganismos, bacterias y algunas sustancias nocivas en el agua de mar.

Cada equipo de filtros de arena, se puede operar por separado y lavar reversamente sin afectar el funcionamiento de otros filtros de arena, as mismo toda la tubería de ingreso y salida está conectada por bridas entre sí.

Culminado el Proceso de limpieza por el sistema de filtros de arena envía el agua hacia el tanque sistema de ultrafiltración UF.

Este proyecto cuenta con 10 equipos de filtros multimedia de arena (Sand Filter) de las cuales 9 se encuentran operativas y 01 en stand by, cuyas características son: Caudal de 235m<sup>3</sup>/h aprox, de agua de mar y 1218 m<sup>3</sup>/h de agua Retrolavado, con temperatura de diseño de 13 ~ 20°C, solidos Suspendidos 10 mg/l.



**Figura 2.8.** Equipo Filtro multimedia de Arena (12).

### **A.2. Bomba de retrolavado (SF).**

Esta comprendido por 02 bombas Centrifugas de Retrolavado con potencia 132 Kw, Voltaje 480 V. Incluye: Cuerpo de bomba, motor, reductor, acoples flexibles, bastidor metálico. Peso aprox. 1.477 ton c/u, la cual succiona el agua del tanque de Retrolavado con una línea de tubería de acero revestido interiormente con polietileno de DN 450mm y lo Impulsa hasta los filtros multimedia mediante una línea de acero de DN 400mm la cual se reduce a una línea de DN 350mm de tubería PFRV.

### **A.3. Soplador de aire (SF)**

Esta comprendido por 02 Sopladores de aire, de flujo de 37m<sup>3</sup>/min y presión de P=0.05Mpa y Peso aprox=5ton, de las cuales 01 se encuentra operativa y 01 en Stand By, este equipo transporta el flujo de aire generado hasta los filtros multimedia, con el fin de generar la limpieza del interior de los equipos de

filtros de arena. a través de soplar el aire, hace que los materiales de llenado interiores del filtrador se limpien entre sí, para que la sustancia de contaminación caiga desde los materiales de llenado, facilitando la limpieza.

## **B. Sistema de ultrafiltrado (UF)**

A continuación, se describe los equipos que forman parte de este Sistema el cual se encuentra conexas por intermedio de tuberías.

### **B.1. Contenedores de ultrafiltración (UF)**

Son 5 Contenedores de 02 dispositivos de equipo de membrana UF por contenedor, de las cuales 9 se encuentran operativas y 01 en stand by para el mantenimiento respectivo.

Estos contenedores, están conformados en su interior por Filtros Autolimpiante UF y Membranas de UF, siendo una tecnología de separación de fluidos, su membrana es de estructura porosa y asimétrica en su interior. La cual es alimentada por el fluido que pasa desde los Filtros multimedia de Arena (SF), hasta los Filtros Autolimpiantes UF, donde las partículas superiores a 100  $\mu\text{m}$ , y algunos sólidos suspendidos, tales como algas, moho, limo, y microbios, son atrapados en la parte exterior, dejando pasar el agua filtrado y transportados hacia la membrana de UF, donde se realiza el proceso de separación de solución por Filtración, permitiendo así que la sustancia de moléculas pequeñas y los sólidos solubles (Sal inorgánica) pasen, y sean transportados hacia el tanque de Agua Producida (UF), mientras por otro lado el sólidos suspendidos, de materia orgánica de moléculas grandes. serán evacuados a la línea de Transporte de Salmuera.

Características de la membrana de UF.

- Tasa de recuperación del sistema:  $\geq 90\%$

- Cantidad de agua filtrada de cada juego de instalación:  
≥234m<sup>3</sup>/h.
- Presión Usada generalmente de 0.01-0.03 MPa.

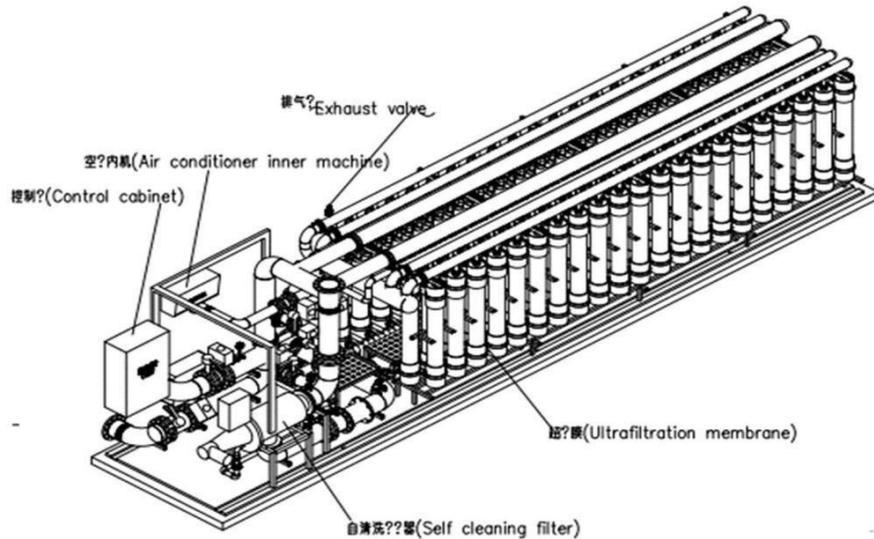


Figura 2.9. Equipo de ultrafiltración - UF (12).

## B.2. Bomba de retrolavado (UF).

Esta comprendido por 02 bombas de potencia 110 Kw, Voltaje 480V y caudal 336 m<sup>3</sup>/h, el cual absorbe el agua del tanque de agua ultrafiltrado (UF) y lo impulsa hasta los equipos de membrana de UF mediante la línea de transporte de tubería PFRV de DN 350mm, en donde se une con un equipo mezclador de flujo, al cual se le añade los agentes químicos, Provenientes del Contenedor de Dosificación

- Agentes CEB-Acido (Retrolavado Químico - Ácido Clorhídrico)
- Agente CEB-Alcalino (Retrolavado Químico - Hidróxido de Sodio)
- Agente NaClO (Hipoclorito de Sodio - Oxidante)

Una vez realizado la mezcla, el nuevo producto es reingresado a los equipos de Membrana UF, para su Retrolavado.

## C. Sistema de osmosis inversa (RO)

A continuación, se describe los equipos que forman parte de este Sistema de Osmosis Inversa.

### C.1. Bombas de alimentación de agua (RO).

Esta comprendido por 04 bombas de los 03 en operación y 01 en Stand by con una potencia 185 Kw, Voltaje 480V y caudal 336 m<sup>3</sup>/h, de Peso aprox. 1.482 ton, el cual absorbe el agua del tanque de agua ultrafiltrado (UF) con DN 400 mm y lo impulsa hacia el manifold de DN 700 mm de PRFV, el cual succiona el agua mediante los filtros autolimpiantes o de cartucho. con DN 400 mm y descarga con DN 350 mm, en el manifold de DN 700 mm, el cual transporta el agua Filtrada hasta el contenedor de membrana de Osmosis Inversa (RO), mediante la línea de transporte de tubería PFRV de DN 700mm, en donde se une con un equipo mezclador de flujo, al cual se le añade los agentes químicos, Provenientes del Contenedor de Dosificación.

- **Agentes Reductor de RO**, es muy importante porque permite reducir o contrarrestar el efecto oxidante en el proceso de dosificación, evitando así la oxidación de la membrana osmosis.
- **Agentes inhibidores de Escala**, es muy importante porque permite prevenir o retardar la formación de escamas bioincrustantes inorgánicas en la superficie de la membrana RO, cuando actúen en combinación con los fungicidas
- **Agente HCL**, también conocido como Ácido Clorhídrico, es un muy importante ya que se comporta como un compuesto sumamente ácido, que descompone las sustancias grandes y las bacterias.



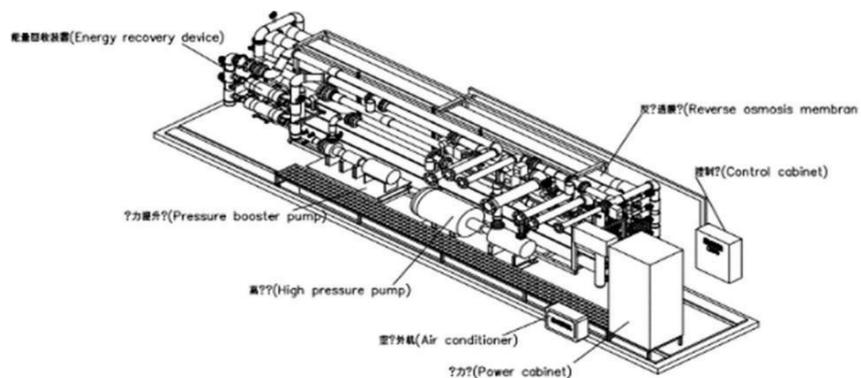


Figura 2.11. Equipo de Osmosis inversa RO (12)

### C3.1. Bombas de alta presión (RO)

Esta comprendido por 02 bombas de potencia 185 Kw, Voltaje 480 V y caudal de 64 m<sup>3</sup>/h de Peso aprox. 0.946 ton c/u, el cual permite elevar la presión del fluido para ingreso a la membrana. La entrada y salida de fluido de la bomba de alta presión están equipada con un interruptor de presión, de modo que se da la alarma cuando se apague la bomba en caso de baja presión de entrada con retardo de alta presión de salida, con el fin de proteger la bomba de alta presión.

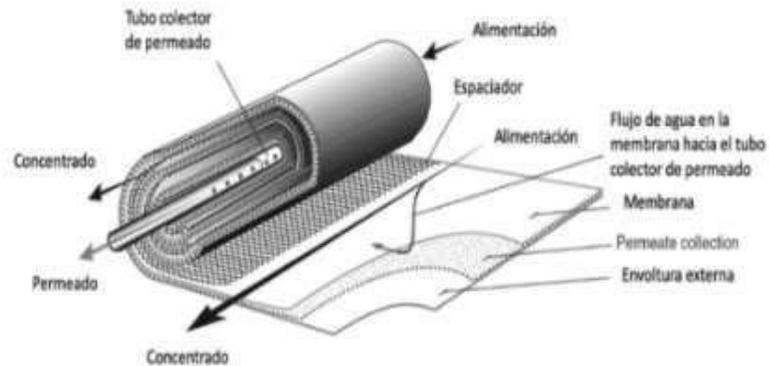
Teniendo en cuenta las características propias de la RO, es necesaria una fuerza motriz para superar la presión osmótica y otras resistencias, con la finalidad de garantizar así la producción de agua de diseño, para ello la velocidad del aumento de la presión de la bomba de alta presión deberá ser inferior a 0.07MPa/s. y la presión de trabajo de la membrana RO deberá ser de 0.3 MPa hasta 0.4 MPa, ello con el fin de no dañar las membranas.

### C.3.2. Membranas osmosis inversa (RO)

Es una tecnología de purificación de agua mediante la cual se logra un elevado porcentaje de retención de sólidos, y está conformado por un tubo en su interior de la membrana

osmótica, la cual se encuentra rodeada por una capa densa semipermeable de polímero, la presión que se ejerce comprende o varía desde de 0.2 MPa hasta 1.7 MPa, y ello depende del grado y concentración de soluto a purificar, ingresando agua desde agua desmineralizada hasta agua salubre, para este proyecto se tuvo una presión de trabajo de 0.3 MPa hasta 0.4 MPa, debido en que la mayoría de los casos, la membrana está diseñada para permitir que solo pase agua filtrada, libre de impurezas, con baja cantidad de sales debido al proceso de filtración por filtros multimedia o de arena y proceso ultrafiltrado que se realizó previamente.

Una vez que ingresa el producto (agua filtrada) a la membrana de Osmosis se ejerce una presión de trabajo y esta es absorbida por el interior del tubo (agua purificada), mediante la filtración de la membrana semipermeable, dejando expuesto el soluto o material a evacuar, la cual será transportado una parte al recuperador de Energía RO, Para su recirculación y la otra parte hacia el tanque de dosificación para el Retrolavado posterior. Y el agua purificada desmineralizada, es Transportado al tanque de agua Producida con una caudal de 64 m<sup>3</sup>/h y una parte, hacia el tanque de dosificación.



**Figura 2.12.** Elementos típicos de una membrana de OI (13)

### **C.3.3. Recuperación de energía (RO)**

Es un equipo, que permite Recuperar el agua filtrada con alta cantidad de Solute, la cual ingresa con un caudal de 96 m<sup>3</sup>/h, hacia el equipo de Recuperación de Energía RO, donde se realiza la permeabilización, dividiendo el agua ingresada, en agua para recirculación e ingreso a la membrana RO, mediante una Bomba de elevación de alta Presión y en agua Residual con soluto o impureza, que es transportado hacia el tanque de Retrolavado de filtros multimedia (SF).

### **C.4. Bomba de retrolavado (RO).**

Esta comprendido por 02 bombas de potencia 30 Kw, Voltaje 480V y caudal 140 m<sup>3</sup>/h, el cual absorbe el agua del tanque de agua producida por Osmosis (RO) y lo Impulsa hasta los equipos de membrana de RO mediante la línea de transporte de tubería PFRV de DN 150mm, para su enjuague correspondiente.

### **C.5. Bombas de agua producida (desmineralizada).**

Esta comprendido por 04 bombas de los 03 en operación y 01 en Stand by con una potencia 185 Kw, Voltaje 480V y caudal 417 m<sup>3</sup>/h, de Peso aprox. 1.270 ton, el cual absorbe el agua del Tanque de agua producida por Osmosis (RO) con un manifold de succión de DN 600 mm, el cual succiona el agua con DN 350 mm y descarga con DN 300mm, en el manifold de DN 450 mm, para luego transporta el agua Producida (desmineralizada), mediante la línea de transporte de tubería PFRV de DN 450mm, hasta el tanque de almacenamiento de la planta de concentrado.

## **D. Sistema de alimentación de aire**

A continuación, se describe los equipos que forman parte de este Sistema el cual se encuentra conexionado por intermedio de tuberías.

### **D.1. Dispositivo de limpieza de aire (UF).**

Esta comprendido por 02 Compresores de aire (01 Stand By), y 01 tanque Pulmón de Aire de Proceso de Volumen de 20 m<sup>3</sup>, con un flujo de 15 m<sup>3</sup>/min, que transporta el flujo de aire hasta los filtros multimedia, para el lavado respectivo del interior de los equipos de la membrana de UF. a través de Compresor de aire, emite el aire que hace que los dispositivos del interior de la membrana UF, se limpien entre si permitiendo que la sustancia de contaminación o moléculas adheridos caigan, facilitando la limpieza.

### **D.2. dispositivo de accionamiento de equipos de Instrumentación**

Esta comprendido por 02 Compresores de aire de aprox=8 ton (01 Stand By), 01 tanque Pulmón de Aire de equipos de Instrumentación de Volumen de 3 m<sup>3</sup>, con un flujo de 15 m<sup>3</sup>/min, y 02 Secadores de aprox=4 ton (01 Stand By), que reducen la humedad del aire y la hacen más limpia, para luego transporta el flujo de aire seco a cada Equipo de instrumentación y válvulas de la Planta de Tratamiento para su respectivo accionamiento.

## **E. Sistema de dosificación de agentes**

Este equipo está conformado por 01 contenedor, las cuales en su interior cuentan con 02 dispositivos de Dosificación #01 y #02 las cuales están compuestas de bombas dosificadoras y recipiente de Almacenamiento, que impulsan mediante la bomba el agente dosificador a los mezcladores a través de las tuberías de PE que se encuentran ubicados en los diferentes puntos de las líneas de

tuberías como; alimentación de ingreso de equipos Filtro Multimedia de Arena (SF), Línea de Retrolavado Equipos de Ultrafiltración (UF), Línea de alimentación de ingreso a equipo de Osmosis Inversa (RO).

### E.1. Contenedor de dosificación #01:

Está Compuesta por 02 Conjuntos de dispositivos de dosificación de Agente PAM (Poliacrilamida Aniónica) y Agente PAC (Cloruro de polialuminio), donde cada conjunto de dispositivo de dosificación comprende Sistema de bomba de dosificación y recipiente de medición o almacenamiento, las cuales impulsan el producto hasta los equipos mezcladores de Flujo donde hacen contacto con el fluido de la línea que ingresará a cada equipo correspondiente.

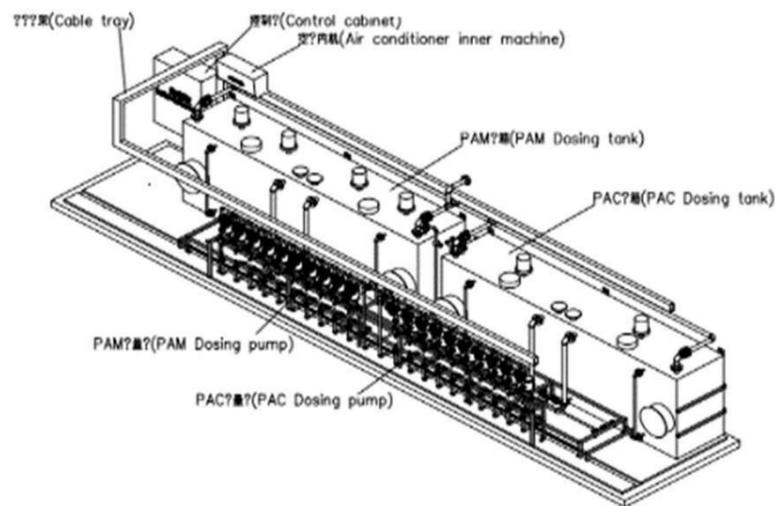


Figura 2.13. Equipo de sistema de dosificador #01 (12)

#### E.1.1. Agente PAM (poliacrilamida aniónica).

Este agente es muy importante, ya que se comporta como un polímero soluble en agua lineal, actuando como floculantes eficaces, agente espesante, agente de reducción de la resistencia, ampliamente utilizados en el procesamiento de agua.

### E.1.2. Agente PAC (cloruro de polialuminio).

Este agente es muy importante ya que se comporta como un polímero inorgánico, soluble en agua lineal, actuando como un coagulante de alta eficacia purificando el agua, el cual es usado para tratamiento de aguas residuales y aguas turbias o con concentrado de corrosión, fácil para la operación y es adecuado para dosificación automática. Además, no va a bloquear las tuberías durante largo tiempo de uso.

### E.2. Contenedor de dosificación #02:

Está Compuesta por 05 Conjuntos de dispositivos de Dosificación de inhibidor de incrustaciones, dispositivo de dosificación de agente reductor, dispositivo de dosificación bactericida no oxidante y dispositivo de ajuste de pH; donde cada conjunto de dispositivo de dosificación comprende una bomba de dosificación y recipiente de medición o almacenamiento, las cuales impulsan el producto hasta los equipos mezcladores de Flujo donde hacen contacto con el fluido de la línea que ingresará a cada equipo correspondiente.

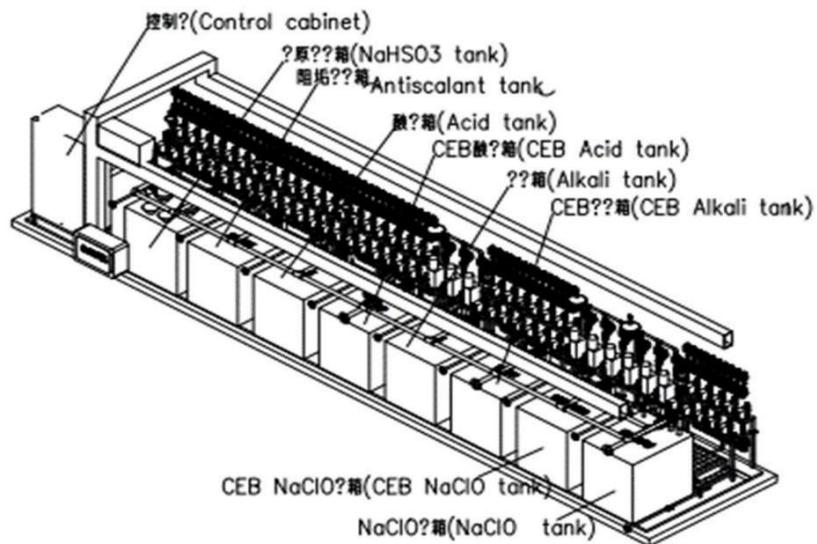


Figura 2.14. Equipo de sistema de dosificador #02 (12)

### **E.2.1. Agente CEB-acido (retrolavado químico – ácido clorhídrico)**

Este Agente, es un Agente Ácido Clorhídrico (HCL), es muy importante, ya que se comporta como un químico removedor de impurezas biológicas o incrustaciones de solidos en las Membrana de ultrafiltrado (UF).

### **E.2.2. Agente CEB-alkalino (retrolavado químico – hidróxido de sodio)**

Este Agente de hidróxido de sodio (NaOH), es muy importante, ya que se comporta como un químico neutralizador de PH, desengrasante y de desinfección de las Membrana de Ultrafiltrado (UF).

### **E.2.3. Agente NACLO (hipoclorito de sodio - oxidante)**

Este agente es también conocido por su nombre comercial como lejía y es un muy importante ya que se comporta como un compuesto de desinfección del agua y se usa como purificación, blanqueamiento, fungicida y eliminación de olores.

### **E.2.4. Agente reductor (NaHSO<sub>3</sub> - bisulfito de sodio)**

Este agente es muy importante porque permite reducir el cloro, también puede servir como sustituto del carbón activado usado en los filtros, tiene propiedades antimicrobianas, funciona como conservante y antioxidante, siendo capas de conservar y alargar la vida del Producto.

### **E.2.5. Agentes inhibidores de escala.**

Este agente es muy importante que tiene una excelente protección, impermeabilidad, buena resistencia a la conductividad térmica, excelente resistencia a la debilidad de los ácidos, es un alcalino fuerte a la adhesión, brillante, flexible, denso y duro.

También permite prevenir, retardar o reducir la formación de escamas bioincrustantes inorgánicas en la superficie de la membrana RO, prolongando la vida de servicio de la membrana.

## F. Sistema de limpieza – CIP (Cleaning in place)

Este equipo está conformado por 01 contenedor de Limpieza que en su interior está compuesto por 02 Dispositivos de limpieza y enjuague CIP (Cleaning in place), La cual se Describe a continuación.

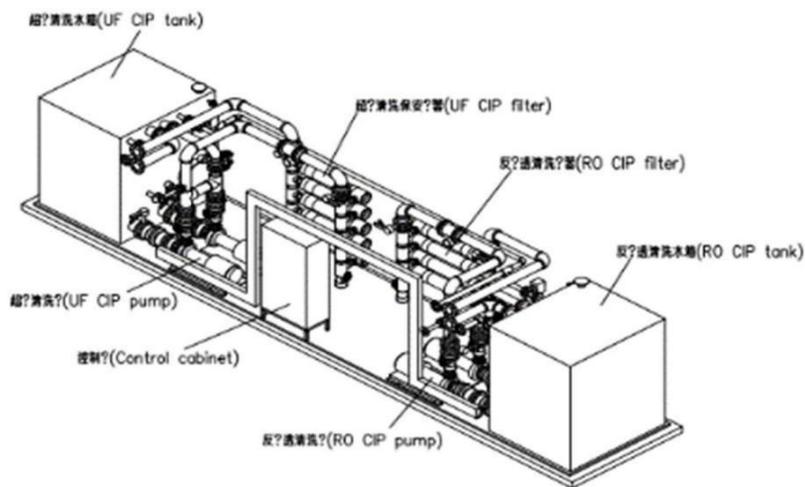


Figura 2.15. Equipo de Sistema de Limpieza CIP (12)

### F.1. CIP - dispositivo de lavado y enjuague (UF)

Este Dispositivo CIP de limpieza UF, está conformado por 01 tanque de almacenamiento, 02 bombas, 01 filtro autolimpiante, el cual almacena el agua soluto, producto de la permeabilización de la membrana RO, el cual se une y se mezcla en el tanque con una parte del agua purificada (parte de agua desmineralizada que se trasporta para el tanque de agua producida la cual se encuentra mezclada con el agente alcalino NaCL), una vez que el tanque se encuentre lleno, el fluido es impulsado por 02

bombas hacia el filtro cartucho y esta a su vez hacia el filtro de Ultrafiltración (UF), para el enjuague y limpieza.

## **F.2. CIP - dispositivo de lavado y enjuague (RO)**

Este Dispositivo CIP de limpieza RO, está conformado por 01 tanque de almacenamiento, 02 bombas, 01 filtro autolimpiante, que permeabiliza el fluido transportado desde el sistema de Contendor CIP de limpieza, La cual es alimentado por la resultante de solidos de la membrana RO que se transporta hacia el Recuperador de Energía, para luego ser bombeado y filtrado hacia la membrana RO, realizando de esta manera el enjuague y limpieza de las membranas de RO, Por otro lado, el resultado de la limpieza será trasladado a la línea de transporte de Salmuera para su evacuación.

## **G. Sistema de agente químicos**

Este equipo está conformado por 03 agentes químicos Hidróxido de Sodio (NaOH) e Hipoclorito de Sodio (NaClO) y de ácido clorhídrico (HCL), las cuales mediante líneas de tuberías PE (Polietileno), son impulsado hacia el contenedor de Dosificación #02, para luego ser transportados hacia los equipos mezcladores donde se producirá la mezcla entre el fluido de agua transportado y los agentes químicos.

El proyecto cuenta con 03 puntos de mezcla, las cuales son:

- Ingreso a Filtros multimedia o Filtros de arena.
- Ingreso a Equipos de membrana UF.
- Ingreso a Equipos de Sistema de Osmosis inversa (RO)

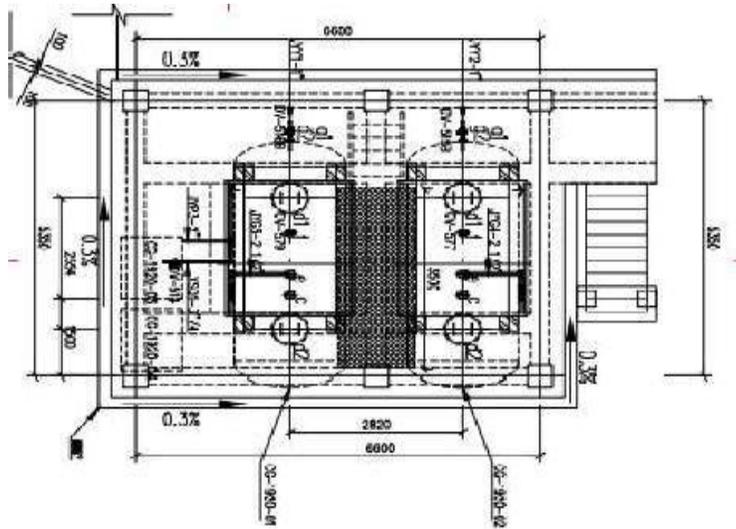


Figura 2.16. Sistema de Agentes quimicos (12)

### G.1. Agente químico hidróxido de sodio (NaOH)

Este agente es almacenado en 01 Recipiente horizontal de Acero A-36 de capacidad.10 m<sup>3</sup> y es impulsado por 02 bombas Centrifugas (01 operativo y 01 Stand By) que mediante líneas de tubería PE (Polietileno), hacia el contendor de dosificación #02. Este Agente hidróxido de sodio (NaOH), es muy importante, ya que se comporta como un químico neutralizador de PH, desengrasante y de desinfección con alto grado de alcalinidad.

### G.2. Agente químico hipoclorito de sodio (NACLO)

Este agente es almacenado en 01 Recipiente horizontal de Acero A-36 de capacidad.10 m<sup>3</sup> y es impulsado por 02 bombas Centrifugas (01 operativo y 01 Stand By) que mediante líneas de tubería PE (Polietileno), hacia el contendor de dosificación #02. Este Agente Hipoclorito de Sodio (NACLO), también conocido como lejía, es un muy importante ya que se comporta como un compuesto de desinfección del agua y se usa como purificación, blanqueamiento, fungicida y eliminación de olores.

### **G.3. Agente químico ácido clorhídrico (HCL),**

Este agente es almacenado en 02 Recipiente de capacidad.1 m<sup>3</sup> y es impulsado por 02 bombas Centrifugas (01 operativo y 01 Stand By) que mediante líneas de tubería PE (Polietileno), hacia el contenedor de dosificación #02.

Este Agente de Ácido Clorhídrico (HCL), es muy importante, ya que se comporta como un químico removedor de impurezas biológicas o incrustaciones de solidos.

#### **2.1.2.3.3. Líneas de tubería planta desaladora.**

En nuestro caso esta área comprende Las Líneas y tipos de tubería que forman parte e interconectan los equipos del Sistema de la planta de desalinización de agua de mar, las cuales están conformados por:

- zona de Captación de agua de mar.
- Planta de Proceso de Tratamiento de agua de mar.
- Transporte de Agua Producida (desmineralizada)
- Transporte de agua de Rechazo o retorno (Salmuera)

Estas líneas de tubería están conformadas por tuberías de diferentes diámetros, tuberías de acuerdo al tipo de fluido a trasportar, válvulas y accesorios, los cuales son parte del sistema de Desalinización de agua de mar.

#### **A. Tuberías poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)**

Esta tubería está compuesta por material de Fibra de Vidrio (Resina Poliéster, Fibra de Vidrio, Sílice y Materiales auxiliares), utilizado mayormente en planta proceso de tratamiento de aguas, por su alta capacidad, tenacidad siendo un material de alta durabilidad, resistente al desgaste y menor peso por metro lineal.

Estas líneas de PRFV, está comprendida por tuberías de diferentes Diámetros Que van desde los DN 100mm hasta los DN 900mm, las cuales conforman las tuberías de rebose, manifold de Succión y

Descarga de los Tanques de almacenamiento, líneas de transporte o recorrido de Agua de Mar o agua cruda, Agua Producida UF y Agua Producida RO, que ingresan, salen y conexas los equipos, Bombas de Alimentación SF, filtro multimedia de arena (SF), Contenedores de Ultrafiltración UF, Bombas de Retrolavado UF, Bombas de alimentación RO, Filtros Cartucho RO, Contenedores de Osmosis Inversa (RO) y líneas de Transporte de Salmuera que comprenden los tramos de salida de Equipos de Planta de Tratamiento hasta tanque de almacenamiento de Salmuera.

- **Consideraciones para las uniones o juntas de tubería.**

Para la realización de uniones de tubería y tubería, se tiene en cuenta los siguientes pasos.

1. El Personal a manipular deberá recibir una capacitación previa de la manipulación de los productos.
2. Se deberá realizar una limpieza mecánica en la superficie superior de distancia de 30cm en cada extremo, luego se deberá limpiar con agua de jabón o detergente mediante un cepillo la parte superior, con el fin de evitar impurezas y luego realizar el secado con trapo industrial y dejar orear de 5 min a 10 min.
3. Una vez que la tubería no cuente con rasgos de humedad en la parte a intervenir, se procederá a realizar el armado o alineamiento de los ejes de cada tubo (empalme de uniones de tubo). para lo cual se procederá a colocar y recubrir el Velo superficial necesario para la unión entre tubo y tubo con una distancia de recubrimiento de 30 cm a cada lado o extremo de la tubería.
4. Paralelo al armado, se debe preparar la resina o catalizador químico, luego se debe proceder a aplicar el químico por encima del velo superficial y después de 10 min. de espera por cada capa aplicada, se deberá Volver a colocar otra capa más,

hasta 3 capas y luego se deja reposar hasta que el producto seque y endurezca.

5. Se repite este procedimiento en cada junta o empalme de tubería de PFRV. Para este tipo de tubería se le realizará pruebas hidrostáticas

COMPONENTE	CANTIDADES	OBSERVACION
MAT (fibra de vidrio)	1 m2	450 [gr]
RESINA	2 [kg]	---
COBALTO (Acelerante)	3 a 6 [gr]	por [kg] de resina
PEROXIDO (MEK: Metiletilcetona) / Catalizador	10 a 20 [gr]	por [kg] de resina

**Tabla 2.4.** Componentes para mezcla para unión de PFRV (14)

#### **B. Línea de tubería acero inox 316L:**

Está compuesto por material de Acero Inoxidable 316L, es utilizado mayormente en planta proceso para el traslado de tubería de Aire, por su alta capacidad, tenacidad siendo un material de alta durabilidad, resistente a la oxidación o corrosión, siendo de material limpio.

Estas líneas de Aire, está comprendida por tuberías de diferentes Diámetros DN 15mm, DN 32mm, DN 40mm, DN 125mm, las cuales conforman las tuberías de descarga del Compresor de aire, que se unen al manifold de tubería que alimenta al tanque almacenamiento de aire de proceso y al tanque de almacenamiento de aire para uso de instrumentación. El cual se almacena mediante la apertura de válvulas y se distribuye y pasa mediante una tubería de descarga hacia los equipos secadores de Aire el cual trasporta el aire Seco hacia los equipos de instrumentación y válvulas neumáticas.

- **Consideraciones para las uniones o juntas de tubería.**

1. El Personal a manipular deberá ser calificado de acuerdo al Proceso de soldadura según procedimiento de soldadura WPS.
2. Para los empalmes entre tubo y tubo, se deberá realizar el biselado, armado y alineamiento de eje de tubo y tubo dejando

una luz de 1/6" según Procedimiento WPS. la cual garantizará una buena fusión del material de aporte con el material de la tubería.

3. Luego el Soldeo de tubería y tubería o accesorio, se realizará mediante proceso GTAW y se realizará 03 pases por junta, raíz, relleno y Acabado, se aplicará pruebas de Tinte Penetrante a la junta de Raíz y para este tipo de tubería se le realizará Pruebas Neumáticas.

### **C. Línea de tubería pe:**

Está compuesto por material de Polietileno con malla reforzada, es utilizado mayormente en planta proceso para el traslado de fluidos de tubería con concentración de agentes químicos, agua de mar, agua de rechazo y agua producida por su alta capacidad, tenacidad siendo un material de alta durabilidad y muy resistente.

#### **• Consideraciones para las uniones o juntas de tubería.**

1. El Personal a manipular deberá ser calificado e instruido.
2. EL empalme entre tubo y tubo, se deberá realizar mediante un accesorio propio del material llamado acople, el cual permite realizar el armado y alineamiento de eje de tubo y tubo.
3. Una vez armado y alineado los tubos, se procede a realizar el Soldeo o fusión de los elementos de acuerdo al Proceso de Electrofundición, el cual consiste en colocar las pinzas positivas y negativas entre el tubo y equipo.
4. Luego esperar entre 15 min. a 50 min. se realice la fusión y soldeo de tubos y tubo, el tiempo de espera de fusión va depender del diámetro nominal, donde para tuberías de menor diámetros se le aplica menos tiempo y mayores diámetro mayor tiempo.
5. Para este tipo de tubería se le realizará pruebas hidrostáticas.

### **C.1. Línea de transporte de agua de mar**

Esta línea de tubería, parte desde el tramo +240 de la línea de transporte de agua de mar en adelante, en donde se empalma o se une a la tubería de acero con recubrimiento de plástico interior, mediante unión de bridas, para luego

Esta línea está comprendida por una longitud de 1.1.km y el diámetro de la tubería de PE es de DN 700 mm y consta de 04 venteos en todo el recorrido el cual están distribuidos según plano de diseño de ingeniería.

### **C.2. Planta de procesos de tratamiento de agua.**

Esta línea de tubería, parte desde los tanques de almacenamiento de agentes Químicos, el cual se unen con los contenedores de Dosificación #01 y #02, para luego trasladar estos agentes Dosificadores a las Diferentes líneas de alimentación de Filtros multimedia de arena (SF), Ultrafiltración (UF) y Osmosis Inversa (RO) donde se encuentran los Equipos mezcladores.

Esta línea Comprende tuberías menores desde DN 40 mm hasta DN 75 mm. Según planos de diseño.

### **C.3. Línea de transporte de agua producida o desmineralizada.**

Esta Línea, Comprende el transporte de fluido de agua Producida (desmineralizada), que es impulsado por las bombas de agua producida desde el tanque de agua Producida de Osmosis Inversa RO, hasta el tanque de almacenamiento de la Planta de Concentrado.

Esta línea está comprendida por una longitud de 3.0 km y el diámetro de la tubería de PE es de DN 450 mm y consta de 06 venteos en todo el recorrido el cual están distribuidos según plano de diseño de ingeniería.

#### **C.4. Línea de transporte de agua producida o desmineralizada.**

Esta Línea, Comprende el transporte de fluido de agua de rechazo o salmuera que es almacenado en el tanque de concreto donde desembocan todas las líneas de rechazo de la planta desaladora.

El fluido de agua de rechazo o salmuera que sale del tanque de almacenamiento de agua de Rechazo, es transportado por caída de gravedad hasta aprox. 180 ml dentro del mar, el cual mediante difusor submarino evacua o disipa el fluido.

#### **2.1.2.3.4. Sistema eléctrico de la planta desaladora.**

Se deberá proveer suministro de energía eléctrica en 4.16kV hacia dos zonas del proyecto: Zona de Captación (Área 1910) y Planta Desalinizadora (Área 1920).

Para el caso de la Zona de Captación (Área 1910) el suministro será desde Planta Shougesa en 4.16kV, hasta la celda 1910-AH-000 y desde esta hasta la sala eléctrica EHOUSE 1910-ER-100.

En el caso de la Planta Desalinizadora (Área 1920) se tendrá dos suministros en 4.16kV, una fuente desde la nueva SE 1900-ER-100 y otra fuente desde SE 28 existente. Estos dos circuitos suministrarán energía a la nueva sala eléctrica 1920-ER-100.

A partir de esta última subestación se alimentará las subestaciones de distribución secundarias 1920- ER-100A y 1920-ER-100B. Cabe señalar que en el caso de la Planta Desalinizadora la topología del sistema eléctrico es redundante.

Todas las subestaciones del proyecto son prefabricadas, del tipo Shelter y la tensión del suministro será de 4.16 kV, 3F+T, 60Hz.

- **Condiciones de servicio del sistema**

Todo el equipamiento y suministro eléctrico operará con los siguientes valores:

ITEM	DESCRIPCIÓN	
1	Voltaje en Media Tensión:	4.16 kV, 3F+T
2	Voltaje en baja tensión (fuerza)	480 V, 3F+T
3	Voltaje en baja tensión (alumbrado)	230 V, 3F+T
4	Rango de variación de servicio	±5% V
5	Corriente de Cortocircuito	42 kA @ 4.16 kV
6	Corriente de Cortocircuito:	65 kA @ 480 V
7	Corriente de Cortocircuito:	18 kA @ 230 V
8	Frecuencia:	60 Hz
9	Factor de potencia:	0.85

**Tabla 2.5.** Condiciones de servicio del Sistema (2)

#### **A. Sala eléctrica captación (EHOUSE 1910-ER-100)**

Esta sala es suministrada con energía proveniente la celda existente MCC 2 UNIDAD N°3, que pertenece a la empresa SHOUGESA.

La alimentación de la sala Eléctrica es mediante cable N2XSY 3x1x150mm<sup>2</sup> siendo su recorrido por tubería RGS de 4", bandejas, manholes y banco de ductos proyectados hasta el poste P1 donde se realizó un empalme con cable auto soportado de 3x1x95mm<sup>2</sup> N2XS2Y- S, esta línea de transmisión de 350m recorre por postes de madera de 55" hasta la celda de llegada 1910-AH-002 del Ehouse 1910-ER-100.

Siendo esta Sala Eléctrica equipada con 08 celdas en 4.16KV que consta de 01 Salida para transformador de 200KVA, 01 salida para un gabinete de compensación reactiva 400KVAR, 4 celdas de salida para las bombas de captación de 355KW, 01 celda de medición PT y 01 celda de llegada de alimentación para el transformador y el gabinete.

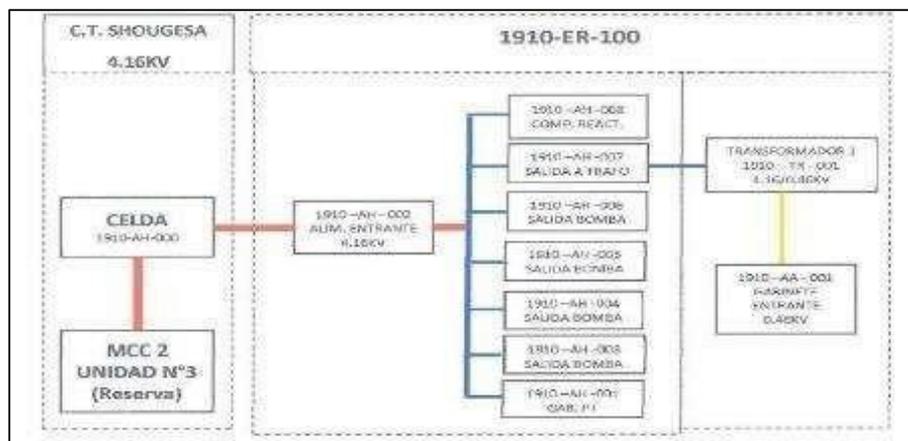


Figura 2.17. Diagrama de bloque alimentación E-House 1910-ER-100 (2)

EHOUSE 1910-ER-100		
ITEM	Descripcion de Equipos	Tag de Equipos
1	Gabinete de PT en 4.16kv	1910-AH-001
2	Alimentación principal en 4.16kv	1910-AH-002
3	Salida a bomba 1910-SBP-A-M01 en 4.16kv	1910-AH-003
4	Salida a bomba 1910-SBP-B-M01 en 4.16kv	1910-AH-004
5	Salida a bomba 1910-SBP-C-M01 en 4.16kv	1910-AH-005
6	Salida a bomba 1910-SBP-D-M01 en 4.16kv	1910-AH-006
7	Salida a transformador 1910-TR-001	1910-AH-007
8	Salida a compensación reactiva	1910-AH-008

Tabla 2.6. Tabla de descripción de equipo EHOUSE 1910-ER-100 (2)

#### A. Sala eléctrica planta de tratamiento de agua de mar (E HOUSE 1920-ER-100)

Esta sala es suministrada con energía proveniente de dos acometidas: circuito "A" desde la subestación 1900-ER-100 a través de manholes y banco de ducto reforzado mediante tres ternas de cable ZR-YJSV-6/10Kv 3x3(1x240mm<sup>2</sup>) hasta la celda de llegada 1920-AH-A005 ubicada en la sala Ehouse 1920-ER-100.

circuito "B" desde la subestación N°28 mediante tres ternas de línea de transmisión aérea con cable autoportante hasta la celda de llegada 1920-AH-B005 ubicada en la en la sala Ehouse 1920-ER-100.

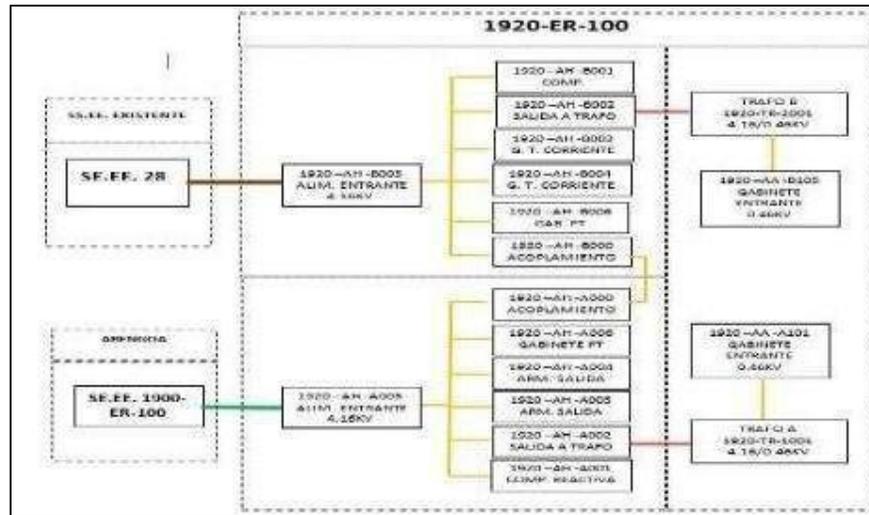


Figura 2.18. Diagrama de bloque alimentación E-House 1920-ER-100 (2)

EHOUSE 1920-ER-100		
ITEM	Descripcion de Equipos	Tag de Equipos
1	Celda de Alimentación entrante en 4.16kv	1920-AH-B005
2	Celda de Compensación reactiva en 4.16kv	1920-AH-B001
3	Celda de Transformador de Tensión celda en 4.16kv	1920-AH-B002
4	Celda de toma de corriente en 4.16kv	1920-AH-B003
5	Celda de toma de corriente en 4.16kv	1920-AH-B004
6	Celda de Gabinete de PT. En 4.16kv	1920-AH-B006
7	Celda de Aislamiento de Segmentos en 4.16kv	1920-AH-B000
8	Celda de Alimentación de entrante en 4.16kv	1920-AH-A005
9	Celda de Disyuntor de Segmentos en 4.16kv	1920-AH-A000
10	Celda de Gabinete de PT. En 4.16kv	1920-AH-A006
11	Celda de Salida en 4.16kv	1920-AH-A004
12	Celda de Salida en 4.16kv	1920-AH-A003
13	Celda de Transformador de Tensión celda en 4.16kv	1920-AH-A002
14	Celda de Compensación reactiva en 4.16kv	1920-AH-A001

Tabla 2.7. Tabla de Celdas MT en sala eléctrica E-house 1920-ER-100 (2)

- **Sala eléctrica 1920-ER-100A**

Desde la sala E-house 1920-ER-100 se suministra la energía en 4.16kv mediante dos circuitos hacia la sala E-house 1920-ER-

100A, un circuito desde la celda 1920-AH-A003 hasta la celda de llegada SF6 1920-AH-A201 con cable YJSV-6/10Kv 3(1x95mm<sup>2</sup>) por bandejas portacables y otro circuito desde la celda 1920-AH-B004 hasta la celda de llegada SF6 1920-AH-A204 con cable YJSV-6/10Kv 3(1x95mm<sup>2</sup>).

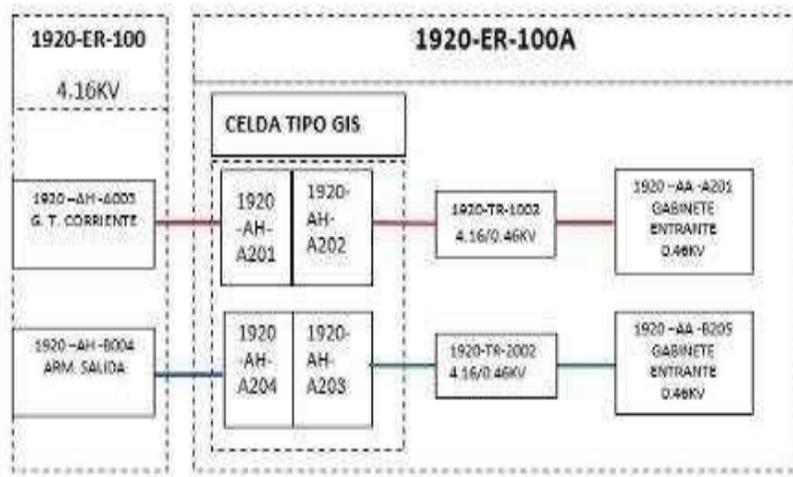


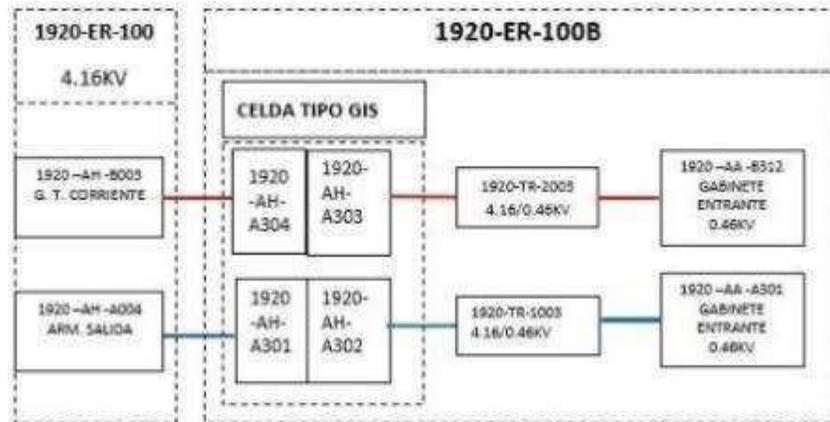
Figura 2.19. Diagrama de bloque alimentación E-House 1920-ER-100A (2)

EHOUSE 1920-ER-100 A		
ITEM	Descripcion de Equipos	Tag de Equipos
1	Celda Gris en 4.16kv Entrada	1920-AH-A201
2	Celda Gris en 4.16kv Salida	1920-AH-A202
3	Celda Gris en 4.16kv Salida	1920-AH-A203
4	Celda Gris en 4.16kv Entrada	1920-AH-A204

Tabla 2.8. Tabla de Celdas MT en sala eléctrica E-house 1920-ER-100A (2)

- **Sala eléctrica 1920-ER-100B**

Desde la sala Ehouse 1920-ER-100 se suministrará energía en 4.16kv mediante dos circuitos hacia la sala E-house 1920-ER-100B, un circuito desde la celda 1920-AH-A004 hasta la celda de llegada SF6 1920-AH-A301 con cable YJSV-6/10Kv 3(1x95mm<sup>2</sup>) por bandejas portacables y otro circuito desde la celda 1920-AH-B003 hasta la celda de llegada SF6 1920-AH-A304 con cable YJSV-6/10Kv 3(1x95 mm<sup>2</sup>).



**Figura 2.20.** Diagrama de bloque alimentación E-House 1920-ER-100B (2)

EHOUSE 1920-ER-100 A		
ITEM	Descripcion de Equipos	Tag de Equipos
1	Celda Gris en 4.16kv Entrada	1920-AH-A301
2	Celda Gris en 4.16kv Salida	1920-AH-A302
3	Celda Gris en 4.16kv Salida	1920-AH-A303
4	Celda Gris en 4.16kv Entrada	1920-AH-A304

**Tabla 2.9.** Tabla de Celdas MT en sala eléctrica E-house 1920-ER-100B (2)

#### 2.1.2.3.5. Consideraciones para el montaje de equipos y tubería.

Para el proceso de montaje de equipo y tuberías se deberá tener ciertas consideraciones generales para la maniobra o izaje y dependiendo de la complejidad de los equipos y tuberías, se elaborará un procedimiento específico de montaje denominado “Plan Rigger” donde se evalúa las condiciones de trabajo (carga y la distancia o lugar de posicionamiento) con el fin de no dañar el equipo y/o tubería con respecto a otros elementos.

- **Consideraciones para el montaje.**

- Se deberá realizar el análisis de riesgo, evaluar el área de trabajo, luego se deberá delimitar y tener la documentación previa al inicio de trabajo.
- Verificar que las personas que serán parte de la maniobrar debe estar capacitado, calificado y/o certificado. Caso contrario deberán ser retirados.

- Se deberá Verificar los puntos de Izaje del equipo a izar, así mismo evaluar el peso de la carga y de acuerdo a eso seleccionar y/o evaluar el equipo con el que se realizará la maniobra.
- Para la selección de la capacidad del equipo de maniobra, se deberá tener en consideración el peso de la carga al 100% y el radio de giro (horizontal y/o vertical) para lo cual debe ser manipulado al 60% de capacidad del equipo de maniobra debido al factor de seguridad.
- Verificar que las herramientas de Izaje y/o Aparejos que son parte o complemento de los equipos deberán estar en buenas condiciones y deberán ser usados en la función para la cual han sido diseñados.
- Verificar que el maniobrista del equipo y el Rigger Calificado no tengan puntos ciegos o pérdida de visibilidad de la carga y/o guía del Rigger, Para lo cual se deberá contar con radios o elementos de comunicación en buen estado, en caso de tener Puntos Ciegos se deberá evaluar y considerar de 01 a más operadores Rigger colocados en puntos visibles.

- **Izaje o maniobra de equipos**

Una vez tenido en cuenta las consideraciones para el montaje descrito en la parte superior, previo a la maniobra de Izaje de los equipos de la planta de Tratamiento de Agua, se deberá inspeccionar y verificar que los pernos de anclaje se encuentren en óptimas condiciones sin daño alguno, los cuales deberán coincidir con el control dimensional de los agujeros de las bases de los equipos, caso contrario se informará al cliente no dando por aceptado y no procediendo con el Montaje hasta su levantamiento o corrección.

Después de haberse inspeccionado y dar luz verde para el proceso de maniobra de Izaje de los equipos, se deberá colocar las herramientas de Izaje, así mismo se deberá equilibrar y

compartir el peso de la carga entre todos sus puntos de izaje (orejas), para el caso de los equipos grandes se deberá considerar Aparejos o yugos metálicos que permitan uniformizar y nivelar la carga a la hora de La maniobra, así mismo estas deberán ser siempre acompañadas con Sogas o drizas de viento el cual deberán estar amarrados a los extremos de acuerdo a la necesidad y evaluación de la carga.

Estas sogas deberán ser sujetas en todo momento por el personal calificado que se encuentre de apoyo, así mismo no se deberá cruzar por debajo de la carga suspendida.

Para el posicionamiento de la carga (equipo), una vez colocado o calzado en los pernos de anclaje y con una suspensión mínima, se deberá ir graduando el nivel del equipo y a su vez alineándolo hasta su fijación final, para ello mediante la ayuda de las sogas y/o drizas de viento se mantendrá el equilibrio de la carga

Para el acarreo, posicionamiento de la carga de línea (tubería) se deberá colocar las herramientas de izaje (eslinga) en cada extremo de la tubería, así mismo se debe colocar las sogas o drizas de viento para equilibrar y uniformizar la carga, luego se procede a posicionar lo más cerca posible, facilitando así de esta manera el posterior armado de la tubería.

Control topográfico, Se deberá considerar para el proceso de posicionamiento, nivelación, alineamiento y fijación final del equipo y deberá trabajar en coordinación con el personal de maniobra (operador grúa y operador Rigger)

### **2.1.3. Normativas.**

- ✓ **UNE-EN 1796;** Sistema de canalización en materiales plástico para suministro de agua con o sin presión

- ✓ **UNE-EN 14364**; Sistema de canalización en materiales plásticos para evacuación y saneamiento con o sin presión.
- ✓ **ASME**: American Society of Mechanical Engineers.
- ✓ **ASME / ANSI B31.1**: Power Piping.
- ✓ **ASME / ANSI B31.11**: Slurry Transportation Piping Systems
- ✓ **ASME / ANSI B31.3**: Process Piping.
- ✓ Especificaciones Técnicas del Proyecto
- ✓ Planos de construcción emitidos por SHP
- ✓ **D.S.N° 005-2012**: Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- ✓ **D.S.N° 024-2016 EM** “Reglamento de Seguridad Minera”
- ✓ **R.M. N° 375-2008-TR**: Norma Básica de Ergonomía.
- ✓ **ANSI A14.3-1992, Z359.1-1992**
- ✓ **ANSI/NFPA 70**: Código Eléctrico Nacional (NEC)
- ✓ **ANSI C2** Código Eléctrico de Seguridad Nacional (NEESC)
- ✓ **ANA**: Autoridad Nacional del Agua.

## **2.2. Descripción de las actividades desarrolladas**

### **2.2.1. Lugar de ejecución del proyecto**

El proyecto “INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE LA PLANTA DESALADORA PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DE AGUA EN LA MINERA SHP - MARCONA”, Ubicado dentro de las instalaciones de la Minera SHOUGAN HIERRO PERU SAA, - NAZCA - ICA y tuvo una duración de 160 días Calendario durante los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto. del año 2018 la cual fue ejecutado en 5 etapas que se describe a continuación:

### **2.2.2. Planificación de las actividades**

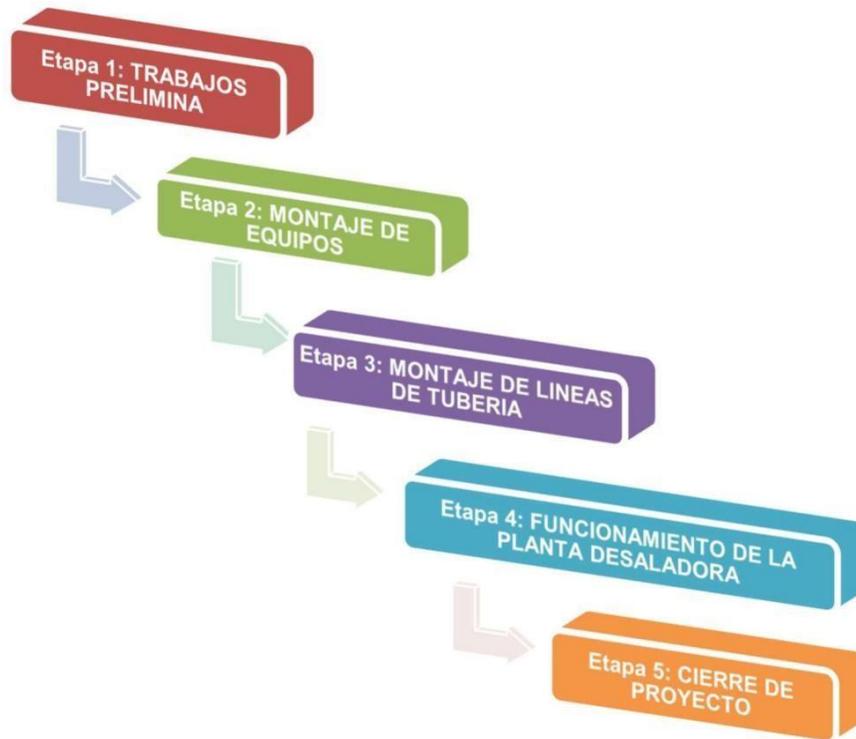
- **ETAPA 1. Trabajos preliminares**: Esta etapa consiste en la revisión del alcance del proyecto, Planos de Ingeniería, Elaboración de

documentos de inicio de Obra, la solicitud de atención de los requerimientos que forman parte del alcance del cliente, Instalación de Oficinas, Selección y Traslado de Personal Calificado a la Obra e inspección de los trabajos Civiles y de Estructuras Realizados por otra Contratista.

- **ETAPA 2. Montaje de Equipos:** Esta etapa consiste en realizar, Recepción de Equipos, trazo y replanteo topográfico, montaje de Equipos de Producción y montaje de Salas Eléctricas de la Planta Desaladora (zona de Captación y Planta de Tratamiento).
- **ETAPA 3. Montaje de líneas de Tubería:** Esta etapa consiste en realizar, Recepción de líneas de tubería, trazo y replanteo topográfico, montaje, instalación y conexionado de la línea de transporte de agua de Captación, línea de proceso de la Planta desaladora, línea de agua de rechazo (salmuera) y línea de tubería de agua producida (desmineralizada).
- **ETAPA 4. Funcionamiento de la Planta Desaladora:** Esta etapa consiste en el Acompañamiento del energizado de los equipos y de operación de la planta Desaladora realizado por SHM, para lo cual se designa Personal Calificado de apoyo durante el proceso de prueba, quienes, de ser necesario, realizaran alguna intervención según indicación del cliente.
- **ETAPA 5. Cierre de Proyecto:** Esta etapa consiste en la entrega de Documentos de cierre de obra, Retiro de Oficinas y limpieza de las zonas de trabajo.

### 2.2.3. Diagrama de flujo o diagrama de operaciones

Se muestra el siguiente esquema de la segmentación de cada etapa:



**Figura 2.21.** Diagrama de Flujo - Proyecto "Planta desaladora" (15)

#### **2.2.4. Cronograma de actividades**

A continuación, se desarrolló el cronograma para la planificación y ejecución de los trabajos de "INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE LA PLANTA DESALADORA", el cual inicia el 30.04.2018 y finaliza el 06.10.2018 con una duración de 160 días calendario. El cual se describe a continuación.

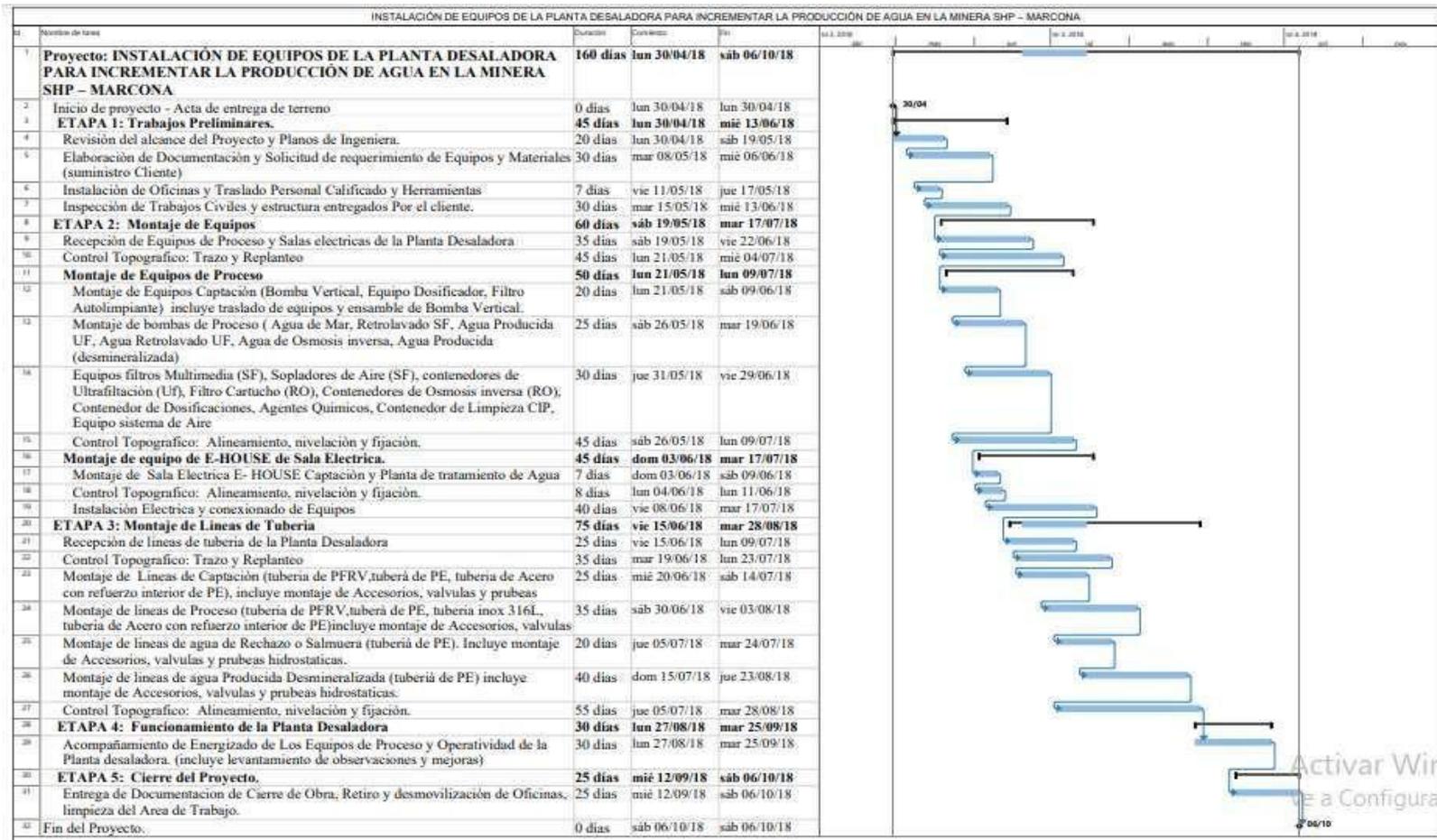


Figura 2.22. Cronograma de actividades - Proyecto “Instalación de equipos Para incrementar la Producción en la minera SHP” (16)

### III. APORTES REALIZADOS

#### 3.1. Desarrollo de las actividades programadas

##### A. Etapa 1. Trabajos preliminares.

- **Aporte:** En esta etapa, nos permitió revisar el alcance, verificar, identificar y alertar de la incompatibilidad de los planos de ingeniería entre las distintas Disciplinas. para lo cual se dieron parte al cliente para su levantamiento.

Así mismo se inspecciono y se verifico el estado de los Pernos de anclaje, plancha embebida, tanques de almacenamiento, base de concreto y soporteria de estructuras, entregado por el cliente, donde se presentaron observaciones (presencia de fisura, corrección de niveles de base de Concreto y mejora de alineamiento de Soporteria).

- **Actividad:** En esta etapa se desarrolla la revisión del alcance de proyecto, revisión detallada de planos de ingeniería con el fin de evitar incongruencias, envíos de documentos de consulta (RFI'S) y solicitud de requerimiento de equipos y materiales.

Así mismo en esta etapa, se da inicio a la ejecución de los trabajos, el cual comprende, movilización de los recursos (equipos, materiales y personal), instalación de oficinas e inspección y evaluación de los trabajos realizados de obras civiles y de estructura realizados por otro contratista entregado parcialmente por el cliente.



**Figura 3.1.** Inspección de Obras civil y de estructura en zona Captación (17)



**Figura 3.2.** Verificación de punto de niveles en la planta desaladora (17)

## **B. Etapa 2. Montaje de equipos**

- **Aporte:** EN esta etapa, nos permitió gestionar, coordinar la recepción y verificación del estado de los equipos Suministrados por el cliente, para lo cual se corrobora de acuerdo a las especificaciones técnicas y planos de diseño.

También, nos permitió coordinar con el cliente sobre las áreas liberadas, iniciando de esta manera los trabajos de Trazo y replanteo Como parte del montaje de equipo, el aporte que se realizó fue el de la selección de tipo de grúa a operar de acuerdo a la capacidad de carga del equipo y radio de maniobra del equipo, el cual se describió en el procedimiento de Izaje de equipos y tuberías (Plan Rigger) Para el montaje de bombas Verticales de la zona de Captación, se gestionó y coordino con el cliente la autorización de uso de Puente Grúa y polipasto instalado, para lo cual se realizó la inspección y mantenimiento respectivo.

Debido a la presencia de desniveles observados según el replanteo, para la nivelación y alineamiento de los equipos, se Preparó y coloco planchas o platinas de tope nivelante, donde se requieran.

El aporte realizado en la alimentación de Energía a los equipos, donde se presentaron observaciones de incompatibilidad de planos entre la distribución de líneas de tubería y el tendido de canaletas, ya que coincidían en los mismos niveles, se procedió a realizar Red line

(plano de modificación firmado en campo) entre ambas partes con el fin de no generar retrasos.

- **Actividades:** Esta etapa comprende la realización de gestión, Coordinación y recepción del suministro de equipo entregados por el cliente, la cual ha sido entregado en 03 fases junto a los supervisores de Campo e inspector de calidad (quien es el encargado de validar el buen estado del equipo), así mismo se realizó también la inspección visual de las bases de los soportes de los equipos (pernos de anclaje, nivel de loza y estructura) junto a los supervisores, y mediante equipo topográfico se verifica el trazo y replanteo.

Luego Paralelo a la recepción de los equipos, se presentó y aprobó el Plan Rigger, donde se describe y se selecciona el tipo de grúa a usar en el montaje de los equipos, siendo seleccionado una grúa telescópica de 350 tn para los Equipos de la Sala eléctrica y para los demás equipos se usó una grúa telescópica de 50 tn. y camión grúa de 12 a 24 tn y en el caso de Instalación de las bombas Verticales de Captación, se realizó mediante puente grúa y posterior a ello se procedió con el ensamblaje insitu.

Posterior al montaje de las salas Eléctricas, se realiza el sistema de alimentación de energía, el cual comprende la instalación de bandejas, Cable de fuerza y control, conexión empalme de aterramiento de equipos y aterramiento de estructuras.



**Figura 3.3.** Recepción de Equipos, descarga y apertura de Cajas (17)

- **Equipos Zona Captación.**

Esta zona comprende los Equipos que son parte del Proceso de Captación.



**Figura 3.4.** Montaje de Sala eléctrica EHOUSE 1910-ER-100 (17)



**Figura 3.5.** Montaje y ensamble de bomba verticales zona Captación (17)



**Figura 3.6.** Montaje de equipo dosificador en zona captación (17)



**Figura 3.7.** Montaje de equipo Filtro autolimpiante en zona captación (17)

- **Equipos Zona Planta desaladora.**

Esta zona comprende los Equipos que son parte del Proceso de la planta de tratamiento de agua.



**Figura 3.8.** Montaje de Sala Eléctrica E- HOUSE 1920-ER-100/100A./100B (17)



**Figura 3.9.** Montaje de Bombas de la Planta de Desaladora (17)



**Figura 3.10.** Montaje de filtro Multimedia de arena SF (17)



**Figura 3.11.** Montaje de equipos Soplador de aire SF (17)



**Figura 3.12.** Montaje de Equipos de Ultrafiltración UF (17)



**Figura 3.13.** Montaje de Filtro autolimpiante Cartucho RO (17)



**Figura 3.14.** Montaje de Equipos de Osmosis de Inversa RO (17)



**Figura 3.15.** Montaje de Equipos de Aire de Proceso e Instrumentación (17)



**Figura 3.16.** Montaje de Equipos de dosificación (17)



**Figura 3.17.** Montaje de Equipo de limpieza CIP (17)



**Figura 3.18.** Montaje de Equipo de agentes Químicos (17)

- **Sistema de alimentación de Energía.**  
Comprende la alimentación de energía desde las salas eléctricas hasta su conexionado con cada Equipo de la zona de Captación y Planta de tratamiento de agua.



**Figura 3.19.** Tendido de bandeja y cable en planta de tratamiento (17)



**Figura 3.20.** Tendido de bandeja y cable en zona de captación (17)



**Figura 3.21.** Acometida de Fuerza y Control de Bomba vertical (17)



**Figura 3.22.** Acometida de Fuerza y Control en Planta de tratamiento (17)



**Figura 3.23.** Conexion de Equipo Shelter - Sala Eléctrica planta desaladora (17)



**Figura 3.24.** Aterramiento de equipos y estructuras en planta desaladora. (17)

### **C. Etapa 3. Montaje de tubería**

- **Aporte:** En esta etapa, nos permitió gestionar, coordinar la recepción y verificación del estado de Las tuberías, Suministrados por el cliente,

para lo cual se corrobora de acuerdo a las especificaciones técnicas y planos de diseño.

También, nos permitió coordinar con el cliente sobre las áreas liberadas (verificación de Soportes liberado), iniciando de esta manera los trabajos de Trazo y replanteo.

Como parte del montaje de las líneas de tubería, el aporte que se realizó la evaluación de tipo de grúa a operar de acuerdo al peso, tamaño y longitud de las líneas de tubería y radio de maniobra de izaje según posicionamiento de la grúa, el cual se describió en el procedimiento de Izaje de tuberías.

Con respecto a la unión de juntas de tubería de PFRV, nos permitió Gestionar, coordinar con el Cliente la Capacitación de personal por parte de su Proveedor, ya que en esos tiempos este tipo de tubería estaba en proceso de ingreso al mercado.

Con respecto al montaje de líneas de Tubería PE, nos permito gestionar, coordinar con el cliente la autorización para zonas de difícil acceso vehicular el uso de equipo excavadora Oruga.

A medida que se realizaba el montaje de las líneas de tubería de Proceso, según el trazo y replanteo, nos permitió Observar desniveles e incompatibilidad de medidas entre el plano de diseño y el campo con respecto a la base de los Soportes metálicos, donde descansa la tubería, para lo cual junto al cliente se evaluó el escenario y se dio solución generando red line y modificaciones in situ.

- **Actividades:** Esta etapa comprende la realización de gestión, Coordinación y recepción del suministro de líneas de Tubería entregados por el cliente, la cual ha sido entregado en 03 fases junto a los supervisores de Campo e inspector de calidad (quien es el encargado de validar el buen estado del equipo).

Se realizó la inspección visual junto a los supervisores, y mediante equipo topográfico se verifica el trazo y replanteo de niveles y cotas de elevación, donde se informa al cliente cualquier incompatibilidad entre el plano y el campo para la evaluación respectiva.

Luego Paralelo a la recepción de los Suministro, se presentó el procedimiento de montaje de tuberías de acuerdo al tipo de tubería, la cual fue aprobado.

Una vez verificado el correcto buen estado de las tuberías, se procede a realizas la selección de tubería de acuerdo a al código, forma y tamaño, según los planos de ingeniería de construcción, para luego proceder con el traslado, tendido y montaje de tubería. De acuerdo a la zona de trabajo y al tipo de proceso de tubería.



**Figura 3.25.** Recepción de tuberías PFRV, PE e inox. Acero reforzado (17)

- **Línea de captación**



**Figura 3.26.** Montaje de tubería de acero con revestimiento de PE interior (17)



**Figura 3.27.** Montaje de línea de tubería PE Captación (17)

- **Línea de Proceso de Planta de Tratamiento de agua.**



**Figura 3.28.** Montaje de estructura y líneas de tuberías de PFRV de ingreso y salida de los equipos de la planta desalinizadora (17)



**Figura 3.29.** Montaje de Línea tuberías de inox 316L de Aire (17)



**Figura 3.30.** Montaje de línea tuberías de PVC y PE de agentes (17)



**Figura 3.31.** Montaje de Línea de tuberías de Acero revestido interiormente con PE, Succión y Descarga de bombas (17)

- **Línea de Agua de Rechazo (Salmuera)**



**Figura 3.32.** Montaje de Línea de tubería PE, agua de rechazo salmuera (17)

- **Línea de Agua Producida (desmineralizada)**



Figura 3.33. Montaje de Línea de tubería PE, agua producida (17)

#### D. Etapa 4. Funcionamiento de la planta desaladora.

- **APORTE:** El aporte en esta etapa de funcionamiento de la operatividad de los equipos de la planta, nos permite haber podido cumplir con la satisfacción del cliente de haber realizado un buen trabajo y obtener el agua producida desmineralizada, la cual fue Corroborado posteriormente por el área de laboratorio del Cliente. Como parte del Funcionamiento, se realizó el energizado de las salas Eléctricas en zona de captación y planta de tratamiento, permitiendo, entregar la energía sin problemas a cada equipo, debido a que previamente se realizaron pruebas de Pre - Operatividad. A medida que se realizaba el proceso de funcionamiento de la planta, se pudo observar algunas vibraciones de las tuberías, tomando así anotación, para posteriormente ser corregido. A solicitud del cliente, se designó personal Calificado en todo el momento del funcionamiento de la planta desaladora el cual estuvo de apoyo y a disposición de la dirección del Cliente, maniobrando las válvulas manuales y ajuste de pernos.
- **ACTIVIDAD:** Esta etapa comprende la realización de verificación previa de los equipos, para lo cual se gestiona y coordina la presencia de los Vendor`s, para las pre pruebas de operatividad.

Se realiza la verificación y liberación de alineamiento, prueba de giro de ejes de los acoples de motor e impulsor en la zona de bombas, con respecto a los demás equipos, se verifica de acuerdo a plano constructivo la conectividad de ingreso y salida entre tubería y equipo, realizando los ajustes pernos respectivos.

Se verifica e inspecciona la colocación de empaques entre brida y brida y el aseguramiento de la tubería.

Se da inicio al Proceso de funcionamiento con la energización de las salas eléctricas para lo cual se verifico e inspecciono las acometidas de los equipos y terminaciones de salida antes del arranque.

Se describe el Proceso de funcionamiento de operatividad de los equipos para la obtención del agua desmineralizada, el cual partió desde el accionamiento de las bombas verticales, impulsando el agua de mar por la tubería de transporte hasta el tanque de agua de almacenamiento, luego mediante la bomba de alimentación se impulsa hacia los filtros multimedia de arena SF, para luego enviar el agua filtrada hacia los equipos de ultrafiltrado UF, la cual mediante su proceso de ultrafiltrado envía el agua hacia el tanque de agua producida UF, la cual es Bombea el fluido con 3 bombas de alimentación RO, hacia los equipos de osmosis inversa (RO) donde previamente es filtrado por los filtros autolimpiantes tipo cartucho (RO) y por otro lado con 01 bomba operativa se bombea el agua producida UF del tanque de agua producida UF, hacia las membranas de ultrafiltrado UF, recirculando este fluido para el retrolavado de las membranas de UF. Luego el agua previamente filtrada de RO, con agentes de dosificación, ingresa a los equipos del contenedor de osmosis inversa, donde por intermedio de una Bomba de alta presión inyecta el fluido a las membranas generando así la permeabilización de osmosis inversa, el cual consiste en separar el fluido soluble por intercambio de diferencia de presiones. Una vez generado la permeabilización por Osmosis inversa, este fluido de agua producida RO, es enviado hacia los tanques de agua Producida

(desmineralizada) y la parte soluble pasa por un proceso de recuperación y recirculación y de retrolavado de los filtros multimedia de arena.

Una vez obtenida el agua Producida desmineraliza esta es transportado hacia el tanque de almacenamiento de la planta de concentrado, mediante la impulsión de 03 bombas y el agua de rechazo producto de las filtraciones de los equipos es regresado al mar mediante las líneas de tubería por caída de Gravedad.

Durante el proceso de funcionamiento, se Probaron los equipos y líneas de los Sistemas de aire de proceso y de accionamiento de equipos, así mismo se inyectaron los agentes químicos y de dosificación al fluido de proceso mediante los mezcladores de fluidos, engranándose así cada uno de los componentes de los sistemas que componen la planta desaladora, con el fin de generar el agua producida desmineralizada para funcionamiento de la operación de la planta de Concentrado.



**Figura 3.34.** Pruebas de Hipot en cables y de MT de Sala eléctrica (17)



**Figura 3.35.** Energizado de sala Eléctrica E-HOUSE 1920-100/100A/100B (17)



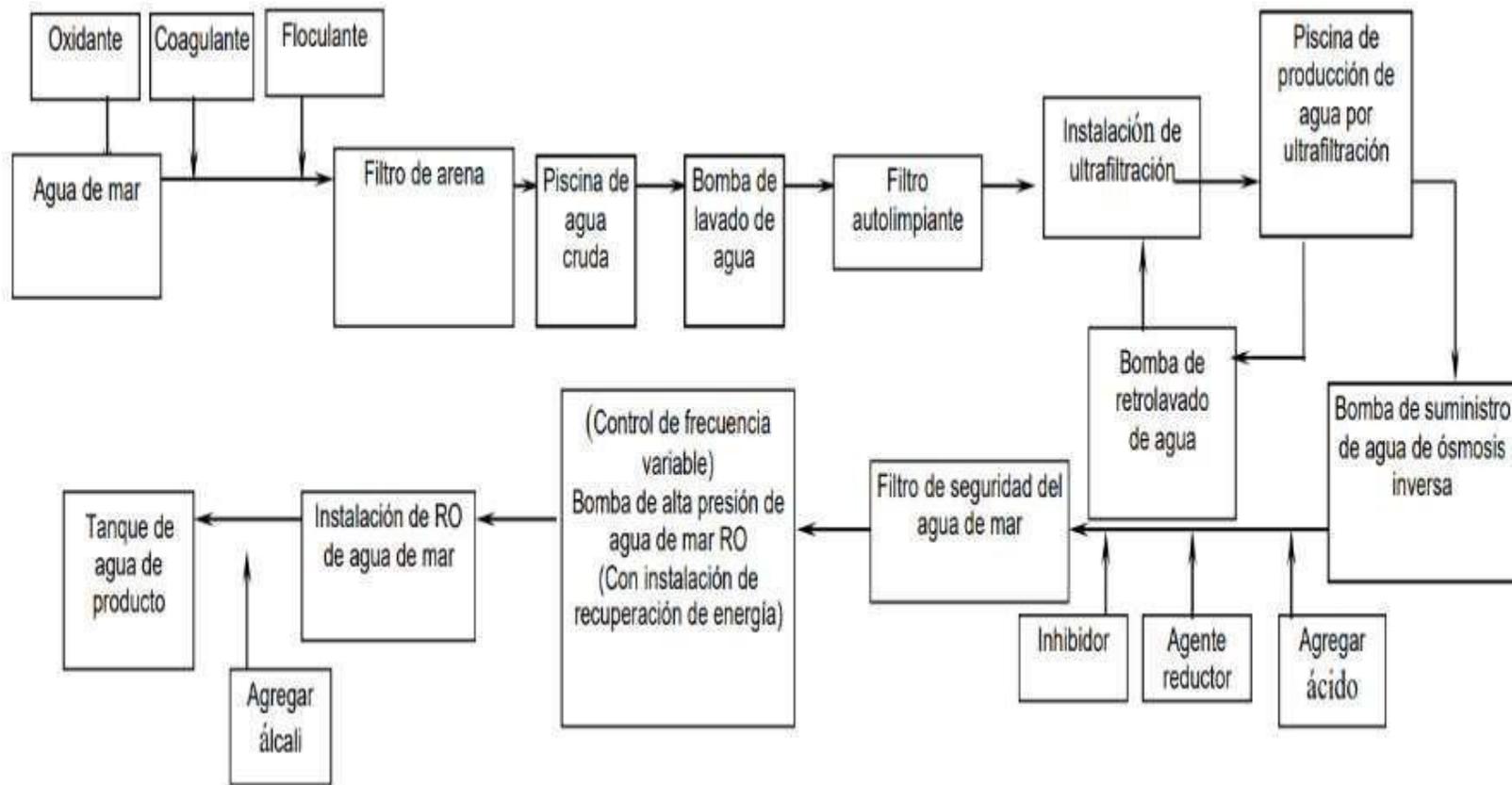
**Figura 3.36.** Funcionamiento al 100% de la Planta y entrega del Proyecto (17)



**Figura 3.37.** Equipo de Trabajo CCC DEL PERU SAC Planta desaladora (17)



**Figura 3.38.** Vista aérea - Construcción de la nueva Planta desaladora (17)



**Figura 3.39.** Diagrama de Proceso de funcionamiento de la planta desaladora (2)

#### **E. Etapa 5. Cierre de proyecto.**

- **Aporte:** En esta etapa nos permitió poder cumplir con el plazo de entrega de los documentos solicitados por el cliente Correspondiente al cierre o liquidación de obra.
- **Actividades:** recopilación de información del Proceso constructivo, toma de medidas y verificación de cotas de acuerdo al replanteo para elaboración de planos as -built e informe de cierre de Obra.

### **IV. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES**

#### **4.1. Discusiones**

- Conuerdo con Jordi Colomina [6], respecto a la fácil adaptabilidad de necesidad de agua de la zona y En la creación de agua apta para el consumo, siendo el método de la osmosis inversa, el que ha demostrado ser efectiva. En la buena calidad de agua con respecto a los demás Procesos, como evaporación súbita flash (MSF), la destilación múltiple efecto (MED), la termocompresión de vapor (TVC), la compresión de vapor mecánica (CV), la electrodiálisis (ED).
- Se sabe que, de haber dos o más contratistas en un área de Trabajo, por lo general produce limitaciones en la comunicación y en el avance del Proyecto, extendiéndose el plazo contractual y generando incremento de costo y paralizaciones de trabajo, para lo cual, durante el proceso Constructivo, y como producto de la inspección de trazo y replanteo de los trabajos civiles y de estructura, se encontraron incongruencias o incompatibilidad de diferencia de cotas con respecto al Plano de diseño, para lo cual se buscó de esta manera evitar impactos al Proyecto.
- Con el fin de evitar riesgos e impactos de tiempo y costo en Proyecto, para el Proceso de Montaje, de equipos, se evaluó de acuerdo a las

condiciones del área de trabajo la capacidad de la Grúa de maniobra de Izaje, siendo la sala eléctrica E-HOUSE 1920-100 el de mayor Carga.

- El no tener en cuenta la falta de experiencia de cierta especialidad en el Procedimiento constructivo, es un riesgo para la empresa, para lo cual se coordinó con el Cliente y se solicitó al vendor del suministro de tubería PFRV brinde Capacitaciones al personal Operativo con respecto al Proceso de empalme entre tubo y tubo.
- La gestión y coordinación en todo proyecto es importante para garantizar una buena comunicación y solución, con respecto al proceso de funcionamiento de operación de planta desaladora, se realizaron las pruebas de giro a las bombas, presentando la bomba Vertical incompatibilidad con respecto los planos Constructivos traducidos de idioma chino a español. El cual fue corregido insitu.

#### **4.2. Conclusiones**

- Mediante el Proceso de tratamiento de agua por osmosis inversa, de la planta desaladora, se logró Asegurar la capacidad requerida de Suministro de agua para la nueva planta de Producción de Concentrado de la Minera Shougang Hierro Perú.
- Mediante la inspección visual, trazo y replanteo nos permitió verificar y corregir las desviaciones de diferencia de cotas previos al montaje, Garantizando así la calidad durante el proceso de montaje.
- Se Verifica y evalúa según tabla, que la grúa de 350 tn es apta y está por encima de la capacidad de carga del equipo, garantizando así el adecuado montaje del equipo.
- Según evaluación Realizada, se concluye que la velocidad de los vientos es menor y apta para el Izaje de carga por la mañana antes de las 4pm. Por condiciones climáticos.

- Mediante la Aprobación de los Registros de Calidad de los montajes de cada equipo, se Garantiza el cumplimiento de Montaje de la Planta de desalinización.
- Mediante la capacitación del Vendor con respecto a la tubería PFRV y la aprobación de las Pruebas Hidrostáticas, se garantiza el montaje de la línea de tubería.
- Mediante la autorización del uso de equipo excavadora Oruga para el traslado y montaje de tubería en los lugares de difícil acceso, nos permitió evitar desgastes físicos del personal y retraso en el avance de la obra.
- Mediante la Aprobación de los Registros de Calidad de las pruebas Hidrostáticas y ajuste de pernos de las líneas de tubería, se Garantiza el cumplimiento de Montaje.
- Mediante la realización de pruebas previas al arranque, se pudo corregir la posible falla de funcionamiento de la planta desaladora.
- De acuerdo a la verificación y aprobación del laboratorio de SHP, con respecto al fluido generado por la planta desaladora (agua desmineralizada) se da por aprobado el funcionamiento de los equipos y líneas de tubería que conforman la planta desaladora.

## **V. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda a SHP, llevar un control de planificación con respecto al mantenimiento preventivo y correctivo de la planta de desalinización de agua de mar con el fin de evitar posibles escenarios de desabastecimiento de agua requerida para su producción de planta de concentrado de minerales.
- Se recomienda SHP, Debe optar por asignar la buena Pro a una sola empresa, que este a cargo de la ingeniera, Procura y Construcción, con el fin de mejorar la calidad y la atención de los servicios.
- Según el alcance del Proyecto, en el caso de actividades, en el cual, la empresa no es especialista, se recomienda capacitar al personal en este

tipo de trabajos o sino subcontratar personal calificado o empresas que estén calificada

- se recomienda a SHP, traducir los planos de ingeniera por personal calificado, con respecto a los planos realizados en un idioma diferente.
- Se recomienda a SHP, Debido a la problemática de Escases de agua potable, en la localidad de san juan de Marcona, este tipo de proyecto es una posible solución a la necesidad de falta de agua. siempre en cuando el agua producida (desmineralizada) pase por el proceso de potabilizado, para que pueda ser apto para el consumo humano.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Google Map. Figura N°01. [en línea]. 2018.[8 Setiembre 2022]. URL <https://turismo.pe/1097-mapa-de-marcona>.
- (2) **Shougang Hierro Perú 2018, doc.** “Manual de operación de la Planta de tratamiento de agua mar”. [9 de Setiembre 2022].
- (3) **PATIÑO; John.** Organigrama del Proyecto CCCC - SHOUGAN HIERRO PERU SAC. Marcona, Perú 10 de Setiembre 2022.
- (4) **PATIÑO; John.** Mapa de Proceso de Funciones CCCC - SHOUGAN HIERRO PERU SAC. Marcona, Perú 11 de Setiembre 2022.
- (5) **ANDINA/Prensa Presidencial.** Instalación de Planta de Desalinización de Agua de Mar para el Consumo humano. **PROVISUR.** [en línea]. Lima. **2022.** [ **13 de setiembre 2022**] **disponible en:** <https://andina.pe/agencia/noticia-presidente-castillo-inspecciona-planta-abastece-agua-potable-a-lima-sur-909641.aspx>.
- (6) **Planta de Desalinizadora de Cerro Lindo distinguida con premio nacional de cultura del 2018 de la ANA. (Minera de Cerro Lindo – Nexa Resources).** *Energiminas.* [en línea]. Lima. 2018. [10 de octubre 2022]. ISSN. Disponible en: <https://energiminas.com/planta-desalinizadora-de-cerro-lindo-distinguida-con-premio-nacional-cultura-del-agua-2018-de-la-ana>.

- (7) Central Termo eléctrica chilca). Wikipedia. [en línea]. Lima. 2018. [11 de octubre 2022]. Disponible en:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Planta\\_termoel%C3%A9ctrica\\_de\\_Chilca\\_-\\_Fenix\\_Power](https://es.wikipedia.org/wiki/Planta_termoel%C3%A9ctrica_de_Chilca_-_Fenix_Power)
- (8) **CIDELSA, Catálogo, “tubería Pfrv”,** Lima. 2018. [13 de octubre 2022]. Informa sobre el uso y las consideraciones en el proceso de empalme.
- (9) **JORDI COLOMINA M,** “Diseño de una planta desalinizadora con sistema de osmosis inversa para producir 20000 m<sup>3</sup>/día”, informe [optencion grado de Ingeniería química]. Universidad Politécnica de Valencia. setiembre 2016.
- (10) **CONDORCHEM, Blog, “la Osmosis Inversa (RO) y sus diferentes Aplicaciones”.** [en línea]. [15 de octubre 2022]. Disponible en:  
<https://condorchem.com/es/blog/la-osmosis-inversa-y-sus-diferentes-aplicaciones/>
- (11) **Rodolfo, Blog, “Introducción a los emisarios submarinos con tuberías de polietileno (PE)”.** [en línea]. [17 de octubre 2022].  
Disponible en:  
<https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/introduccion-a-los-emisarios-submarinos-con-tuberias-de-polietileno-pe>
- (12) **Shougang Hierro Perú 2018, doc.** “Esquema Planos de Construcción de la Planta de tratamiento de agua mar”. [18 de octubre 2022].
- (13) **Carbotecnia, Blog, “que es la osmosis inversa y su purificación”.** [en línea]. [18 de octubre 2022]. Disponible en:  
<https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/osmosis-inversa/que-es-la-osmosis-inversa-purificador/>
- (14) **Shougang Hierro Perú 2018, doc.** “Procedimiento de Montaje PFRV, 996461-1900-C-M-PRO-3208. de la Planta de tratamiento de agua Mar”. [19 de octubre 2022].

- (15) **PATIÑO; John.** Diagrama de Flujo del Proyecto CCCC - SHOUGAN HIERRO PERU SAC. Marcona, Perú 20 de octubre 2022.
- (16) **PATIÑO; John.** Cronograma de actividades del Proyecto CCCC - SHOUGAN HIERRO PERU SAC. Marcona, Perú 21 de octubre 2022.
- (17) **PATIÑO; John.** Registro de Imagen del Proceso Constructivo del Proyecto CCCC - SHOUGAN HIERRO PERU SAC. Marcona, Perú 22 de octubre 2022.

## ANEXO

### Anexo 01. Constancia o certificado de trabajo.



**中国交通建设公司**

CHINA COMMUNICATIONS CONSTRUCTION COMPANY OF THE PERU S.A.C.

### CERTIFICADO DE TRABAJO

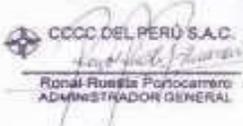
CCCC DEL PERU SAC, con RUC N° 20554399585, domiciliada en AV. Pardo N° 434 int. 1704 (oficina piso 17) Distrito de Miraflores, Provincia y Departamento de Lima.

#### CERTIFICA:

Que el Sr. **PATIÑO VALVERDE JOHN HARONLD**, identificado con DNI N° 70085185 ha laborado en nuestra empresa con el cargo de **ING. DE OFICINA TECNICA** en el proyecto **"SERVICIO DE MONTAJE ELECTROMECANICO PAQUETE 12 DEL PROYECTO DE AMPLIACIÓN DE SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A. – PLANTA DESALINIZACION DE AGUA DE MAR"** – Obra que se realizará en el distrito de San Juan de Marcona, Provincia de Nazca, Departamento de Ica, dentro de las instalaciones de la Minera **"SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A."**, durante el periodo comprendido desde el 01/05/2018 hasta el 30/11/2018, demostrando durante su permanencia puntualidad, responsabilidad y liderazgo en las labores desempeñadas.

Se expide la presente a solicitud del interesado, para los fines que crea conveniente.

Lima; 02 de Diciembre del 2018.

  
 CCCC DEL PERU S.A.C.  
 Ronald Rusías Porrocamero  
 ADMINISTRADOR GENERAL

Add: Av. Pardo N° 434 Int. 1704 (Oficina piso 17) Miraflores, Lima, Perú Tel: +0051 (056) 220870; Email: [estrellacccc@hotmail.com](mailto:estrellacccc@hotmail.com) <http://www.ccccltd.cn>

Anexo 02. Diagrama de flujo de proceso de la planta de tratamiento de agua.

