

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSE MIGUEL CARRERA

PLANTA DE OSMOSIS INVERSA

Trabajo de Titulación para optar al Título
de Técnico Universitario
en Electrónica

Alumno:

Sebastian Andrés Zamora Ahumada

Profesor Guía:

Ing. Loreto Marín Carcey

Profesional Correferente:

Ing. Bruno Dondero Lencioni

ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN	1
1. DESCRIPCIÓN Y ASPECTOS GENERALES DE LA PASANTÍA	2
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	2
1.1.1 Ubicación de la empresa	2
1.1.2 Tipo de empresa	3
1.1.3 Organigrama de la empresa	3
1.1.4 Visión y Misión de la empresa	4
1.1.5 Sectores en los que trabaja la empresa	4
1.1.5.1 Principales equipos a los que la empresa realiza soporte técnico	4
1.1.6 Empresas a las que se les presta servicios	7
1.2 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	8
1.2.1 VMware Workstation	8
1.2.1.1 Características principales de VMware	9
1.2.2 Sistema ABB 800xA	9
1.2.3 Plan Explorer Workplace	9
1.2.4 Controlador ABB AC 800M	10
1.2.4.1 Características y ventajas de ABB AC 800M	10
1.2.5 Decapador o Pistola de calor	11
2. ANÁLISIS Y DETALLES DE LOS TRABAJOS REALIZADOS	13
2.1 INTRODUCCIÓN AL PROYECTO	13
2.2 OSMOSIS INVERSA	13
2.2.1 Características de la osmosis inversa	14
2.3 COMPONENTES DE UNA PLANTA DE OSMOSIS INVERSA	15
2.3.1 Bomba de extracción de agua para tratamiento	15
2.3.2 Válvulas de control	15
2.3.4 Bomba de alta presión	15
2.3.5 Membranas semi permeables	16
2.3.6 Sensores de nivel de los estanques	16
2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE UNA PLANTA DE OSMOSIS	17
2.4.1 Captación o toma de agua	17

2.4.2 Pre Filtrado o Pre tratamiento físico-químico	17
2.4.3 Desalación	18
2.4.4 Almacenamiento y post- tratamiento	18
2.5 PRINCIPALES APLICACIONES DE LA OSMOSIS INVERSA	19
2.5.1 Desalinización	20
2.5.2 Eliminación del color	20
2.5.3 Uso como agua potable	20
2.5.4 Producción de aguas de alta calidad	20
2.6 COMUNICACIÓN DE LA PLANTA CON DCS	20
2.6.1 Sistema de control distribuido (DCS)	20
2.6.2 FieldbusPlug	22
2.6.3 Comunicación Modbus TCP	23
2.7 MONTAJE DE EQUIPOS	23
2.7.1 Montaje de escalerillas	24
2.7.2 Montaje de canalización para alumbrado	24
2.7.3 Conexionado de Variador de Frecuencia (VDF)	25
2.7.4 Montaje y conexionado de transformador	26
2.7.5 Montaje de tableros eléctricos para bombas	26
2.7.6 Mantenión Celdas GIS	27
2.7.7 Mantenión Partidores de media tensión	28
2.7.8 Conexionado de tablero de alumbrado	29
2.7.9 Cambio y conexionado de transformador seco de 23kv a 3.4kv.	29
3. EVALUACION CUALITATIVA	30
3.1 EVALUACION DE LOS TRABAJOS REALIZADOS	30
3.1.1 Investigación sobre una planta de osmosis	30
3.1.2 Montaje y conexionado de equipos	32
3.1.3 Bloqueo y desbloqueo de equipos	32
3.1.4 Megado de cables y motores	32
3.1.5 Reseteo y revisión de relés de protección.	33
3.2 ASIGNATURAS QUE AYUDARON AL DESARROLLO DE LOS TRABAJOS	34
3.2.1 inglés	34
3.2.2 Máquinas Eléctricas	34
3.2.3 Electrónica Industrial	35
3.2.4 Sensores y transductores Industriales	35
3.2.5 Control automático	36
3.3 CAPACITACIONES	36

3.3.1 Capacitación en baja y media tensión	36
3.3.2 Capacitación para operador de bloqueo	37
3.3.3 Capacitación para trabajo en altura	37
3.3.4 Capacitación de Seremi de Salud	38
3.3.5 Capacitación Primeros Auxilios	38
3.3.6 Capacitación en Reglamento Eléctrico	39
3.3.7 Capacitación para ingreso a salas eléctricas	39
3.4 TRABAJO EN EQUIPO	39
CONCLUSIÓN	40
BIBLIOGRAFÍA	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Ubicación empresa.	2
Figura 1-2. Organigrama Proelect.	3
Figura 1-3. Panel de comunicación.	5
Figura 1-4. Cargador de baterías.	5
Figura 1-5. Sistema de alimentación ininterrumpida.	6
Figura 1-6. Partidores para motores.	6
Figura 1-7. Centro Control de Motores	7
Figura 1-9. Pantalla con sistemas virtuales en VMware.	8
Figura 1-10. Herramienta virtual Plan Explorer Workplace.	10
Figura 1-11. PLC ABB AC 800.	1119
Figura 1-12. Pistola de calor Makita.	11
Figura 2-1. Fenómeno de Osmosis inversa.	14
Figura 2-2. Imagen del proceso de una planta de osmosis inversa	16
Figura 2-3. Filtro con membranas semi permeables.	18
Figura 2-4. Diagrama de funcionamiento de una planta de Ósmosis Inversa	1927
Figura 2-5. Planta osmosis inversa en el sistema DCS 800xA.	21
Figura 2-6. Conector para comunicación FieldBusPlug.	22
Figura 2-7. Sala de operación Minera Centinela.	23
Figura 2-8. Montaje de escalerilla debajo de una sala eléctrica.	24
Figura 2-9. Montaje de tuberías con riel y abrazadera tipo ruc.	25
Figura 2-10. Cableado de alimentación a VDF.	26
Figura 2-11. Cableado de Transformador.	27
Figura 2-12. Celda de alimentación GIS montada en sala eléctrica.	28
Figura 2-13. Partidores de media tensión ubicados en sala eléctrica.	28
Figura 2-14. Tablero de alumbrado para sala eléctrica.	29
Figura 3-1. Bomba media tensión.	32
Figura 3-2. Motor de media tensión para acoplar bomba.	32
Figura 3-3. Megger para mediciones de aislación.	34
Figura 3-4. Relé de protección UMC22	35
Figura 3-5. Estructura interna variador de frecuencia ACS1000	36
Figura 3-6. Sensores y transmisores en una planta de osmosis.	37
Figura 3-7. Gabinete de distribución para media tensión.	38
Figura 3-8. Elementos de protección personal.	39

SIGLAS Y SÍMBOLOGIA

A. SIGLAS

PLC	: Programmable Logic Controller.
HMI	: Human Machine Interface.
E.I.R. L	: Empresas Individuales de Responsabilidad Limitada.
UPS	: Uninterruptible power supply.
S.A.	: Sociedad Anónima.
DCS	: Distributed Control System
CPU	: Central processing unit.
E/S	: Entradas / Salidas.
PVC	: Policloruro de vinilo.
RO	: Reverse Osmosis.
CCM	: Centro de control de motores.
PTC	: Positive Temperature Coefficient.

B. SÍMBOLOGIA

V	: Volts
Kv	: Kilo volts
Cm	: Centímetros
°C	: Grados Celsius
kW	: Kilowatts

RESUMEN

KEYWORDS: Trabajo de título – mantenciones – osmosis inversa – seguridad eléctrica.

Esta pasantía se realizará en la empresa Proyectos Electrónicos e Industriales (PROELECT), una empresa dedicada a la automatización industrial y a la mantención y montaje de equipos en procesos industriales. Está ubicada en la Quinta Región de Valparaíso y realiza trabajos mayormente en el rubro cementero.

Se realizará una investigación sobre una planta de osmosis inversa en la cual se detallará el funcionamiento y los componentes de los procesos que la planta tiene. Se realizarán y analizarán trabajos de montaje y mantención de equipo, los cuales se explicarán y mostrarán con imágenes cómo se procedió con el trabajo y en qué equipos se realizaron, además se realizará una evaluación cualitativa de los trabajos.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la utilización de agua en los procesos industriales es de suma importancia ya que estos utilizan grandes cantidades de agua, lo que produce un alto impacto ambiental y mayor aún en zonas donde la escasez de agua es un problema no solo para las empresas, sino que para la comunidad, por lo que el proceso de la osmosis inversa se presenta como la solución a este problema y será un cambio importante a nivel mundial en el bienestar de las comunidades cercanas a las empresas.

Esta pasantía se realizará en la empresa Proyectos Electrónicos e Industriales (PROELECT), la cual se divide en dos áreas que son proyecto y soporte, y montaje y mantención. Se trabajará en las dos áreas. En el área de proyecto se realizará una investigación sobre el proceso de una planta de osmosis inversa donde se analizará cada uno de sus procesos. Además de investigar cómo se realiza la comunicación de los componentes y cómo se controlan.

En el área de montaje y mantención se realizarán varios trabajos de conexión de equipos y montajes en salas eléctricas como montaje de transformadores en terreno. Para realizar estos trabajos se realizarán capacitaciones que se explicarán durante el trabajo de título, todo para garantizar un trabajo de forma segura para evitar algún imprevisto durante la labor.

Para finalizar con el trabajo de título se realizará una evaluación cualitativa de los trabajos realizados para analizarlos con respecto al aprendizaje obtenido en la Carrera Técnico Universitario en Electrónica.

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN Y ASPECTOS GENERALES DE LA PASANTÍA

1. DESCRIPCIÓN Y ASPECTOS GENERALES DE LA PASANTÍA

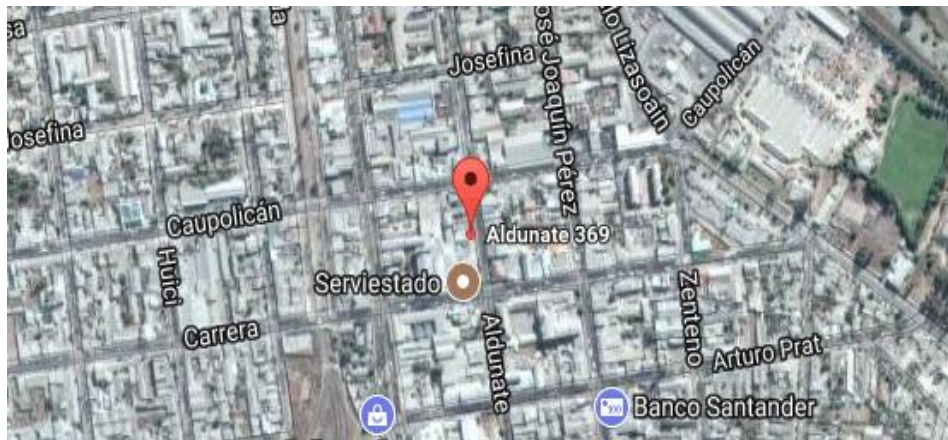
En este primer capítulo se describirá la empresa Proyectos Electrónicos e Industriales, como los tipos de trabajos que realiza, empresas a las que presta servicios, visión de la empresa, etc. Además, se describirán las herramientas que se utilizarán para realizar el proyecto y la función que cumplen en este.

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Proyectos Electrónicos e Industriales Claudio Hernández (Proelect) se dedica a la Automatización Industrial, con mayor experiencia en rubro del cemento. En general, integra Molinos, Hornos, Secadores u otros y los integra mediante PLC y HMI para su control. Su esquema de trabajo está asociado a las tareas de suministro de equipos y programación-configuración de un sistema de control incluidas sus pruebas, comisionamiento, puesta en servicio y capacitación, de manera de entregar una solución completa e integral que garantiza el óptimo uso de los recursos con el objeto de facilitar tanto la operación como la mantención de la solución entregada.

1.1.1 Ubicación de la empresa

Como se puede ver en la Figura 1-1, la ubicación de la empresa se encuentra en la ciudad de La Calera, Quinta Región de Valparaíso, situada en el sector centro de la ciudad en la dirección Calle Aldunate 369.



Fuente: <http://pingen.cl/>

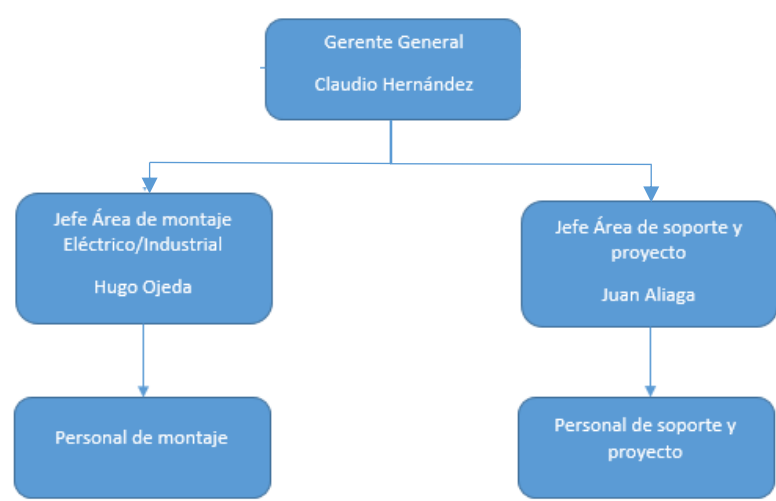
Figura 1-1. Ubicación empresa.

1.1.2 Tipo de empresa

La empresa Proyectos Electrónicos e Industriales Claudio Hernández es una empresa de tipo E.I.R.L (Empresa Individual de Responsabilidad Limitada). Este es un tipo de organización en el que cualquier persona natural puede adquirir personalidad jurídica. La razón de una E.I.R.L es comercial y cuenta con un patrimonio propio, distinto al del titular.

1.1.3 Organigrama de la empresa

Como se puede ver en la Figura 1-2, la empresa está compuesta por dos áreas de trabajo con sus respectivos jefes de área, cada uno cumple con las responsabilidades que conlleva el cargo; en el área de montaje Hugo Ojeda es el jefe de área y en el área de proyecto Juan Aliaga es el jefe de área, ambos se encargan de supervisar al personal de montaje y proyecto respectivamente y repartir los trabajos a realizar durante el día y ver que estos se cumplan según lo establecido en la reunión previa antes de empezar el día de trabajo. Al mando de la empresa y de estas dos áreas está el Gerente General y dueño de la empresa, Claudio Hernández, encargado de recibir las órdenes de trabajo que solicitan las empresas a las cuales se les presta servicios para luego repartirlas a las áreas correspondientes para llevarlos a cabo.



Fuente: Empresa Proelect

Figura 1-2. Organigrama Proelect.

1.1.4 Visión y Misión de la empresa

La misión de la empresa es ser una empresa destacada a nivel nacional en la prestación de servicios eléctricos y electrónicos, por sus trabajos de alta calidad y confianza, estando a la vanguardia de las nuevas tecnologías para satisfacer a sus clientes.

La visión de la empresa es consolidar a Proelect como una empresa sustentable en el tiempo, y lograr reconocimiento a nivel nacional, con un fuerte compromiso en la innovación y entrega de servicios asociados automatización industrial y servicios eléctricos.

1.1.5 Sectores en los que trabaja la empresa

La empresa Proyectos Electrónicos e Industriales Claudio Hernández es una empresa dedicada a la Gestión Industrial, cuyo principales objetivo es brindar soporte técnico a las empresas principalmente en el sector cementero industrial, donde se debe mantener el correcto funcionamiento de la planta con las correspondientes mantenciones y la rápida acción ante alguna falla en los procesos de ésta, y además, está el área de montaje, en esta área se trabaja el montaje de equipos eléctricos e instrumentación.

1.1.5.1 Principales equipos a los que la empresa realiza soporte técnico

La empresa presta servicios de mantención y montajes a varios equipos utilizados en el área industrial principalmente en la minera, donde estos equipos son fundamentales para el funcionamiento por lo que requieren de mantenciones semanales debido a la alta polución que existe en este tipo de empresas. Los principales equipos a los cuales se les presta estos servicios son:

- Panel de comunicación, como se puede ver en la figura 1-3. En este panel existen enlaces de fibra óptica para lograr comunicar los distintos componentes que existen dentro del proceso de una planta como PLC, servidores, estaciones de ingeniería e instrumentos. A estos equipos, por lo general, se les realiza limpieza de polvo ya que en el área de la minería y cementera es un gran problema la alta polución de sus procesos.
- Cargadores de baterías, los cuales cumplen la función de respaldar energía para controladores y comunicaciones en caso de que en la planta se produzca alguna falla o corte que pueda dejar a los equipos sin energía. Como se ve en la figura 1-4, en el lado derecho de la imagen se ven los bancos de baterías que están conectadas entre sí y son las que suministran energía; en el lado izquierdo está la UPS que se encarga de controlar el momento en que las baterías proporcionan energía al sistema.



Fuente: Empresa Proyectos Electrónicos e Industriales Claudio Hernández

Figura 1-3. Panel de comunicación.



Fuente: Empresa Proyectos Electrónicos e Industriales Claudio Hernández

Figura 1-4. Cargador de baterías.

- Sistema de Alimentación ininterrumpida (UPS): es una fuente de energía eléctrica que suministra o abastece a los equipos críticos que no pueden quedar sin energía, está contiene una batería que seguirá emergiendo electricidad en el caso que haya un corte de luz o un problema eléctrico en la infraestructura. El UPS dará energía por un tiempo más para permitir al operador de los equipos preparar una fuente energía de respaldo como un generador.

En la Figura 1-5 se puede un sistema de alimentación ininterrumpida, el cual consta como se ve en la imagen con una pantalla la cual permite visualizar si este está con carga o está quedando sin batería, también si este está en falla y permite ver cuánto voltaje esté entrega a la salida como respaldo para los equipos que necesiten.



Fuente: Empresa Proyectos Electrónicos e Industriales Claudio Hernández

Figura 1-5. Sistema de alimentación ininterrumpida.

- Partidores para motores de media tensión, como se puede ver en la figura 1-6. En estos equipos es donde están las botoneras de partida y parada, parada de emergencia, para motores de media tensión. La empresa, para estos equipos, realiza montaje en las salas eléctricas de los tableros que vienen armados desde una empresa externa, además, se les realiza el conexionado interno y cableado desde los motores a sus respectivos gabinetes.



Fuente: Empresa Proyectos Electrónicos e Industriales Claudio Hernández

Figura 1-6. Partidores para motores.

- Centro Control de Motores, de la Figura 1-7, es un tablero metálico con divisiones o gabinetes para controlar cada motor del proceso, donde se encuentran sus respectivas botoneras de partida, parada, contramarcha, regulación de velocidad y entrada del PLC. Estos equipos vienen armados desde empresas externas, la empresa lo que realiza es el montaje de estos equipos en salas eléctricas y realiza su conexionado y cableado con los respectivos motores y variadores.



Fuente: Empresa Proyectos Electrónicos e Industriales Claudio Hernández

Figura 1-7. Centro Control de Motores

1.1.6 Empresas a las que se les presta servicios

La empresa brinda soporte técnico al proceso y montaje eléctrico e instrumentista a varias empresas en el área de minería y cementera, siendo estas con las cuales tiene una mayor demanda de trabajo actualmente:

- Cemento Melón S.A. en la planta de La Calera que se puede ver en la figura 1-8. En esta empresa se realiza montaje eléctrico instrumentista en salas eléctricas y cableado, y en el área de soporte al proceso se realizan mantenciones de equipos y en caso de falla se acude a solucionar los problemas.
- Puerto de Ventanas. En esta empresa se realiza soporte al proceso, realizando mantenciones a los equipos, motores, componentes del proceso y en caso de falla se acude a solucionar los problemas.
- Planta de Cemento Melón S.A. en Puerto Montt, es una planta sólo de molienda y envasado, recibiendo el cemento hecho. En esta empresa se realiza soporte al proceso, realizando mantenciones a los equipos, ya que debido al proceso que realiza el nivel de polución es alto y se debe realizar limpieza de polvo en las salas y componentes del proceso.
- Puerto Cabo Floward, en la Isla de Calbuco, se realiza desembarque de cemento desde México para traslado a la planta de Puerto Montt. En esta empresa se hace montaje de equipos para salas eléctricas, montaje de escalerillas y cableado. En el área de mantención se brinda soporte al proceso y mantención de los equipos y componentes de los procesos.



Fuente: Empresa Proyectos Electrónicos e Industriales Claudio Hernández

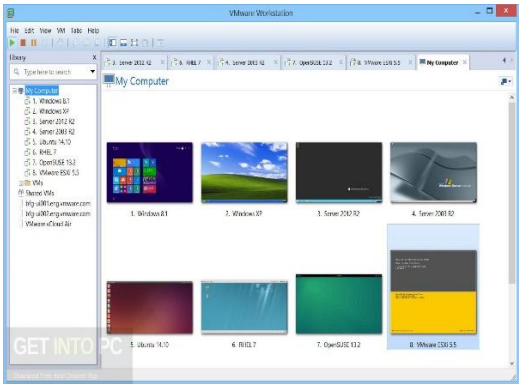
Figura 1-8. Empresa Cemento Melón La Calera.

1.2 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Durante esta pasantía se utilizarán varios equipos y herramientas necesarios para realizar los trabajos propuestos por la empresa, entre las más importantes están las siguientes:

1.2.1 VMware Workstation

VMware Workstation es una herramienta virtual que permite ejecutar uno o más sistemas operativos sin necesidad de realizar particiones en el disco duro del ordenador, como se muestra en la figura 1-9. Estos sistemas operativos virtuales permitirán cambiar entre ellos de forma sencilla y también permitirá al operador montar un sistema operativo virtual donde se puede observar la planta ajustándose a las necesidades que estime conveniente para un correcto funcionamiento del proceso.



Fuente: Manual VMware

Figura 1-9. Pantalla con sistemas virtuales en VMware.

1.2.1.1 Características principales de VMware

VMware es una herramienta virtual de gran utilidad en el ámbito industrial y tiene varias características que ayudan a mejorar y optimizar los procesos industriales, las siguientes son las principales características de esta herramienta:

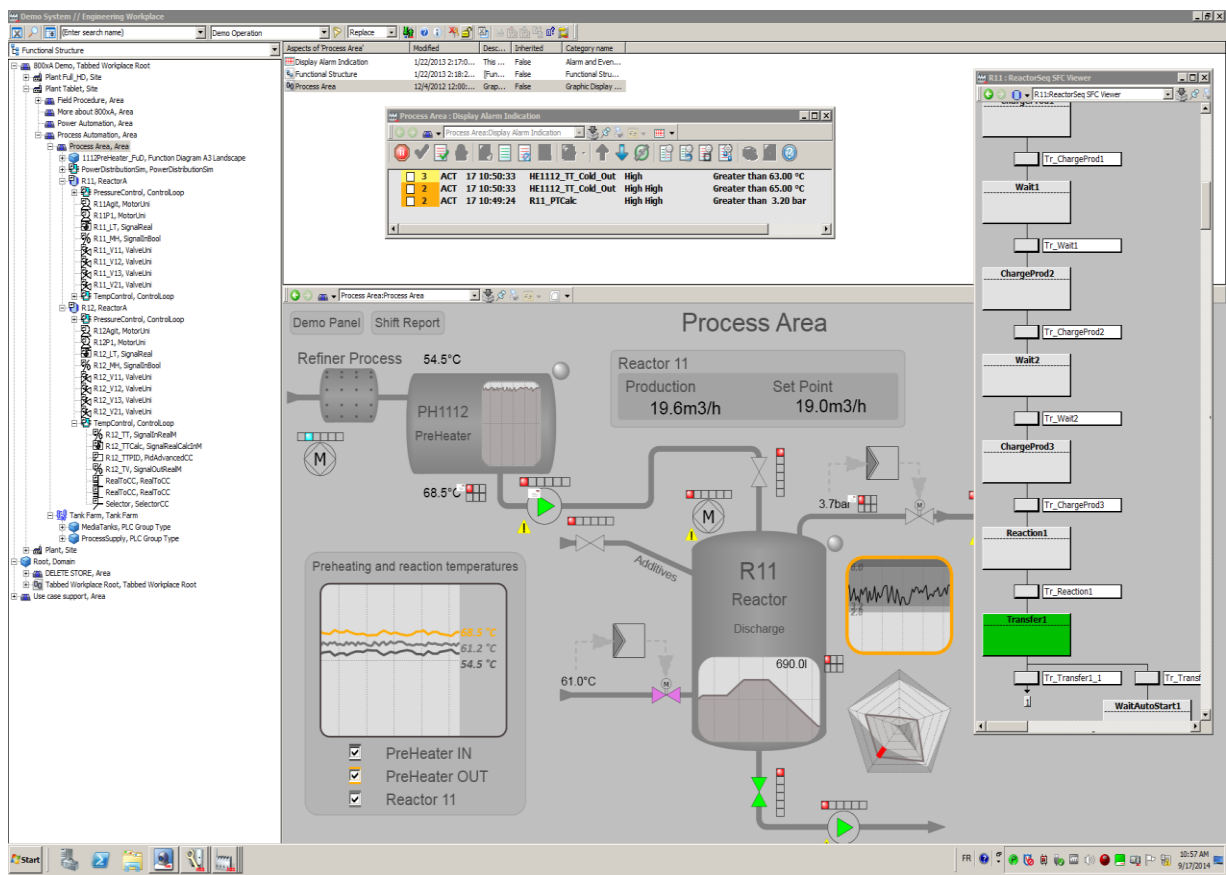
- Optimiza el desarrollo del software y las pruebas con las operaciones. Crea múltiples entornos de desarrollo y evaluación como máquinas virtuales en un solo ordenador.
- Mejora la colaboración en equipo. La portabilidad y las propiedades independientes del hardware en las máquinas virtuales.
- Facilita la colaboración entre el desarrollo y el control de calidad.
- Introduce la infraestructura virtual en tu empresa.
- Las máquinas virtuales creadas en un lugar de trabajo pueden implementarse a los otros ordenadores personales y servidores.

1.2.2 Sistema ABB 800xA

El Sistema 800xA de ABB es una plataforma de automatización que integra productos y soluciones de diversos tipos en un solo entorno de control de procesos tradicionales como un Controlador Lógico Programable (PLC), sistemas de control distribuidos (DCS), sistemas de seguridad, equipos eléctricos como motores y unidades. Este sistema proporciona integración de información en tiempo real para un acceso mejor y más rápido. El sistema 800xA soporta un flujo de información constante, desde el diseño, hasta la instalación y puesta en marcha, operación y mantenimiento del proyecto.

1.2.3 Plan Explorer Workplace

Plan Explorer Workplace es una herramienta del sistema 800xA de ABB. Esta herramienta permite al operador crear y visualizar en pantallas una planta virtual con datos en tiempo real y que muestra el funcionamiento de cada componente del proceso. Estas pantallas dependerán de la librería requerida para cada proceso donde varían los tipos de estanques, válvulas, sensores, motores, etc. También, permite crear ventanas emergentes para mostrar los estados de los componentes del proceso y avisar en caso de fallos.



Fuente: Manual Sistema ABB 800xA

Figura 1-10. Herramienta virtual Plan Explorer Workplace.

La figura 1-10 muestra un ejemplo de una planta virtual realizada en la herramienta virtual descrita anteriormente, y cómo el operador la visualiza en pantalla para observar los distintos parámetros que se muestran.

1.2.4 Controlador ABB AC 800M

El controlador ABB AC 800M es una familia de módulos montados en rieles, que consta de una CPU AC 800M, módulos de comunicación, módulos de fuente de alimentación y diversos accesorios. Cada módulo de CPU AC 800M está equipado con dos puertos Ethernet para la comunicación con otros controladores y para la interacción con operadores, ingenieros y aplicaciones de nivel superior.

1.2.4.1 Características y ventajas de ABB AC 800M

En este punto se presentan algunas de las características más importantes del controlador de ABB AC800M.

- Diseño escalable y rentable.
- Entorno común para la automatización y seguridad de procesos y energía.
- Tolerancia a fallas para una disponibilidad máxima de la planta.
- La arquitectura abierta reduce los costos del ciclo de vida.
- E / S flexible para todos los entornos de plantas.
- Funcionalidad de control de amplio alcance que satisface todas las necesidades



Fuente: Manual ABB AC 800M

Figura 1-11. PLC ABB AC 800.

La figura 1-11 muestra físicamente cómo es el contralor AC800, en el cual se pueden distinguir los distintos módulos que se pueden acoplar junto al módulo de CPU para sus distintas funciones.

1.2.5 Decapador o Pistola de calor

El decapador o pistola de calor es una herramienta de mucha utilidad para realizar diversos trabajos. Esta herramienta es un calentador por aire, como se puede observar en la figura 1-12, es algo similar a un secador de pelo, pero a temperaturas mucho más elevadas. Esta herramienta permite realizar trabajos como doblar y hacer curvas a tuberías de plástico o PVC, soldar tuberías de plástico, estañar metales, retirar pegatinas, etc.



Fuente: Catálogo de Productos Makita.

Figura 1-12. Pistola de calor Makita.

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS Y DETALLES DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

2. ANÁLISIS Y DETALLES DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

En este segundo capítulo se analizará lo realizado en el proyecto según lo pedido por la empresa para realizar en esta pasantía y se darán los detalles de los trabajos realizados.

2.1 INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

Este proyecto se basa en el funcionamiento de una planta de osmosis inversa industrial. Los principales objetivos propuestos por la empresa en este proyecto fueron:

- Investigar y estudiar el funcionamiento de una planta de osmosis inversa, sus procesos, maquinaria, equipos, sensores, y en general todo lo que necesita esta planta para su correcto funcionamiento.
- Apoyar al área de montaje en los distintos trabajos que tiene asignada. En este informe se detallará cada trabajo que fue realizado en el área de montaje.

2.2 OSMOSIS INVERSA

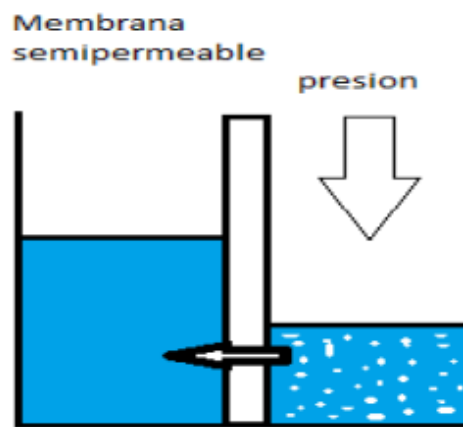
La desalinización es un proceso por el cual se elimina la sal del agua de mar o salobre y se obtiene agua dulce. En minería, la mayoría de las plantas utilizadas emplean la metodología de osmosis inversa.

La osmosis es un fenómeno físico relacionado con el movimiento de un solvente a través de una membrana semipermeable. Se debe tener en cuenta que la ósmosis inversa es una tecnología de purificación del agua que utiliza una membrana semipermeable para eliminar iones, moléculas y partículas más grandes en el agua potable, a través de la membrana semipermeable sólo pasa agua, es decir, el agua de la zona de alta concentración pasa a la de baja concentración. Si la alta concentración es de sal, por ejemplo, agua de mar, al aplicar presión el agua del mar pasa al otro lado de la membrana. Sólo el agua, no la sal, es decir, el agua se ha desalinizado por ósmosis inversa, y puede llegar a ser potable. Dentro de sus principales componentes se cuentan los sistemas de succión/alimentación de agua cruda, las bombas de impulsión de agua cruda (sin tratar) y el pre-tratamiento, que puede incluir diferentes procesos unitarios con el objeto de remover partículas y/o contaminantes que influyan negativamente en el proceso.

2.2.1 Características de la osmosis inversa

Las principales características que presenta la osmosis inversa son:

- Permite remover la mayoría de los sólidos disueltos en el agua.
- Remueve los materiales suspendidos y micro organismos.
- Realiza el proceso de purificación en una sola etapa.
- Proceso de purificación de forma continua.
- Es modular y necesita poco espacio, de acuerdo a los caudales deseados.
- El proceso se realiza sin cambio de fase, consiguiendo ahorro de energía.
- Es una tecnología extremadamente simple que no requiere de mucho mantenimiento y puede operarse con personal no especializado.



Fuente: Manual de Operación Planta Osmosis Inversa Centinela.

Figura 2-1. Fenómeno de Osmosis inversa.

En la Figura 2-1, se muestra el fenómeno de la osmosis inversa donde se tienen dos estanques de agua, uno con una alta concentración de partículas sólidas, en el cual se aplica una presión haciendo que el agua atraviese la membrana semipermeable, que es un filtro que no deja el paso a las partículas sólidas o de mayor tamaño que los poros o agujeros que este tenga, por lo que en el segundo estanque solo pasa agua, que se puede decir está “tratada” o “purificada”. Esta agua es la que sale del proceso de osmosis e ingresa a la planta para ser usada según las necesidades que se presenten, ya sea en las distintas etapas que se utilizan en los procesos mineros, como la flotación, espesadores, o muchos más en los que el uso de agua es necesario.

2.3 COMPONENTES DE UNA PLANTA DE OSMOSIS INVERSA

En este punto se analizarán los componentes más importantes para permitir que se realice el proceso de osmosis inversa.

2.3.1 Bomba de extracción de agua para tratamiento

Esta bomba se encarga de extraer agua desde unas piscinas que contienen agua de mar extraída a través de estaciones de bombeo desde el puerto que tenga la empresa en cercanía al mar. Para lograr extraer de forma eficiente el agua se utilizan bombas de media tensión de 3.400v controladas por variadores de frecuencia que permiten controlar el flujo necesario y sentido del giro de los motores. Por medio de estas bombas se logra alimentar la planta con agua de mar para procesarla y obtener agua tratada para diversos usos dentro de la industria.

2.3.2 Válvulas de control

Las válvulas de control se encargan de regular el flujo y circulación del agua que circula por la planta de osmosis inversa, evitando su regreso y estabilizando su presión.

Para influir en el paso de los fluidos las válvulas de control se van abriendo o cerrando dependiendo de las necesidades del flujo, es decir, no necesariamente están totalmente cerradas ni totalmente abiertas, el nivel de uno u otro estado depende de las necesidades de flujo. Estas válvulas son controladas por los operadores ya sea en terreno por medio de pantallas HMI que muestran todo el proceso y componentes permitiendo controlarlos, o por medio de operadores en sala de operaciones mediante pantallas las cuales mediante el sistema DCS que permiten controlar los componentes por medio de comunicación FieldbusPlug.

2.3.4 Bomba de alta presión

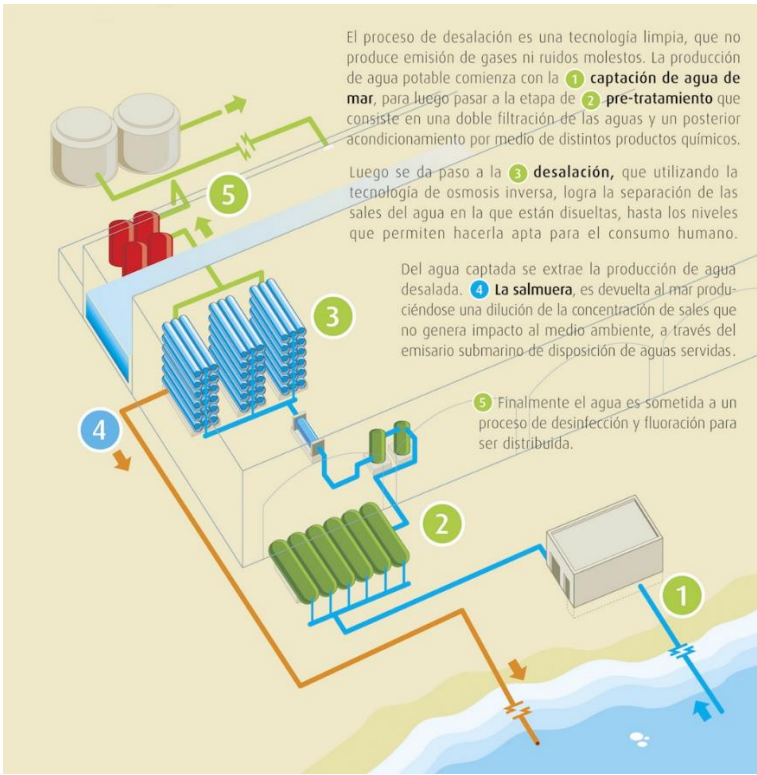
Esta bomba de alta presión es la encargada de aumentar la presión del agua de mar a una mayor presión osmótica, que es ejercida en el compartimiento que contiene la más alta concentración de sólidos. Esta presión obliga al agua a pasar por la membrana semi-permeable, dejando las impurezas detrás. Su funcionamiento es muy sencillo, el agua es aspirada por el tubo de entrada de la Bomba de Agua para luego ser impulsada por un motor que utiliza como cualquier motor, bobinas e imanes para crear un campo magnético y así lograr que el impulsor gire de una manera continua.

2.3.5 Membranas semi permeables

La membrana semipermeable contiene poros o agujeros, al igual que cualquier filtro, de tamaño molecular. El tamaño de los poros es tan minúsculo que deja pasar las moléculas pequeñas, pero no las grandes, normalmente del tamaño de micrómetros. Por ejemplo, deja pasar las moléculas de agua, que son pequeñas, pero no las de sal, que son más grandes.

2.3.6 Sensores de nivel de los estanques

Estos sensores son los encargados de controlar el nivel en los estanques de agua, que generalmente son sensores de flotador, sensores ultrasónicos, sensores por electrodos o sensores resistivos.



Fuente: <http://www.aguasistec.com>

Figura 2-2. Imagen del proceso de una planta de osmosis inversa

El la Figura 2-2 se puede ver una planta de osmosis inversa donde se distinguen las distintas etapas de esta y el orden en que se va realizando el proceso en cada etapa. Además nos presenta una explicación de cada etapa para lograr entender cómo es el funcionamiento por etapas del proceso de la osmosis inversa

2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE UNA PLANTA DE OSMOSIS

Una instalación de una planta de osmosis inversa o desaladora puede ser más o menos compleja según sea el tamaño y el tipo de agua a tratar y debe contemplar todos los elementos desde la toma de agua hasta el depósito final para el almacenamiento luego de completar todo el proceso de la planta. En dicha instalación pueden establecerse cuatro zonas o etapas. Cada etapa del proceso está compuesta a su vez por varios elementos funcionales (conjunto de válvulas, actuadores, instrumentos, tuberías, etc.) que cumplen una función concreta. Dichos elementos se ponen en funcionamiento de acuerdo a la demanda de agua a producir en un momento dado, pues esta varía dependiendo de las exigencias que demande la empresa. Estas cuatro etapas del proceso se describen a continuación.

2.4.1 Captación o toma de agua

En esta etapa es donde empieza el proceso de una planta de osmosis. Aquí se toma el agua de mar desde el puerto o instalación que utilice la empresa para llevar agua de mar hacia la planta, mediante estaciones de bombeo, las cuales su número depende de la cantidad de kilómetros que tenga que recorrer mediante agua ductos hasta donde se realiza el proceso. El agua de mar que llega a la planta es almacenada en piscinas, luego mediante bombas que se encargan de que el agua llegue al siguiente proceso. También consta de válvulas regulables que controlan en todo momento, tanto el caudal como la presión del agua impulsada a la planta.

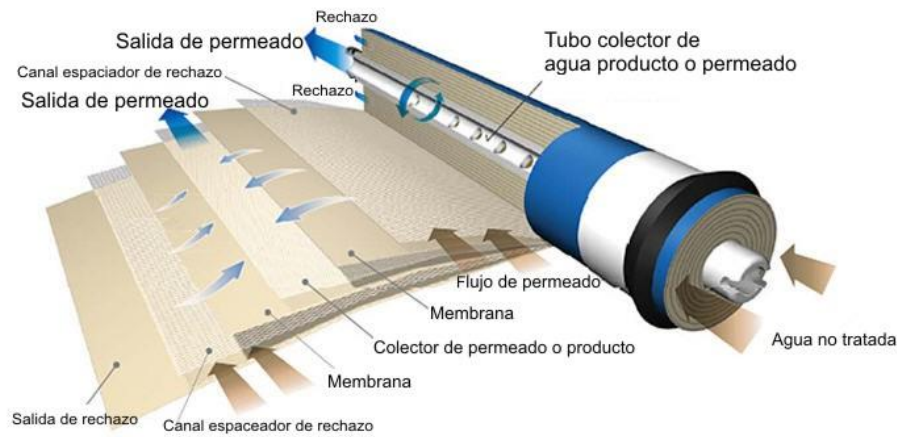
2.4.2 Pre Filtrado o Pre tratamiento físico-químico

El pre tratamiento de una Osmosis Inversa consiste en acondicionar el agua que es alimentada al equipo de Osmosis Inversa para asegurar que esta ingrese con una baja turbidez, libre de cloro y en condiciones adecuadas para que se evite el deterioro de las membranas. De un buen pre tratamiento dependerá que los equipos de Osmosis Inversa operen en condiciones óptimas y que la vida útil de la membrana se alargue, el pre-tratamiento de la Osmosis varía acorde a las condiciones del agua de origen ya sea río, pozo y mar.

Generalmente el proceso de osmosis inversa va acompañado de un pre tratamiento que tiene como objetivo filtrar el agua antes de entrar al proceso de osmosis inversa. Con el fin de lograr obtener los mejores resultados posibles y garantizar el mejor funcionamiento de las membranas semipermeables, esta etapa consta de varios filtros como filtros de sedimentos, filtros de arena , filtros de carbón activado y suavizador.

2.4.3 Desalación

Esta es la etapa de filtrado de la planta donde se separa la sal del agua. El proceso utilizado es la osmosis inversa. Es necesario elevar la presión del agua entrante para forzar la separación de la sal del agua. Esta etapa está formada por una matriz de tubos que contienen las membranas de osmosis como muestra la figura 2-3, un par de bombas de gran potencia, instrumentación (caudal, presión), una válvula regulable y varias válvulas más. Esta etapa es una de las más críticas de todo el proceso debido al lazo de regulación en el circuito de alta presión. El rendimiento de las membranas es proporcional a la presión de entrada, pero también al deterioro de las mismas.



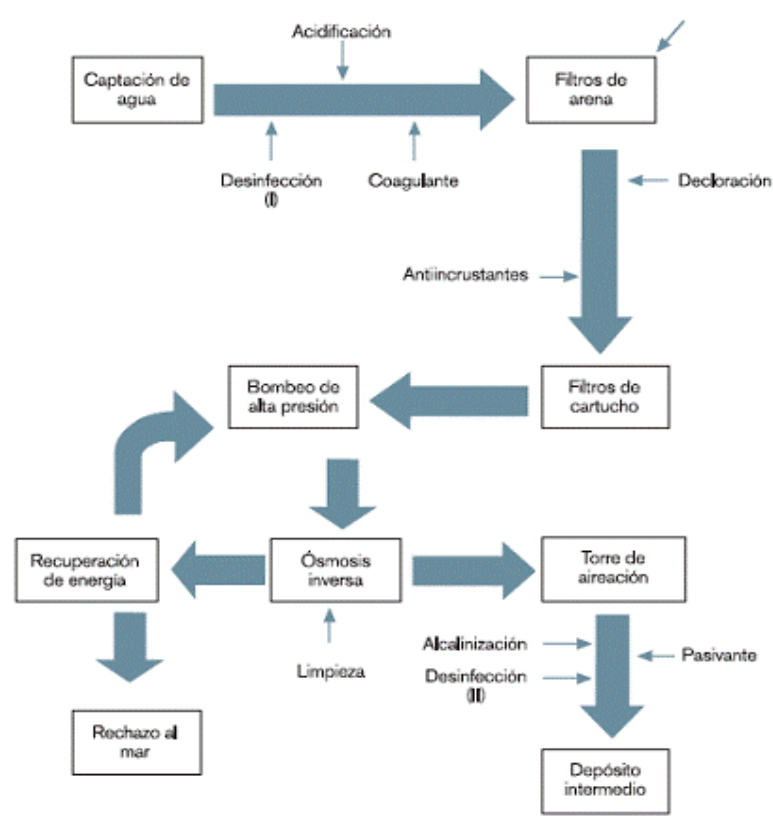
Fuente: <https://www.carbotecnica.info/encyclopedia/osmosis-inversa/>

Figura 2-3. Filtro con membranas semi permeables.

2.4.4 Almacenamiento y post- tratamiento

Esta última etapa del proceso es donde se realiza el almacenamiento del agua tratada luego de pasar por todo el proceso de la planta de osmosis inversa, para luego distribuirla dependiendo del uso que se le requiera dar. El estanque de post-tratamiento es donde llega el porcentaje de agua que no cumple con las exigencias pedidas por la empresa, luego es llevada a nuevamente a la etapa de desalación con filtros de membranas semi permeables para ajustar nuevamente la calidad del agua.

Las membranas de ósmosis inversa tienen la características de hacer una limpieza continua mientras trabajan, porque de no ser así, sufrirían una acumulación de contaminantes y una saturación en poco tiempo, por lo que parte del flujo de agua entrada arrastra los contaminantes sales y minerales. A esto se le conoce como agua de rechazo, que comúnmente es 40% de agua producto y 60% de agua de rechazo, en equipos con agua de calidad relativamente buena, puede ser 50% / 50% o en aguas con sólidos disueltos totales bajos hasta 60% / 40%.



Fuente: Manual de Operación Planta Ósmosis Inversa.

Figura 2-4. Diagrama de funcionamiento de una planta de Ósmosis Inversa

En la Figura 2-4 se pueden observar las etapas del proceso de una planta de osmosis inversa mediante un diagrama de funcionamiento, el cual parte con la primera etapa de captación de agua, luego pasa a la segunda etapa de pre filtrado (filtros de arena, filtros de cartucho), luego del pre tratamiento pasa a la tercera etapa donde se realiza la osmosis inversa, para luego llegar a la etapa final de almacenamiento y post tratamiento.

2.5 PRINCIPALES APLICACIONES DE LA OSMOSIS INVERSA

La mayoría de las aplicaciones de ósmosis derivan de la capacidad de separar sólidos mediante ósmosis inversa utilizando membranas semipermeables. Algunas de las principales aplicaciones en que se utiliza este proceso se presentan a continuación.

2.5.1 Desalinización

Mediante este procedimiento es posible obtener agua desalinizada partiendo de una fuente de agua salada, agua de mar, que en condiciones normales puede tener entre 20.000 y 55.000 micro siemens/cm de conductividad. La medida de la conductividad del agua da una indicación de la cantidad de sales disueltas que contiene, dado que el agua pura no es un buen conductor de la electricidad su potencial de disociación es menor de 0.00001 micro siemens/cm.

2.5.2 Eliminación del color

El color, además de no admitirse en el agua potable por motivos estéticos, es un precursor de los trihalometanos, que es un compuesto químico volátil que se produce en el proceso de potabilización del agua.

2.5.3 Uso como agua potable

Cada vez es más frecuente el uso de la desalinización para producir agua para consumo humano, y la tendencia probablemente continuará conforme aumenta la escasez de agua a causa de las presiones que produce el crecimiento demográfico, la sobreexplotación de los recursos hídricos y la contaminación de otras fuentes de agua.

2.5.4 Producción de aguas de alta calidad

En la producción de agua desmineralizada, las membranas eliminan la mayor parte de las sales en el agua y una gran variedad de sustancias orgánicas.

2.6 **COMUNICACIÓN DE LA PLANTA CON DCS**

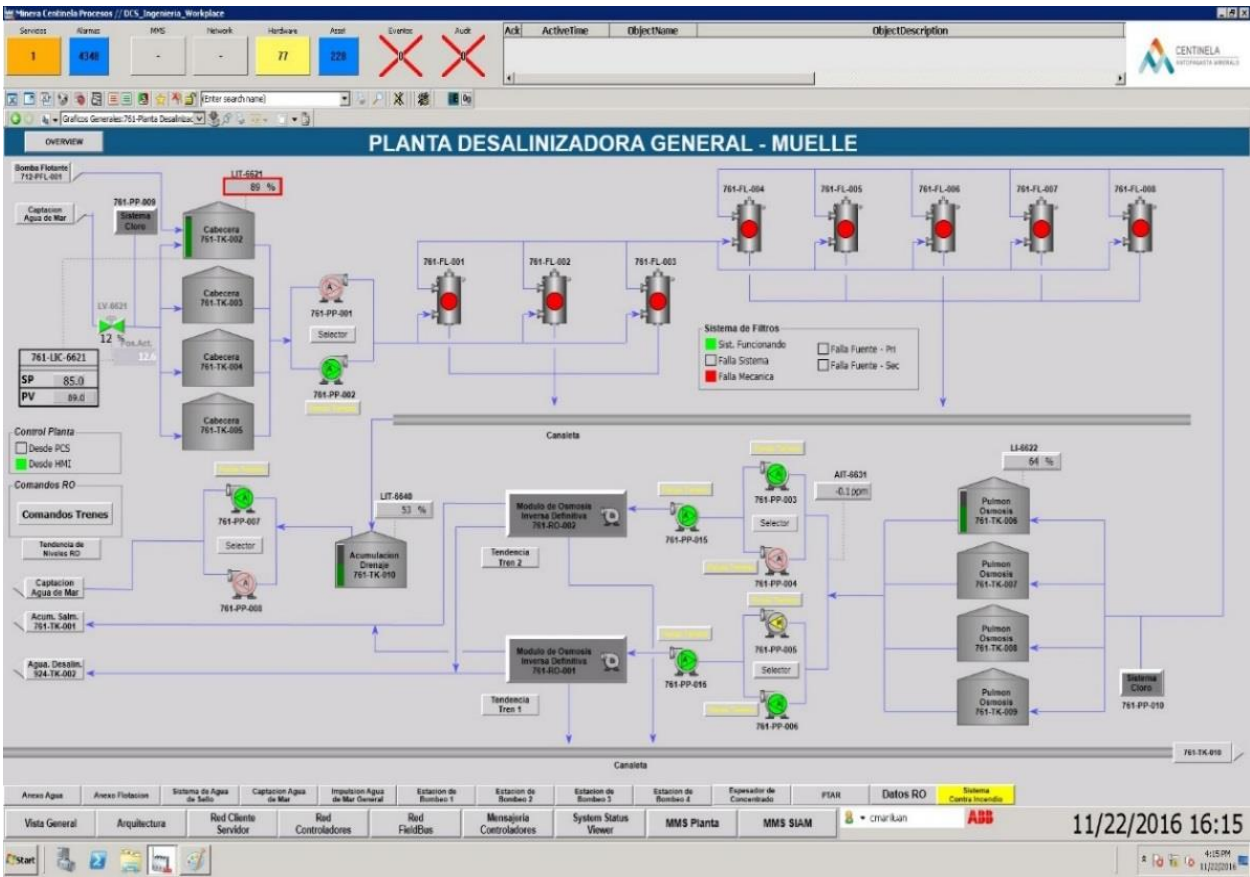
En este proyecto se analiza la comunicación de una planta RO (osmosis inversa) al sistema DCS, para esto se utiliza la comunicación vía Modbus TCP al sistema DCS 800xA de ABB.

2.6.1 Sistema de control distribuido (DCS)

Al sistema DCS es donde llega toda la información de la planta y ésta es mostrada en las pantallas de la sala de operaciones, en la cual se analizan los valores, avisos de fallas, avisos de

mantención, etc. Todo esto se realiza a través del sistema DCS 800xA de ABB donde se muestra en pantalla una planta virtual de los componentes del proceso mostrando información en tiempo real de cada uno de los parámetros que se obtienen del proceso. Este sistema está conectado con los controladores (PLC) AC800M de ABB con el cuál se logra la comunicación con los sensores, válvulas, actuadores y demás componentes que se encuentran en el proceso. Este sistema permite controlar los componentes de la planta de forma remota con el sistema DCS o dar control local para controlar desde terreno, por ejemplo, para dar partida a un motor se puede realizar de forma remota desde la sala o se puede pedir al operador que permita realizar la partida de forma local a través de las botoneras instaladas en terreno para el motor.

Para dar partida a un motor de forma remota, se utilizan las entradas digitales que tiene el relé de protección UMC22 que se instalan en los gabinetes de CCM (Centro de control de motores) permitiendo controlar la partida y parada del motor, este relé además de proteger a los motores por sobre corriente, calentamiento, bloqueo de rotor y fallos de comunicación, permite visualizar los parámetros del motor como voltaje, corriente, temperatura (gracias a que el UMC22 tiene una entrada para PTC), y cerca de 100 parámetros más, por medio de la comunicación con FieldbusPlug el cual se explicará en el siguiente punto.



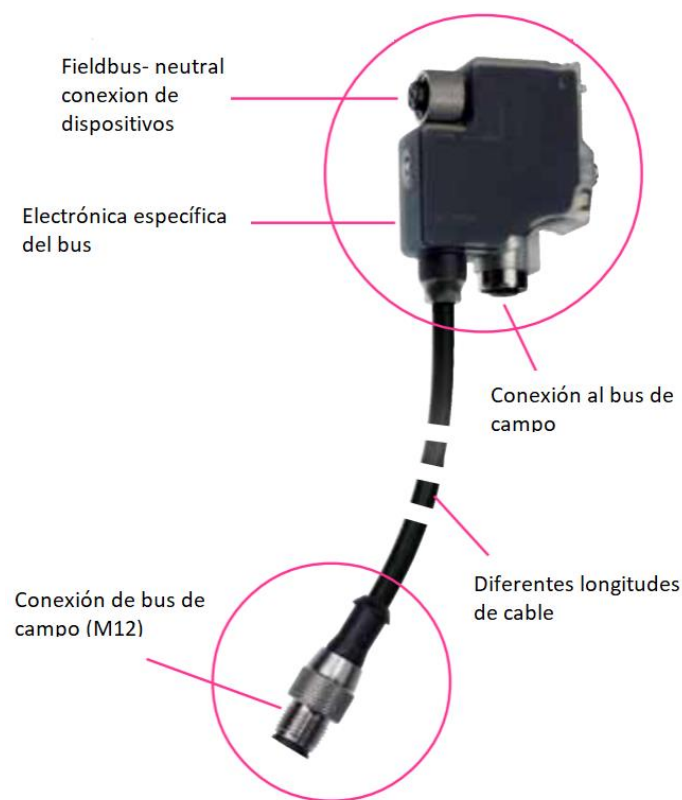
Fuente: Empresa Proyectos Electrónicos e Industriales Claudio Hernández

Figura 2-5. Planta osmosis inversa en el sistema DCS 800xA.

Como se observa en la Figura 2-5, el operador visualiza en las pantallas de la sala de operaciones la planta desalinizadora, en este caso es una planta de nivel industrial en el ámbito de la minería. En esta pantalla el operador puede analizar los valores y determinar si el proceso está obteniendo el producto deseado o si necesita hacer alguna modificación al proceso, como controlar el porcentaje de apertura de las válvulas de control, regular la cantidad de aditivo que se introduce al proceso, el nivel de los estanques, control de la presión y la cantidad de producto al final del proceso. Además, puede ver el funcionamiento de cada componente en el proceso, si alguno acusa falla este se mostrará en pantalla, se abrirá una pantalla emergente que avisará si fue una falla de sistema o falla mecánica y el operador dará aviso al personal de mantenimiento correspondiente.

2.6.2 FieldbusPlug

FieldbusPlug es una familia de protocolos industriales de redes informáticas utilizados para redes de control industrial. El sistema FieldbusPlug conecta aparatos de conmutación y otros componentes similares de automatización habituales mediante cualquier bus de campo. Todos los sistemas relevantes de comunicación como Profibus DP, DeviceNet, Modbus y CANopen están cubiertos y solo un tipo de conector funciona para todos como se puede ver en la figura 2-6.



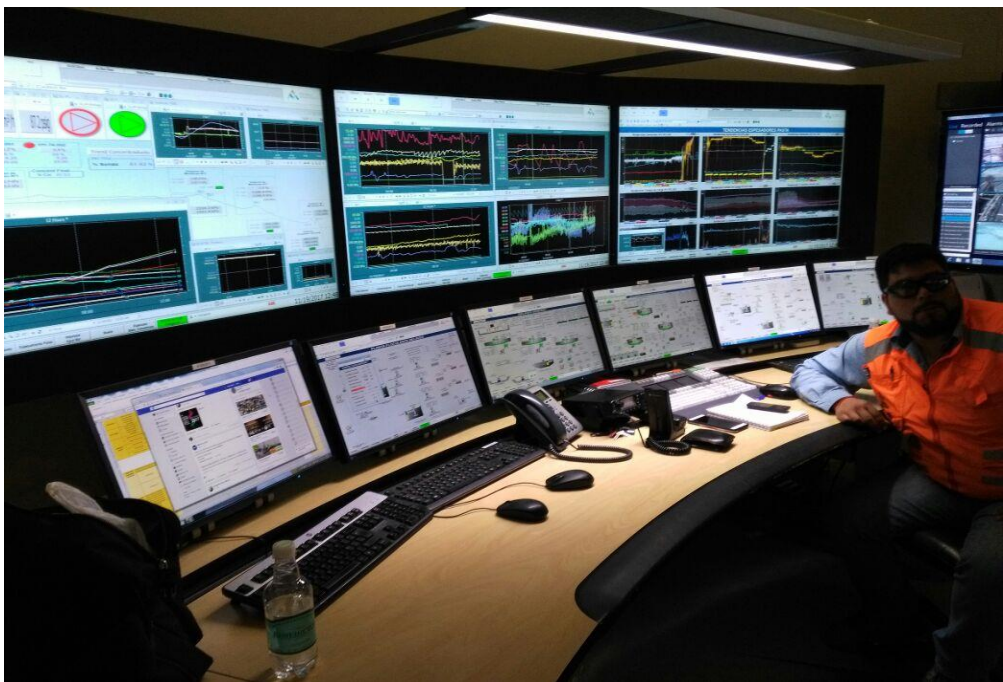
Fuente: Manual FieldBusPlug ABB

Figura 2-6. Conector para comunicación FieldBusPlug.

2.6.3 Comunicación Modbus TCP

Modbus es un protocolo de solicitud-respuesta implementado usando una relación maestro-esclavo. En una relación maestro-esclavo, la comunicación siempre se produce en pares, un dispositivo debe iniciar una solicitud y luego esperar una respuesta y el dispositivo de inicio (el maestro) es responsable de iniciar cada interacción.

Modbus permite el control de una red de dispositivos, en el caso de una planta de osmosis inversa, serían un sistema de medida de temperatura, presión, humedad y nivel, y comunicar estos datos a un ordenador.



Fuente: Empresa Proyectos Electrónicos e Industriales Claudio Hernández

Figura 2-7. Sala de operación Minera Centinela.

En la Figura 2-7 se puede ver una sala de operaciones con el sistema DCS 800xA de ABB comunicada con los distintos componentes de la planta.

2.7 MONTAJE DE EQUIPOS

En esta pasantía se realizaron varios trabajos de montaje equipos, ya sea en terreno como en salas eléctricas. Los equipos fueron llevados desde bodegas hasta el sector donde se pidió ser instalado utilizando camiones y grúas para poder movilizarlos e instalarlos en los lugares destinados. A continuación, se describirán los trabajos realizados en el área de montaje.

2.7.1 Montaje de escalerillas

Las escalerillas son un tipo de bandeja para cables, la cual es montada en distintos lugares de la planta, para colocar los cables sobre ella y sirven como camino para estos. Las escalerillas utilizadas en este trabajo son de fibra de vidrio ya que al ir montadas debajo de una sala eléctrica estas deben ser un buen aislante térmico y también es un material ignífugo para evitar que el fuego se propague rápido. Estas escalerillas se fijan sobre rieles y se va formando el camino deseado para llevar los cables. En estas escalerillas pasa el cableado de fuerza, control y comunicación de la sala. Como se muestra en la Figura 2-8, en el cuadrado rojo se pueden ver las escalerillas montadas sobre los rieles y se está empezando a colocar el cableado en ellas.



Fuente: Empresa Proyectos Electrónicos e Industriales Claudio Hernández.

Figura 2-8. Montaje de escalerilla debajo de una sala eléctrica.

2.7.2 Montaje de canalización para alumbrado

En este trabajo se realizó la canalización y montaje de equipos de alumbrado. Para la canalización se utilizó tuberías de PVC para proteger el cableado, y se instalaron con tenazas o abrazaderas tipo ruc y rieles como se puede ver en la Figura 2-9 para poder montarlas en muros y pilares de cemento. Para realizar la curvatura de algunas secciones en la canalización se utilizaron 2 métodos de calentamiento: se utilizó calentamiento por aire con un decapador o también conocido como pistola de calor, con este método se calienta la tubería de PVC mediante aire caliente, al estar la tubería caliente se vuelve flexible y se le pueden dar curvas de hasta 90°C, al llegar al punto donde se puede dar la curva a la tubería se debe mantener en la posición deseada y dejar enfriar, y esta quedará con el ángulo y posición que se le dio. El segundo método es calentar la tubería de

PVC con un soplete, este método es más complicado que el anterior ya que la tubería puede quemarse y quedar con marcas visibles debido a que el calentamiento se realiza con la llama que produce el soplete, el método funciona de igual manera que el anterior al calentar la tubería se vuelve flexible y se puede dar la curva deseada a la tubería de PVC.

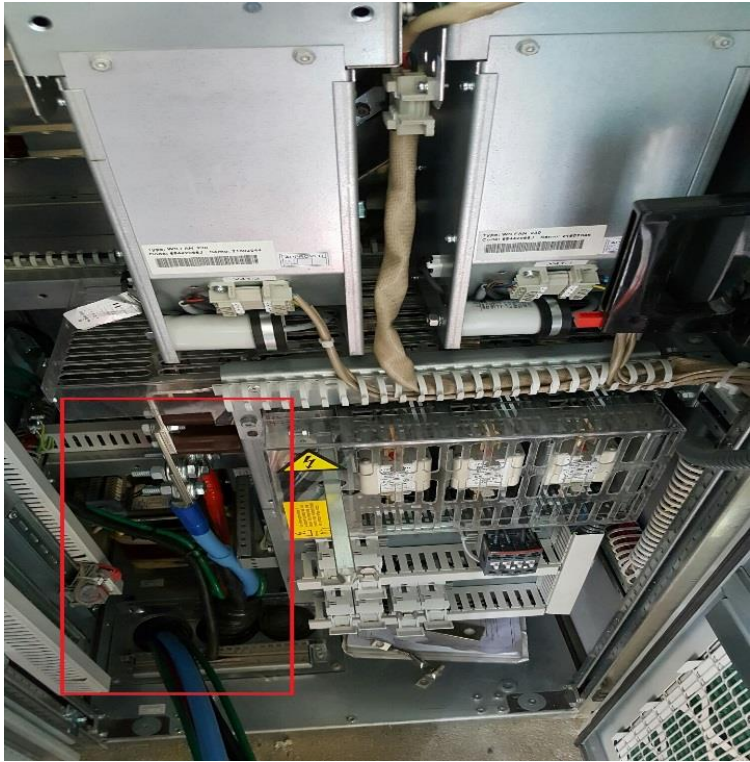


Fuente: Catalogo de canalizaciones <http://www.kersting.cl>

Figura 2-9. Montaje de tuberías con riel y abrazadera tipo ruc.

2.7.3 Conexión de Variador de Frecuencia (VDF)

Los variadores de frecuencia vienen montados desde el proveedor, que en este caso es ABB por lo que conexión interno entre etapas viene listo de fábrica. Lo que se realizó en este trabajo fue conexión de la parte de fuerza que alimenta al variador de frecuencia. Esta alimentación viene desde un transformador de 400v ya que el equipo instalado es de baja tensión, este transformador no alimenta directamente al variador, ya que la alimentación de este llega a un CCM donde se encuentra el partidor del motor al cual el variador se conectó, este transformador se encuentra instalado a un lado de la sala eléctrica donde fue montado el VDF, y el cableado se realiza por debajo de la sala y llega a través del piso mediante un agujero hecho anteriormente al montaje del equipo. Como se puede ver en la Figura 2-10, en el sector inferior izquierdo dentro del rectángulo rojo se encuentra la conexión realizada a la alimentación del VDF, se pueden distinguir 2 tipos de cables: los más gruesos con los colores de las 3 fases azul, rojo y negro, y los más delgados son los cables verdes que son la tierra para el armario donde está montado el VDF, estos equipos variadores se comandan por medio de un display el cual permite visualizar los parámetros necesarios para proteger y correr de forma correcta el motor al cual este alimenta. Este VDF es de una potencia entre 0,75 a 500 kW, se montó para alimentar el motor de una bomba de piso de baja tensión (380v) que es la encargada de extraer todo el excedente de concentrado de cobre que cae al piso desde los espesadores.



Fuente: Empresa Proyectos Electrónicos e Industriales Claudio Hernández.

Figura 2-10. Cableado de alimentación a VDF.

2.7.4 Montaje y conexionado de transformador

Los transformadores instalados vienen armados por los proveedores y son llevados a las bodegas de la planta, donde son movilizados utilizando grúas y camiones para llevarlos a los lugares donde se pide la instalación. Este transformador fue instalado al costado de una sala eléctrica ya que es el que realiza la alimentación a los equipos que están en ésta. Son transformadores de 400V, y como se puede ver en la Figura 2-11 las conexiones realizadas en éste transformador fueron en el primario una conexión en triángulo y en el secundario una conexión en estrella. Este transformador se instaló para alimentar equipos de baja tensión (380v) en sala eléctrica, como pueden ser CCM, variadores de frecuencia, paneles de alumbrado, equipos de emergencia, etc.

2.7.5 Montaje de tableros eléctricos para bombas

En este trabajo se realizó el montaje de un tablero para 5 bombas, las cuales se utilizan en la planta para bombear agua a los esperadores de concentrado. Estos tableros se montaron sobre soportes de metal los cuales fueron fijados a un muro de cemento. Estos tableros tienen botoneras para cada una de las 5 bombas, estas tienen 2 botones uno para partida, uno para parada y un selector que permite elegir entre manual o automático, esto quiere decir que se puede dejar de forma manual para dar partida y parada desde el tablero o automático para que el operador desde la sala

pueda darle partida o parada. Por lo general este selector está en automático ya que la opción manual suele utilizarse sólo cuando se va a realizar algún trabajo en el equipo en terreno.



Fuente: Empresa Proyectos Electrónicos e Industriales Claudio Hernández.

Figura 2-11. Cableado de Transformador.

2.7.6 Mantenición Celdas GIS

En este trabajo se realizó la mantención a las Celdas de alimentación GIS. Estos equipos están ubicados dentro de las salas eléctricas como se puede ver en la figura 2-12 y son los encargados de recibir la alimentación que viene desde la sub estación principal, la cual entrega 23kv por lo que son equipos de alta tensión. Estos equipos son los que alimentan transformadores de potencia, equipos de sala eléctrica y motores de alta tensión. El proceso para poder realizar mantención parte siempre por avisar a los encargados de sub estación principal que el equipo se detendrá, luego se necesita bloquear el equipo y confirmar energía cero, esto se realiza utilizando siempre traje ignífugo con máscara y guantes ignífugos ya que estos equipos cuentan con un interruptor interno llamado MCB que es el que da paso a la alimentación de 23kv y se han producido casos que un arco eléctrico puede producir la explosión del equipo y quemaduras en el personal de mantención. A estos equipos sólo tiene acceso personal eléctrico con autorización para ingreso a salas eléctricas. La mantención realizada es generalmente reapriete de cableado interno, revisión de cables de comunicación y limpieza interna debido a la gran cantidad de polvo que se produce en la minería.



Fuente: Empresa Proyectos Electrónicos e Industriales Claudio Hernández.

Figura 2-12. Celda de alimentación GIS montada en sala eléctrica.

2.7.7 Mantenimiento Partidores de media tensión

En este trabajo se realizó la mantención de partidores de media tensión (3.4KV), los cuales se encuentran ubicados dentro de las salas eléctricas para alimentar centros de media tensión y dar partida directa a motores de media tensión o alimentar variadores de frecuencia de media tensión como serían los ACS1000 de ABB. Como se puede visualizar en la figura 2-13, estos partidores cuentan con un relé de protección SIPROTEC de Siemens, que brinda protección por sobre corriente, alta temperatura, etc. Para realizar la mantención primero se debe bajar la palanca, retirar la tapa y separar el carro de las barras de fuerza que se encuentran en la parte trasera del cubículo, para esto es necesario siempre utilizar traje de cuero ignífugo al igual que guantes y máscara, para evitar lesiones en caso que al momento de estar en el proceso de retirar el carro se produzca un arco eléctrico que puede producir fuego y explosión del equipo.

A estos equipos, por lo general, se le realiza una inspección revisando el estado interno del equipo y las barras de fuerza, fijándose que el carro no este golpeado, no esté en mal estado el cableado interno y no presente polvo en el interior.

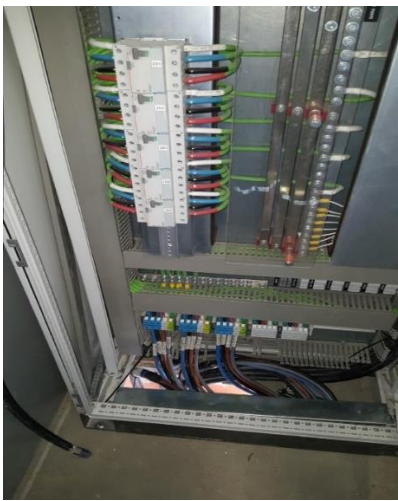


Fuente: Empresa Proyectos Electrónicos e Industriales Claudio Hernández.

Figura 2-13. Partidores de media tensión ubicados en sala eléctrica.

2.7.8 Conexionado de tablero de alumbrado

En este trabajo se realizó el conexionado de un tablero de alumbrado para una sala eléctrica. Como se puede ver en la figura 2-14, el tablero está alimentado desde el piso de la sala, donde su energía proviene desde un transformador ubicado a un costado de la sala eléctrica. En la parte superior del tablero se realiza la distribución del alumbrado repartiendo hacia toda la sala a los distintos equipos de alumbrado ubicados en ella.



Fuente: Empresa Proyectos Electrónicos e Industriales Claudio Hernández.

Figura 2-14. Tablero de alumbrado para sala eléctrica.

2.7.9 Cambio y conexionado de transformador seco de 23kv a 3.4kv.

En este trabajo se realizó el cambio de un transformador de 23kv a 3.4kv con bobinas en seco, las cuales no necesitan ningún tipo de líquido para refrigeración. Estos transformadores alimentan equipos de media tensión en sala eléctricas, se realizó cambio por bobina en mal estado. Se realizó medición de aislación en bobinas para determinar el estado de estas, encontrándose una bobina en mal estado. Para realizar el cambio se utilizó camiones de cama baja y grúas para transportar el transformador desde bodega a terreno. Se realizó la desconexión del transformador en mal estado para retirarlo del área y colocar en su lugar el que se encuentra en buen estado. Estos transformadores tienen 1 primario en delta y 2 secundarios uno en delta y otro en estrella, estos para lograr el desfase de 30° entre los secundarios como lo indica la placa de esté. Se conectó y probó, tanto en vacío como con carga, y se revisó el correcto funcionamiento del equipo al cual esté alimenta, en este caso un VDF ACS1000 de marca ABB el cual alimenta una bomba de media tensión impulsora de concentrado hacia hidrociclones.

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN CUALITATIVA

3. EVALUACION CUALITATIVA

En este capítulo se realizará una evaluación cualitativa de la estadía en la empresa Proelect, donde se abordarán los conocimientos ocupados para realizar los distintos trabajos y lo que la Carrera Técnico Universitario en Electrónica de la Universidad Técnica Federico Santa María entregó a través de su malla curricular.

3.1 EVALUACION DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Durante la estadía en la empresa se realizaron varios trabajos en los cuales se requerían conocimiento del área eléctrica y electrónica, los cuales se entregaron tanto a través de la malla curricular en la Carrera Técnico Universitario en Electrónica de la Universidad Técnica Federico Santa María, como en cursos de capacitación realizados en la empresa. A continuación, se analizarán estos trabajos y los conocimientos utilizados en ellos.

3.1.1 Investigación sobre una planta de osmosis

Al comienzo de la pasantía se planteó realizar un proyecto de comunicación de una planta de osmosis inversa, esto sería, crear una planta virtual mediante el sistema DCS 800XA de ABB y realizar la programación y comunicación de los distintos componentes de la planta con este sistema, pero debido a problemas de la empresa el proyecto se aplazó algunos meses por los que al alumno se le dio la tarea de investigar el funcionamiento de una planta de osmosis inversa, sus distintos procesos, componentes, utilidades, etc.

Durante este trabajo se realizó la investigación de la planta de osmosis inversa, lo que requirió de igual manera conocimientos del área de la electrónica y automatización, ya que dentro del proceso de una planta de osmosis inversa se tiene una gran cantidad de componentes electrónicos y eléctricos como son los distintos tipos de sensores que se utilizan, ya sean de nivel para los estanques, de temperatura para los motores y bombas, de presión para el paso del agua, etc. Lo anterior requería conocimiento para lograr entender la tarea que realizaba cada uno de estos, lo que se obtuvo durante la Carrera Técnico Universitario en Electrónica en las asignaturas como sensores y transductores industriales e instrumentación industrial.

Se vieron también distintos tipos de motores y bombas que se utilizan en estos procesos, debido a que se necesita un flujo constante de agua para alimentar la planta de osmosis inversa se utilizan motores de media tensión para las bombas controlados con variadores de frecuencia ABB modelo ACS1000, pero también se utilizan bombas de baja tensión durante el proceso con partida directa desde los centros de distribución de baja tensión o CCM, por lo que para lograr comprender el

funcionamiento que realizan estos componentes en la planta se necesitaban conocimientos sobre estos, lo que se obtuvo durante la carrera en las asignaturas como máquinas eléctricas, electrónica industrial y control de procesos. Algo que fue necesario para esta tarea fue aprender y revisar los manuales de la planta de osmosis inversa, y sus componentes, lo que ayudó a esto fue que durante la carrera siempre se recalcó el revisar los manuales de los equipos y componentes con los que se va a trabajar por parte de los docentes de la carrera.



Fuente: Empresa Proyectos Electrónicos e Industriales Claudio Hernández.

Figura 3-1. Bomba media tensión.

Como se muestra en la figura 3-1, es una bomba de impulsión de agua acoplada a un motor de media tensión, la función de estas bombas es alimentar la planta de osmosis inversa con agua de mar para procesarla.



Fuente: Empresa Proyectos Electrónicos e Industriales Claudio Hernández.

Figura 3-2. Motor de media tensión para acoplar bomba.

La figura 3-2 muestra un motor de media tensión al cual se acoplan las bombas para lograr mover los impulsores y poder realizar la circulación de agua.

3.1.2 Montaje y conexionado de equipos

Durante la pasantía la empresa propuso como una de las tareas para el alumno realizar apoyo en el área de montaje y mantención. Durante estos trabajos en el área de mantención se realizaron varias tareas de conexionado y montaje de equipos, donde se requirieron varios conocimientos de electricidad, como lo fue en el trabajo de conexión de un variador de frecuencia de baja tensión, donde se realizó el cableado de fuerza del variador de frecuencia el cual fue alimentado desde un transformador con 400V, y cumplía la función de alimentar una bomba de piso. Para realizar esta conexión de buena manera se requería saber de electricidad y también sobre conexión de transformadores, ya sea en estrella o triángulo. También se realizó el conexionado de un transformador de 400V que alimentaba un CCM de una sala eléctrica, este trabajo requería saber sobre conexionado de transformadores y corriente alterna. La mayoría de los demás trabajos realizados fueron mantenciones de equipos que a pesar de ser en la mayoría de los casos solo inspección, se necesita tener el conocimiento y entendimiento de los equipos a intervenir.

3.1.3 Bloqueo y desbloqueo de equipos

Para poder realizar la mayoría de los trabajos realizados durante la pasantía, fue necesario realizar bloqueo de la fuente de energía de los equipos para evitar posibles accidentes durante el desarrollo del trabajo. Para esto se realizó una capacitación de operador e interventor de bloqueo, para cumplir con las leyes que exigen estar capacitado para esto. Esto requiere de conocimientos de medición de energía cero y uso de instrumentos de medición, como voltímetro, tester y multitester. Además, se necesita saber cómo colocar las puntas de medición y el tipo de conexión hacer para no dañar el instrumento.

3.1.4 Megado de cables y motores

Se realizó el Megado de cables y motores para determinar si estos estaban buenos o necesitan cambio. Esto se realiza con un instrumento llamado megger el cual mide la aislación en el cable y bobinas de los motores, esta medición se realiza cuando el megger aplica una tensión por lo general de 500 volts para motores que funcionen por debajo de los 1000 volts, luego de aproximadamente un minuto el megger nos dará una medición en ohm, el cual debe ser un valor mayor a los 500 megaohms para que el componente medido se encuentre en buenas condiciones. Esto requiere conocimiento de tipo de conexiones, unidades de medida y valores de medida.



Fuente: <https://es.megger.com>

Figura 3-3. Megger para mediciones de aislación.

En la figura 3-3 se puede ver un megger utilizado para mediciones de aislación en motores, cables, transformadores y más equipos. Como muestra la imagen tiene los bornes de conexión para los cables, estos se conectan en los bornes de color rojo que es positivo y negro que es negativo, en la pantalla que se puede ver se muestra la medición en megaohms que entrega luego de aplicar durante aproximadamente un minuto un voltaje el cual se puede configurar su valor abajo girando la manilla en los valores de voltaje que se muestran en rojo que puede llegar hasta los 10 kilovolts.

3.1.5 Reseteo y revisión de relés de protección.

Los relés protección más utilizados en el lugar donde se realizó la pasantía son los UMC22 de la marca ABB, este relé tiene un menú bastante simple de operar luego de aprender las funciones de las teclas y el manejo del display para visualizar los parámetros y mediciones que entrega. Estos relés tienen 4 curvas de disparo que van en función de la corriente y el tiempo. Estas curvas se configuran en el UMC22 dependiendo de la corriente nominal del equipo, por lo que si la corriente sobrepasa esta durante un periodo de tiempo el relé operara deteniendo el equipo para protegerlo y evitar daños críticos en este. Esto requirió saber de valores y unidades de medida en este caso para la corriente amperes, además de aprender a manejar el menú del UMC22 para realizar cambios, reset para sacar fallas presentes y revisar el por qué se produjo la falla.

En la figura 3-4 se muestra como se visualiza un relé de protección UMC22 en un cubículo de un centro de control de motores, se puede observar la pantalla display, en la cual se pueden ver, controlar y cambiar los parámetros de los motores que estos protegen. En este panel se ingresan los parámetros nominales del motor y las corrientes a las cuales puede trabajar, como también las corrientes de disparo, en este relé se ingresa un nivel de corriente para alarmar y otro para operar el relé y detener el equipo para protegerlo. El UMC va dentro de cubículo, por fuera solo observa el panel de control, pero las conexiones y el fieldbus de comunicación van al interior del cubículo.



Fuente: Empresa Proyectos Electrónicos e Industriales Claudio Hernández.

Figura 3-4. Relé de protección UMC22

3.2 ASIGNATURAS QUE AYUDARON AL DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

Durante la pasantía se realizaron trabajos que necesitaron de conocimientos técnicos que fueron obtenidos en la carrera, muchas veces para lograr llevar lo aprendido a la práctica se debió realizar un repaso personal para recordar de forma correcta cada materia aprendida y así poder realizar un trabajo correcto, a continuación, se expondrán algunas de las asignaturas que ayudaron realizar estos trabajos gracias a lo aprendido en ellas y se explicará en que ayudó al alumno.

3.2.1 inglés

El inglés fue algo fundamental en el transcurso de esta pasantía, ya que la mayoría de los manuales y nomenclaturas de los equipos vienen en este. El poder interpretar y entender lo que se lee en ellos fue más ameno gracias al inglés técnico aprendido durante la asignatura. También existieron capacitaciones realizadas en la empresa que fueron dictados por personal extranjero de habla inglés, por lo se llega a la conclusión que el ramo de inglés es algo fundamental en la vida laboral debido a que cada vez hay más equipos nuevos y más tecnológicos cuyos manuales vienen en este.

3.2.2 Máquinas Eléctricas

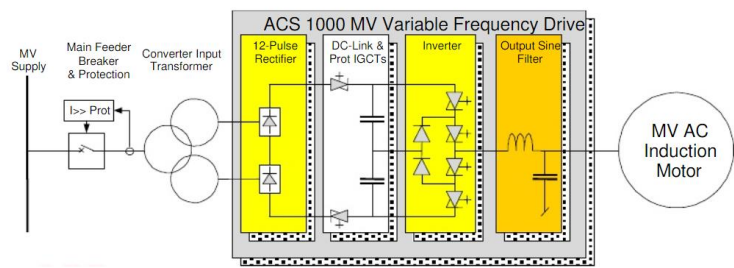
Fue fundamental en esta pasantía, ya que se vieron muchos equipos durante los trabajos realizados los cuales fueron vistos durante las clases de la asignatura. Lo más importante fueron los trabajos realizados con motores y transformadores que fue algo que se aprendió en esta

asignatura y fue importante al momento de saber conectar, según lo solicitado por la jefatura de la empresa.

El poder entender el funcionamiento de un motor y los distintos tipos existen, como también el tipo de conexión que se requiere, como las conexiones estrella y triángulo, y las diferencias que se producen al conectar de una forma u otra.

3.2.3 Electrónica Industrial

Esta asignatura ayudó ya que se vieron variadores de frecuencia en varios de los trabajos, por lo que se trabajó en ellos para realizar mantención y se pudo entender cada etapa interna que estos equipos tienen, ya que en sus etapas hay conversores y rectificadores los cuales fueron vistos y explicados en la asignatura.



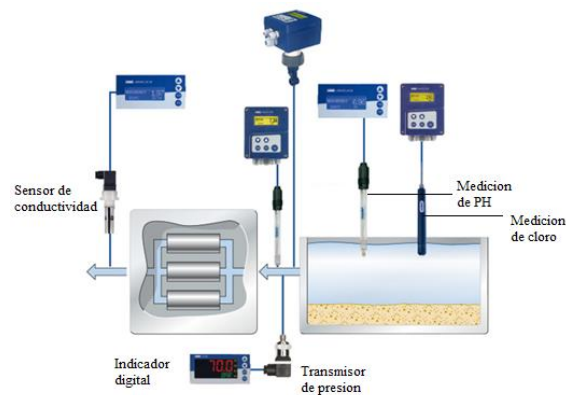
Fuente: Manual ACS1000 de ABB

Figura 3-5. Estructura interna variador de frecuencia ACS1000

Como se ve en la figura 3-5, la estructura interna del variador de frecuencia ACS1000 se divide en 4 partes fundamentales que están dentro de su gabinete. Primero se tiene un rectificador de 12 pulsos de izquierda a derecha, luego viene la etapa de protección donde se utilizan dos IGCT en vez de fusibles ya que estos tienen una velocidad de respuesta mucho mayor ante una falla y cortan el circuito separando el control de la alimentación. Luego se tiene la etapa del inversor para dar la frecuencia y señal deseada, y para terminar la etapa de salida de la señal para alimentar a los equipos solicitado.

3.2.4 Sensores y transductores Industriales

Durante el transcurso de esta pasantía se investigó sobre la planta de osmosis inversa, la cual cuenta con una gran cantidad de sensores de diversos tipos y funciones, por lo que el poder haber cursado esta asignatura fue de gran ayuda al momento de entender y aprender sobre el funcionamiento de cada uno.



Fuente: Manual de Operación Planta Osmosis Inversa.

Figura 3-6. Sensores y transmisores en una planta de osmosis.

En la figura 3-6, se pueden observar los principales sensores y transmisores utilizados en una planta de osmosis inversa. En la figura se muestran medidores de presión, transmisores para medir la conductividad del agua antes y después de la filtración y medidor de temperatura.

3.2.5 Control automático

Esta asignatura fue importante al momento de revisar en la investigación de controladores que se realizó durante la pasantía, ya que la planta de osmosis inversa, como los demás procesos de la industria son controlados por PLC y gracias a los diferentes trabajos que se realizaron con este controlador en la asignatura se logró comprender y aprender de manera más fácil la programación realizada en estos equipos.

3.3 CAPACITACIONES

Durante la pasantía en la empresa se asistió a capacitaciones para poder realizar los distintos trabajos que se presentaron y así estar correctamente preparado para realizarlos debido a la gran variedad de equipos y tensiones utilizadas.

3.3.1 Capacitación en baja y media tensión

Durante el periodo que se estuvo en la empresa se realizó una capacitación en baja y media tensión donde se expusieron los distintos peligros que conlleva trabajar con cada una de estas tensiones y los correspondientes protocolos que se utilizan en cada una. Sobre todo, se recalcó el uso de los elementos de protección personal correctamente verificados antes de usarlos y también el cuidado

en media tensión al momento de des energizar los equipos, ya que al momento de retirar la celda de alimentación se puede producir un arco eléctrico entre esta y las barras de fuerza y provocar algún accidente.

En la figura 3-7 se puede ver un interruptor para equipos de media tensión, los cuales bloquean la energía, para esto se debe abrir la tapa del gabinete y retirar la celda interior para separarla de las barras de fuerza que se encuentran en la parte posterior para así lograr dejar sin energía el gabinete y por lo tanto el equipo al cual este alimenta.



Fuente: Empresa Proyectos Electrónicos e Industriales Claudio Hernández.

Figura 3-7. Gabinete de distribución para media tensión.

3.3.2 Capacitación para operador de bloqueo

Esta es una de las capacitaciones más importantes en las industrias debido a los peligros que conlleva trabajar con tensiones altas. El operador de bloqueo es aquel autorizado para realizar el bloqueo de la energía en la sala eléctrica en el correspondiente gabinete del equipo, esto es obligación al momento de trabajar en algún equipo; se debe verificar la carga del equipo al momento de bloquear para comprobar que no esté en funcionamiento y así poder trabajar de forma de segura y que no suceda ningún imprevisto.

3.3.3 Capacitación para trabajo en altura

Esta es una capacitación para poder realizar trabajos en altura en el cual se exponen los peligros y cuidados que se deben tener al momento de realizar estos trabajos. Además, se indica cuáles son los elementos de protección que se deben utilizar siendo el más importante el arnés de seguridad.

La altura establecida para trabajar con arnés de seguridad en la empresa es desde 1.80mts. Cuando se encuentra en una plataforma autorizada con toda la seguridad correspondiente se puede

realizar el trabajo en altura sin arnés, pero se aconseja de igual forma utilizarlo y siempre tener autocuidado ya que accidentes en trabajos de altura pueden ser fatales.

3.3.4 Capacitación de Seremi de Salud

Se realizó una capacitación dictada por personal de Seremi de Salud para instruir sobre el uso de los elementos de protección personal como lo es el uso de casco, uso de antiparras, uso de guantes dependiendo del trabajo a realizar, uso de respirador en áreas de alta polución para evitar la inhalación de partículas con sílice, chaleco geólogo con cintas reflectantes en planta para poder ser visto a distancia y evitar accidentes por colisión, uso de calzado de seguridad y en caso de trabajos eléctricos deben ser dieléctricos, en el caso de los trabajos con energía utilizar herramientas con aislación y conocer las energías con las que se trabajará.



Fuente: Capacitación Seremi de Salud.

Figura 3-8. Elementos de protección personal.

En la figura 3-8 se pueden observar los principales elementos de seguridad para poder realizar trabajos en cualquier industria, además de los mostrados en la figura hay muchos otros elementos de protección personal que son requeridos según especialidad y terreno donde se realizará el trabajo.

3.3.5 Capacitación Primeros Auxilios

Se realizó una capacitación en Primeros Auxilios dictada por personal de brigada de rescate especializado en accidente en minería. El objetivo de este curso fue instruir al trabajador en caso de accidente, para que en el momento aplique de manera correcta los procedimientos indicados. Se realizó capacitación para lesiones con temperatura como quemaduras por contacto eléctrico;

también se realizó la capacitación de resucitación o reanimación en caso de que el accidentado producto del contacto eléctrico presente paro cardio respiratorio y pérdida de conciencia.

3.3.6 Capacitación en Reglamento Eléctrico

En esta capacitación se realizó una explicación del reglamento eléctrico para la minería, donde se expusieron las distintas tensiones de trabajo que se utilizan, los peligros a los que se expone al trabajar, se enseñaron los fundamentos de la electricidad como su estructura atómica, tipos de circuitos como serie y paralelo, los conductores y semi conductores, etc.

3.3.7 Capacitación para ingreso a salas eléctricas

Esta capacitación fue realiza por personal eléctrico con la autoridad y conocimientos adecuados para poder realizarla. Esto se hace debido a que dentro de la sala eléctrica existen muchos equipos críticos y que por alguna falla o descuido pueden generar que la planta pare su funcionamiento, como puede ser por el accionamiento de una parada de emergencia de algún equipo por un descuido. Por lo que en esta capacitación se enseña sobre los destinos equipos y su distribución dentro de la sala eléctrica y se exponen las áreas demarcadas que existen para mantener la distancia establecida para equipo. Además, se señala que el ingreso a una sala eléctrica solo se puede realizar con los permisos correspondientes firmados por el supervisor eléctrico dueño de la energía de la sala.

3.4 **TRABAJO EN EQUIPO**

La integración a la empresa durante este periodo fue de buena manera, se tiene un gran ambiente de trabajo y un gran trabajo en equipo. Lo que más se rescata de esta experiencia es el respeto que se tiene entre todos y la cordialidad de la gente.

Aunque durante la pasantía se trabajó con varias cuadrillas de trabajo, cada cuadrilla con compañeros de trabajo distintos, se pudo trabajar bien y siempre se tuvo el apoyo de los compañeros, ya sea para realizar algún trabajo o para aprender sobre los procesos y herramientas que se desconocían hasta el momento. Siempre se tuvo la intención de aprender y ganar experiencia, y gracias al buen ambiente y buena voluntad de los compañeros de trabajo con el estudiante al momento de explicar y enseñar aspectos del trabajo que no se sabían, se pudo aprender y realizar correctamente los trabajos.

CONCLUSIÓN

Ya terminada esta pasantía y realizado el trabajo de título se puede concluir de mejor manera todo lo realizado y vivido durante este periodo en la empresa Proelect. Se comprendió la importancia que tiene hoy en día el proceso de la osmosis inversa en lo que son las industrias, sobre todo en las zonas en donde la escasez de agua es un problema, por lo que tener un proceso que utilice agua de mar es una gran ayuda y además de cuidar las napas subterráneas de agua dulce que existe para uso diario de la comunidad. En la etapa de investigación realizada, se obtuvieron datos importantes con lo que respecta al desarrollo tecnológico de las plantas de osmosis inversa, así como el funcionamiento y las aplicaciones que dichas plantas tienen ya sea nivel industrial o doméstico.

También se recalca la importancia de la seguridad al momento de trabajar con electricidad. Durante esta pasantía se realizaron capacitaciones y se logró comprender los peligros que conlleva, en la mayoría de los casos son accidentes fatales que puede tener el trabajar con electricidad, por lo que siempre hay que tener presente que debe ser obligación utilizar los elementos de protección personal y seguir los protocolos necesarios para el autocuidado y el cuidado de los demás.

BIBLIOGRAFÍA

- Manual Variador AC de media tensión ACS 1000, ACS 1000i
315 kW – 5 MW, 2.3 – 4.16 kV <<https://library.e.abb.com>>
- Manual de Hardware Convertidores ACS800-01 0,55 a 200 kW, Convertidores
ACS800-U1 0,75 a 200 CV <<https://library.e.abb.com>>
- Manual Controlador de motor universal UMC22-FBP
- Workstation User's Manual, VMware Workstation 7.0 < <https://www.vmware.com>>
- Guía de producto Sistema 800xA < <http://www.abb.cl/abblibrary>>