

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

**AUTOMATIZAR SISTEMA DE LLENADO PARA LUBRICACIÓN DE EQUIPOS  
MÓVILES EN PMCHS.**

Trabajo de Titulación para optar al Título  
Profesional de Ingeniero de Ejecución en  
CONTROL E INSTRUMENTACIÓN  
INDUSTRIAL

Alumno:

Daniel Alfredo Arancibia Toledo

Profesor Guía:

Ing. Franz Yurjevic Perin.

**2024**

## **RESUMEN**

**KEYWORDS:** Automatizar lubricación de equipos móviles.

El presente trabajo de titulación tiene la finalidad de realizar una mejora al actual sistema de llenado para lubricación de equipos móviles, que existe en el PMCHS. Para llevar a cabo dicha propuesta se considerarán 3 capítulos. Capítulo 1: Antecedentes generales y objetivos. Aquí se realizará la descripción actual de la forma en la cual realizan el llenado de lubricación para equipos móviles, como también el tipo de lubricante que utilizan, ubicación, encargados, etc., considerando todos los problemas que se generan al tener un sistema de llenado manual para lubricación de equipos móviles. Se planteará también los problemas internos relacionados con las personas encargadas, como aquellas que indirectamente se ven afectadas por el mal funcionamiento del sistema. Estos factores se mostrarán a través de un diagrama de Ishikawa que resumirá las causas principales que afectan al sistema. En esta parte se evaluarán las diversas alternativas de solución, seleccionando las más factibles, de las cuales se profundizará y detallará su elaboración en el siguiente capítulo.

Por otra parte, el capítulo 2 consistirá en el diseño de la alternativa de solución que fue seleccionada en el capítulo 1, la cual ayudará en gran parte a mejorar el sistema existente.

Finalmente, el capítulo 3 considera todos los resultados y conclusiones asociados a costos y que se obtendrán a partir de las mejoras realizadas, desarrollando así su evaluación económica.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y OBJETIVOS. ....</b>	<b>2</b>
<b>1. Antecedentes generales y objetivos .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Proyecto mina chuquicamata subterránea(pmchs). ....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Proceso de extracción del mineral.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Características del sistema actual de lubricación manual. ....</b>	<b>5</b>
1.3.1 Flota actual de equipos móviles PMCHS. ....	6
1.3.2 Características de los equipos móviles. ....	7
1.3.3 Tipos de lubricantes usados en sistema actual. ....	11
<b>1.4 Planteamiento del problema.....</b>	<b>12</b>
1.4.1 Definición del problema. ....	12
1.4.2 Importancia del problema. ....	12
1.4.3 Diagrama de Ishikawa.....	13
1.4.4 Involucrados.....	13
<b>1.5 Solución del problema. ....</b>	<b>14</b>
1.5.1 Requerimientos. ....	14
1.5.2 Alternativas de solución.....	14
1.5.3 Alternativa seleccionada. ....	15
<b>1.6 Objetivos.....</b>	<b>16</b>
1.6.1 Objetivo general.....	16
1.6.2 Objetivos específicos. ....	16
<b>CAPÍTULO 2: DESARROLLAR PROYECTO DE INGENIERÍA.....</b>	<b>17</b>
<b>2 Desarrollo de la alternativa de solución. ....</b>	<b>18</b>
<b>2.1 Lugar de trabajo y capacidad de almacenamiento.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 Equipamiento a utilizar en el diseño de la solución.....</b>	<b>19</b>
2.2.1 Equipamiento de control.....	20
2.2.2 CPU1215C AC/DC/RLY.....	23
2.2.3 Módulos de entradas análogas .....	24
2.2.4 Módulos de entradas y salidas analógicas .....	24
2.2.5 Módulos de entradas y salidas digitales.....	25
2.2.6 HMI KTP700 BASIC PN .....	25
2.2.7 Switch de comunicación cisco IE2000. ....	26
2.2.8 Convertidor de medios Planet IGT-805AT.....	26
2.2.9 Equipamiento para armado de tablero de instrumentación.....	27
<b>2.3 Instrumentos necesarios para realizar el proyecto.....</b>	<b>28</b>
2.3.1 Transmisor indicador de nivel SITRANS LUT420 y sensor de nivel. ....	29
2.3.2 Transmisor indicador de flujo Sitrans FM MAG 5000 y sensor de flujo. ....	30
2.3.3 Transmisor indicador de presión.....	31

<b>2.4 Tipo de bombas a usar en el proyecto.....</b>	<b>32</b>
2.4.1 Bombas de membrana usadas en el sistema de recepción de lubricantes. ....	32
2.4.2 Bombas de pistón usadas en el sistema de distribución de lubricantes. ....	33
<b>2.5 válvulas solenoide a usar en el proyecto .....</b>	<b>34</b>
2.5.1 Accionamiento de las válvulas del sistema de llenado y distribución. ....	34
<b>2.6 Diagrama de flujo del proceso.....</b>	<b>35</b>
<b>2.7 Diagrama P&amp;ID del proceso. ....</b>	<b>37</b>
<b>1.....</b>	<b>37</b>
<b>2.8 Diagrama de red plc y hmi con sala ciog .....</b>	<b>37</b>
<b>2.9 Programación del plc en tía portal.....</b>	<b>38</b>
<b>2.10 Diseño de pantalla HMI.....</b>	<b>39</b>
2.10.1 Pantalla de inicio. ....	39
2.10.2 Pantalla de llenado y distribución. ....	40
2.10.3 Pantalla de alarmas. ....	41
2.10.4 Pantalla de mantenimiento. ....	41
<b>2.11 Escalamiento de los transmisores de nivel y presión. ....</b>	<b>42</b>
2.11.1 Escalamiento del transmisor de nivel. ....	42
2.11.2 Escalamiento del transmisor presión. ....	43
<b>CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA .....</b>	<b>44</b>
<b>3 Evaluación económica.....</b>	<b>45</b>
<b>3.1 Costos asociados del diseño de la alternativa de solución .....</b>	<b>45</b>
3.1.1 Costos asociados al estudio del sistema actual e instalación .....	45
3.1.2 Costos relacionados con el diseño de la solución propuesta.....	45
3.1.3 Costos asociados a la ejecución del proyecto. ....	46
3.1.4 Costos asociados a ejecución de pruebas de diseño y puesta en marcha.....	46
<b>3.2 Costos de componentes utilizados en el diseño de la solución. ....</b>	<b>48</b>
<b>3.3 Plan de mantención de servicio post-instalación.....</b>	<b>50</b>
<b>3.4 Plan de capacitación al personal. ....</b>	<b>52</b>
<b>3.5 Justificación de la solución .....</b>	<b>57</b>
<b>3.6 Beneficios de la solución .....</b>	<b>58</b>
<b>3.7 Evaluación económica del proyecto .....</b>	<b>58</b>
<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>63</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>65</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Niveles de explotación PMCHS.....	3
Figura 1-2. Proceso actual de producción y extracción de mineral. ....	4
Figura 1-3. Ubicación de taller de equipos móviles en PMCHS. ....	5
Figura 1-4. Esquema proceso de lubricación manual usada para retirar lubricante. ....	6
Figura 1-4. Equipo móvil LH621 Sandvik. ....	7
Figura 1-5. Equipo móvil LH524 Sandvik. ....	8
Figura 1-6. Equipo móvil DL421 Sandvik. ....	9
Figura 1-7. Equipo móvil Boomer S1DDH Epiroc. ....	9
Figura 1-8. Equipo móvil HTL3210 Haulotte. ....	10
Figura 1.9. Esquema Ishikawa. ....	13
Figura 1.10. Relación entre empresas involucradas.....	14
Figura 2.1. Capacidad de m <sup>3</sup> de estanque VG68.....	18
Figura 2.2. Capacidad de m <sup>3</sup> lubricante 15W40. ....	19
Figura 2.3. PLC S7-1200 con sus respectivos módulos.....	23
Figura 2.4. CPU1215C AC/DC/RLY. ....	23
Figura 2.5. Módulo SM 1231 de entradas análogas.....	24
Figura 2.6. Módulo SM 1234 de entradas y salidas análogas.....	24
Figura 2.7. Modulo SM1223 entradas y salidas digitales. ....	25
Figura 2.8. HMI KTP 7 BASIC PN. ....	25
Figura 2.9. Switch de comunicación cisco IE 2000.....	26
Figura 2.10. Conversor de medios planet IGT-805 AT. ....	26
Figura 2.11. Tablero de instrumentación simulado en Factory IO. ....	28
Figura 2.12. Transmisor de nivel SITRANS LUT420.....	29
Figura 2.13. Sensor de nivel ECHOMAX XPS-10.....	30
Figura 2.14. Transmisor indicador de flujo Sitrans FM MAG 5000. ....	31
Figura 2.15. Sensor de flujo Sitrans FM MAG 1100.....	31
Figura 2.16. Transmisor indicador de presión Sitrans P320.....	32
Figura 2.17. Bomba doble diafragma metálica de 1pulgada marca ARO. ....	33
Figura 2.18 Bomba neumática tipo pistón. ....	33
Figura 2.19. Válvula solenoide SS316.....	34
Figura 2.20. Diagrama de flujo de la alternativa de solución parte 1. ....	35
Figura 2.21. Diagrama de flujo de la alternativa de solución parte 2. ....	36
Figura 2.22. Diagrama P&ID de la alternativa de solución.....	37
Figura 2.23. Diagrama de red de la alternativa de solución.....	38
Figura 2.24. Bloques de programa en Tia portal. ....	39
Figura 2.25. Pantalla de inicio HMI Tia portal.....	40
Figura 2.26. Pantalla de llenado y distribución Tia portal.....	40
Figura 2.27. Pantalla de alarmas en Tia portal.....	41
Figura 2.28. Pantalla de mantenimiento en Tia portal.....	41

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Flota equipos móviles en PMCHS.....	7
Tabla 1.2. Tabla capacidades de almacenaje de cada lubricante. ....	10
Tabla 1.3. Tabla de puntuación de criterios de evaluación. ....	16
Tabla 2.1 Capacidades de almacenaje de cada estanque. ....	19
Tabla 2.2 Tabla de variables de entrada a requerir en el proyecto. ....	20
Tabla 2.3 Tabla de variables de salidas a requerir en el proyecto. ....	21
Tabla 2.4 Tabla Comparativa de marcas para determinar PLC a utilizar. ....	22
Tabla 2.5 Accionamiento de las válvulas ON/OFF .....	34
Tabla 2.6 Escalamiento de transmisor de nivel en estanque de 1126L.....	42
Tabla 2.7 Escalamiento de transmisor de nivel en estanque de 2882m3.....	43
Tabla 3.1 Tabla de costos HH trabajador.....	47
Tabla 3.2 Resumen de costos mano de obra. ....	48
Tabla 3.3. Costos de componentes para realizar el sistema de control. ....	48
Tabla 3.4. Costos asociados a materiales de ferretería y montaje. ....	49
Tabla 3.5 Tabla de mantenimiento a equipos e instrumentos.....	50
Tabla 3.7. Temario a aplicar en capacitación sistema de llenado de lubricante equipos móviles. ....	53
Tabla 3.8. Costos asociados por capacitación.....	53
Tabla 3.9. Tabla de costos preparación del proyecto.....	54
Tabla 3.10 Tabla de costos implementación del proyecto.....	54
Tabla 3.11 Carta Gantt. ....	55
Tabla 3.12 Tabla de costos total del proyecto.....	57
Tabla 3.13 Pérdidas mensuales asociadas a sistema de llenado de lubricantes equipos móviles. ....	59
Tabla 3.14 Flujo de caja escenario óptimo, reducción de costos al 80%.....	60
Tabla 3.15 Actualización de flujos futuros para escenario óptimo.....	60
Tabla 3.16 Cálculo de indicadores económicos para análisis según escenario óptimo. ....	60
Tabla 3.17 Flujo de caja escenario esperado, reducción de costos al 60%.....	60
Tabla 3.18 Actualización de flujos futuros para escenario esperado.....	60
Tabla 3.19 Cálculo de indicadores económicos para análisis según escenario esperado. ....	61
Tabla 3.20 Flujo de caja escenario conservador, reducción de costos al 40%. ....	61
Tabla 3.21 Actualización de flujos futuros para escenario conservador. ....	61
Tabla 3.22 Cálculo de indicadores económico para análisis según escenario conservador. ....	61

## SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

### **A. SIGLA**

ML	:	Machine Learning (Aprendizaje Automático)
LAD	:	Ladder (Escalera)
STL	:	Statement List (Listado de instrucciones)
SCL	:	Structured Control Language (Lenguaje de control estructurado)
PLC	:	Programmable Logic Controller (Controlador lógico programable)
CPU	:	Central Processing Unit (Unidad central de proceso)
MPI	:	Multi Point Interface (Interfaz multipunto)
DB	:	Data Block (Bloque de datos)
CSV	:	Comma Separated Values (Valores separados por comas)
LHD	:	Load, acarreo, descarga.
CODELCO	:	Corporación nacional del cobre de Chile
VP	:	Vicepresidencia de Proyectos
PMCHS	:	Proyecto Minero Chuquicamata Subterránea
SCVA	:	Sistema control ventilación & aguas.
SMC	:	Sistema de monitoreo control.
CIOG	:	Sala de control operaciones.

### **B. SIMBOLOGÍA**

A	:	Amperios
V	:	Voltios
mm	:	Milímetros
A	:	Amperios
V	:	Voltios
W	:	Watt
$\Omega$	:	Ohm
AC	:	Corriente alterna
DC	:	Corriente continúa
C°	:	Grados Celsius
F°	:	Grados Fahrenheit
HP	:	Caballo de fuerza
Hz	:	Hertz
Lm	:	Lumen

m	:	Metro
mA	:	Mili Amper
mm	:	Milímetro
mm <sup>2</sup>	:	Milímetros Cuadrados
m <sup>3</sup>	:	Metros cúbicos.
N°	:	Número
%	:	Porcentaje
±	:	Más o menos
\$	:	Peso chileno
lts	:	Litros.

## **INTRODUCCIÓN**

La minería es uno de los procesos más importantes para el desarrollo del país, por tal motivo se creó Chuquicamata subterránea para así con el método de macrobloques seguir extrayendo el mineral por unos 50 años más. Este proceso no se podría realizar si no existieran los equipos móviles, como lo son los equipos de perforación jumbos radiales y los encargados de transportar material LHD.

Por otro lado, los equipos móviles juegan un papel importante en todo este proceso, por lo que deben estar con sus mantenciones preventivas al día y sus respectivas pautas diarias. Dentro de sus mantenciones se destacan la lubricación de cada equipo, como lo son del sistema hidráulico, transmisión, de motor, diferencial y refrigerante.

En este proyecto se buscará llegar a la automatización del sistema de llenado para equipos móviles dentro de los cuales se verán tres propuestas las cuales se determinará la mejor. Posterior a eso ya definida la mejor propuesta, diseñara la alternativa de la solución para poder llevarlo a cabo, para terminar con la evaluación económica del proyecto.

**CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y OBJETIVOS.**

## **1. ANTECEDENTES GENERALES Y OBJETIVOS**

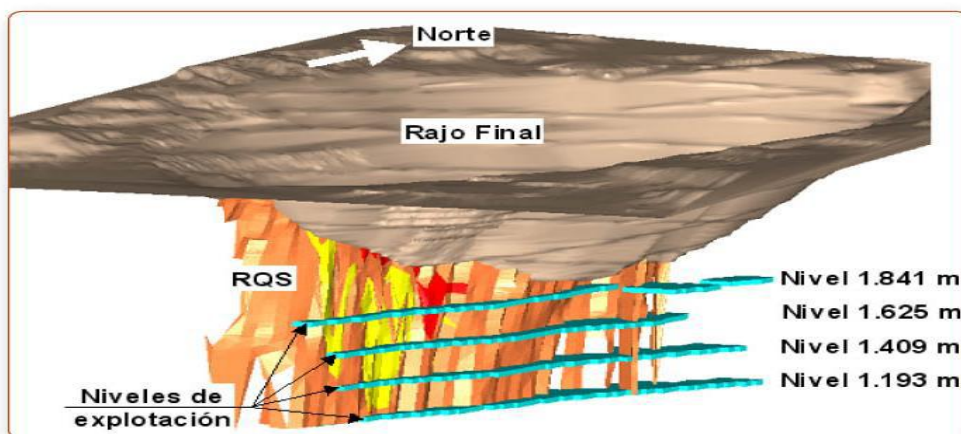
### **1.1 PROYECTO MINA CHUQUICAMATA SUBTERRANEA(PMCHS).**

División Chuquicamata es una mina de cobre y oro a rajo abierto, la cual está dejando de ser rentable. Chuquicamata es el principal depósito de la Zona Norte de CODELCO. Se sitúa en la precordillera de la Región de Antofagasta, Provincia del Loa, a 15 km al Norte de la ciudad de Calama (capital provincial), es considerada la más grande del mundo en su tipo y actualmente vive un importante proceso de transformación ya que esta dejará de ser rentable dentro de los próximos 10 años, ya que su actual método de explotación no será económicamente rentable principalmente ya que se origina un aumento en los costos de transporte significativo por lo que se crea el PMCHS.

El PMCHS es un proyecto estratégico que representa el futuro para la corporación de Codelco y para la comunidad, corresponde a la transformación del rajo abierto más grande del mundo en una gran operación subterránea que permitirá explotar los recursos que quedarán bajo el yacimiento, el que, tras haber sido explotado por casi 100 años, dejará de ser beneficioso dentro de las próximas décadas. Desde el 2018 y hasta el año 2070 Chuquicamata será una mina subterránea ya que es la opción técnica y económica para prolongar la explotación de Chuquicamata y así convertirla en una de las minas subterráneas más segura, grande, moderna y eficiente del mundo.

El método de explotación de mineral es llamado Block Caving en una configuración especial denominada Macrobloques (MB's) como unidad básica de explotación.

La explotación de recursos es en 4 niveles (1.841, 1625, 1409 y 1.193 m.s.n.m) que se puede apreciar en la figura 1.1.



Fuente: Codelco (Chile), 2022.

Figura 1-1. Niveles de explotación PMCHS.

## 1.2 PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL MINERAL.

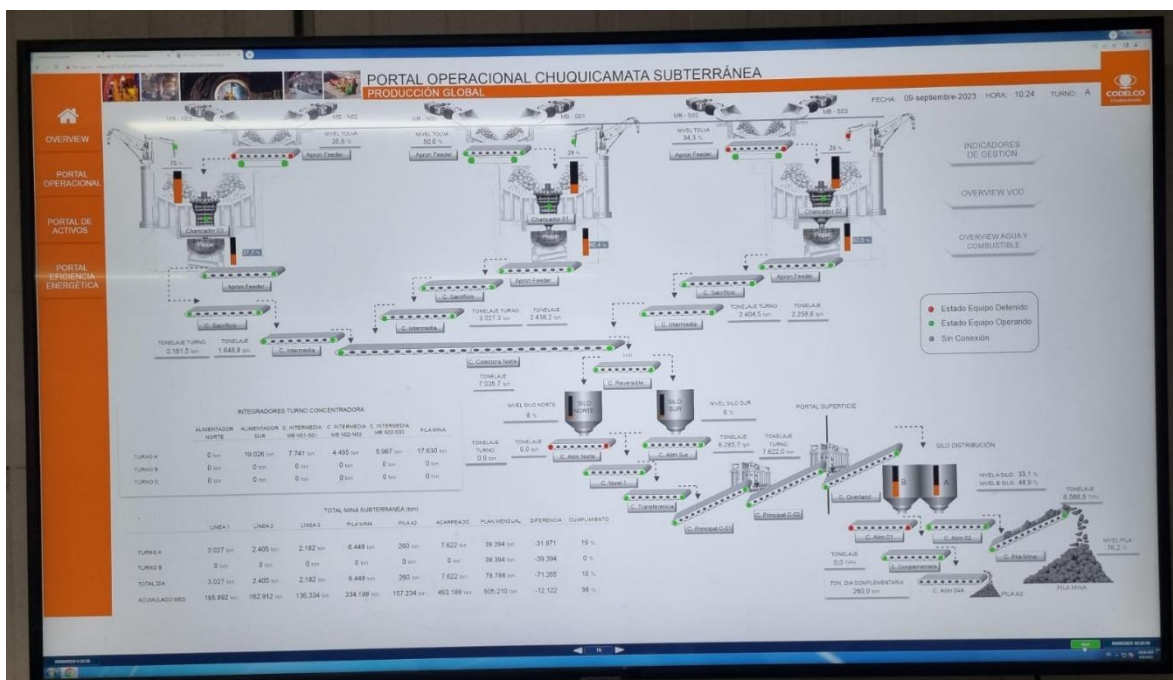
Como se mencionó anteriormente la explotación de recursos es llamado block caving y su configuración es de tipo macrobloques, actualmente existe un nivel de hundimiento, producción, chancado y transporte de mineral.

En el nivel de hundimiento se realiza el avance en el cual los equipos móviles de perforación llamados jumbo radiales perforan la zona rocosa para así posteriormente hacer tiros de servicios en los cuales se insertan explosivos con comando electrónico, posterior a eso al finalizar los trabajadores su turno de trabajo se procede a realizar el disparo.

Después de ese paso el personal entrante al turno son los encargados de revisar que todo esté en orden y se encuentre en buenas condiciones para la siguiente etapa, la cual otro equipo móvil llamado LHD, es el encargado de transportar el material rocoso destruido hasta puntos de vaciados los cuales interconectan el nivel de hundimiento con el nivel de producción.

En el nivel de producción trabajan los equipos móviles LHD los cuales tienen 1 calle asignado cada equipo móvil, estos equipos se dirigen al punto de vaciado que interconecta el nivel de hundimiento con producción desde la cual trasladan el material hacia al chancador.

Desde el chancador parte la etapa de transporte de material en la cual si la roca viene en buen tamaño caerá al silo de almacenamiento, en caso de que la roca sea de gran tamaño, en el chancador existe un pica roca el cual se encarga de romper la roca grande y que quede de un tamaño óptimo para quedar en el silo de almacenamiento, para así mediante correas transportadoras llevar el material a superficie. En la figura 1.2 se muestra como es el proceso actual.



Fuente: Elaboración propia, imagen tomada en monitor de proceso de extracción de mineral.

Figura 1-2. Proceso actual de producción y extracción de mineral.



cargar balde y transportarlo a equipo móvil para su respectivo cambio, este proceso lo repite varias veces dependiendo del nivel de estanque de cada equipo móvil.

Dependiendo del tipo de lubricante a utilizar es el mismo procedimiento en el cual lo único que cambia es el equipo móvil con sus capacidades de niveles y capacidades de estanques de estos mismos. Todo este proceso se realiza según pauta diaria del equipo en la cual según fabricante se realiza cada mantenimiento, en la figura 1.4 se muestra un esquema para que se entienda de mejor forma la secuencia manual.



Fuente: Elaboración propia, imagen sacada de plano taller bin.

Figura 1-4. Esquema proceso de lubricación manual usada para retirar lubricante.

### 1.3.1 Flota actual de equipos móviles PMCHS.

La flota actual de equipos móviles encargados de la producción en PMCHS que considera el sistema de lubricación se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 1.1. Flota equipos móviles en PMCHS.

EQUIPO	MARCA	MODELO	CANTIDAD
LHD de Producción	Sandvik	LH621	28
LHD de Hundimiento	Sandvik	LH514	3
Jumbos Radiales	Sandvik	DL421	8
Jumbos reducción secundaria	Epiroc	BOOMER S1DDH	3
Manipulador Telescópico	Haulotte	HTL 3210	4
			<b>46</b>

Fuente: Elaboración propia 12 de octubre 2023.

### 1.3.2 Características de los equipos móviles.

#### 1.3.2.1 LHD de producción modelo LH621 marca Sandvik:

El equipo Sandvik LH621 es el que más se utiliza en PMCHS ya que tiene una gran capacidad de 21 toneladas métricas y la combinación de cargador y transportador subterráneo, diseñado para ofrecer seguridad y productividad de primera clase. Tiene una gran capacidad para maximizar la producción de la mina. El sistema de control inteligente cuenta con muchas mejoras en cuanto a su seguridad, por otro lado el sistema de control Sandvik ofrece diagnósticos rápidos y sencillos, cuenta con un motor con bajos niveles de emisiones el cual garantiza una minería más sustentable, el mantenimiento diario a nivel de piso permite realizar tareas de servicio de manera más segura como es el cambio de lubricantes.



Fuente: <https://www.rocktechnology.sandvik/>

Figura 1-4. Equipo móvil LH621 Sandvik.

#### 1.3.2.2 LHD de Hundimiento modelo LH524 marca Sandvik:

El equipo Sandvik LH514 por otro lado es parecido al modelo anterior un poco más compacto preparado para la automatización que se ha ganado un lugar como el cargador preferido dentro de la industria. Esta combinación de cargador ofrece una capacidad de 14 toneladas métricas y una excelente ergonomía para el operador, así como una alta productividad ininterrumpida con un bajo costo por tonelada cargada. Ofrece la mayor variedad de opciones disponibles para garantizar una flexibilidad optimizada para cualquier aplicación de minería, el tamaño de la caja pequeño y el radio de giro permiten una fácil navegación, el sistema de control inteligente cuenta con muchas mejoras en cuanto a su seguridad la cabina del operador certificados con los sistemas ROPS y FOPS. El sistema de control de Sandvik al ser inteligente ofrece diagnósticos rápidos y sencillos. El motor con muy bajos niveles de emisiones garantiza una minería sustentable. El mantenimiento diario a nivel de piso permite realizar tareas de servicio de manera más segura como es el cambio de lubricantes.



Fuente: <https://www.rocktechnology.sandvik/>

Figura 1-5. Equipo móvil LH524 Sandvik.

#### 1.3.2.3 Jumbo radial modelo DL421 marca Sandvik:

El equipo Sandvik DL421 es el equipo encargado de la perforación al ser de tipo electrohidráulico de tiro largo que está diseñado para perforaciones de producción a gran escala en minas subterráneas. Este equipo versátil está diseñado para perforaciones de plano inclinado y vertical, como también para tiros largos de producción paralelos y tiros largos simples con un diámetro de 64 a 115 milímetros (de 2 ½ a 4 pulgadas) y una profundidad de hasta 54 metros (177 pies), brazo con rotación de 360° y ángulo de inclinación amplio facilitando el uso en muchas aplicaciones de perforación, instrumentación y automatización que ofrecen data de perforación con máximo nivel de rendimiento y precisión, cuenta con sistema de control basado en el protocolo CAN que facilita la configuración para cualquier condición de roca en perforación ascendente y descendente, sistema interactivo de detección de fallas que reduce el tiempo fuera de servicio.



Fuente: <https://www.rocktechnology.sandvik>.

Figura 1-6. Equipo móvil DL421 Sandvik.

#### 1.3.2.4 Jumbo reducción secundaria modelo Boomer S1DDH marca Epiroc:

El equipo Boomer S1DDH es un equipo de perforación frontal hidráulico adecuado para pequeños túneles y galerías con secciones transversales de hasta 31 m<sup>2</sup>. Un trípode doble en el brazo permite un posicionamiento rápido y preciso con sujeción hidráulica paralela en todas las direcciones. Una alimentación de rotación controlada por presión con función anti-atascos mejora la economía del acero de perforación para la roca. El motor diésel de bajas emisiones proporciona un rendimiento potente con menor impacto medioambiental. Principalmente se utiliza en galerías pequeñas.



<https://www.epiroc.com/es-cl/products/drill-rigs/face-drill-rigs/boomer-s11>

Figura 1-7. Equipo móvil Boomer S1DDH Epiroc.

#### 1.3.2.5 Manipulador telescópico modelo HTL3210 marca Haulotte:

El equipo HTL3210 es un manipulador telescópico que alcanza una altura máxima de 10 m de alto, tiene una capacidad máxima de carga de 3,2 t, transmisión hidrostática en sus 4 ruedas motrices y directrices, filtro de combustible con separador de agua, cuenta con controles simultáneos y proporcionales del brazo con un joystick, cuenta con válvulas de seguridad en gatos

hidráulicos, limitador de movimientos en caso de sobrecarga, descenso de estabilizadores con un ancho de 2,26 m, la cabina cuenta con calefacción y ventilación.



[https://royalamerica.com/wp-content/files\\_mf/1532100013htl3210esbd.pdf](https://royalamerica.com/wp-content/files_mf/1532100013htl3210esbd.pdf).

Figura 1-8. Equipo móvil HTL3210 Haulotte.

Esas son algunas de las principales características de cada equipo en cuanto a su función y para lo que sirven, pero basándonos en nuestro proyecto se solicitó información con encargado de taller mecánico el cual proporcionó la información que se requiere para este proyecto, la cual es la capacidad que tiene cada estanque en sus niveles de estanque hidráulico, de líquido de frenos, estanque de transmisión, estanque refrigerante.

Esta información se puede visualizar en la tabla 1.2

Tabla 1.2. Tabla capacidades de almacenaje de cada lubricante.

EQUIPO	MARCA	MODELO	CANTIDAD	CAPACIDAD ESTANQUE HIDRÁULICO (L)	CAPACIDAD ESTANQUE ACEITE DE FRENOS (L)	CAPACIDAD ESTANQUE TRANSMISIÓN (L)	CAPACIDAD ESTANQUE REFRIGERANTE (L)
LHD de Producción	Sandvik	LH621	28	450	75	80	65
LHD de Hundimiento	Sandvik	LH514	3	240	75	40	50
Jumbos Radiales	Sandvik	DL421	8	270	45	30	35
Jumbos reducción secundaria	Epiroc	Boomer S1DDH	3	220	38	20	25
Manipulador Telescópico	Haulotte	HTL 3212	4	125	10	15	6
			<b>46</b>				

Fuente: Datos obtenidos de catálogo fabricantes y Jefe taller mecánico PMCHS.

### 1.3.3 Tipos de lubricantes usados en sistema actual.

Los lubricantes que son utilizados en el sistema actual para realizar el mantenimiento y cambio de lubricantes son aceite hidráulico V68, aceite 15W140, Aceite de transmisión SAE 30, aceite diferencial 85W40 y refrigerante. A continuación, se indicarán las características de cada tipo de lubricante a utilizar.

#### 1.3.3.1 Aceite hidráulico V68:

El aceite hidráulico VG68 es un aceite lubricante de una calidad excepcional, formulado con bases minerales y refinado para así brindar un alto rendimiento. Posee propiedades que aumentan la protección de piezas. Por otro lado, mejora la estabilidad oxidativa controlando la acumulación de lodo, ofrece resistencia frente a la oxidación, lo que permite prolongar la vida útil del lubricante.

#### 1.3.3.2 Aceite 15W40:

Es un aceite de muy alto rendimiento para los motores Diesel el cual proporciona una excelente lubricación para mejorar la vida útil del motor. El Aceite 15W40 tiene unas características de muy alto rendimiento, las cuales excede con la mayoría de las especificaciones de los fabricantes de motores americanos y europeos por lo que es muy utilizado en los equipos móviles actuales. Recomendado para LHD y jumbos radiales.

#### 1.3.3.3 Aceite de transmisión SAE 30:

Se utiliza para lubricar las distintas partes mecánicas en los equipos móviles, ya que evita que se dañen entre sí. También protege el motor contra la oxidación y la corrosión, lo que hace que disminuya el riesgo de avería y rotura de algún componente. Por último, también es fundamental para una correcta limpieza del motor

#### 1.3.3.4 Aceite diferencial 85W140:

Es un lubricante de muy alto rendimiento para engranajes de servicio pesado formulados a partir de aceites de alto rendimiento. Este lubricante está diseñado para ejes y mandos finales de servicio pesado donde se esperan presiones extremas y cargas de choque como lo son los LHD.

### 1.3.3.5 Refrigerante Lubriston:

Es un líquido teñido que se coloca en el radiador para ayudar a regular la temperatura del motor. Su ingrediente principal es el etilenglicol, que provoca que el punto de congelación del agua disminuya y aumenta su punto de ebullición. Esto ayuda a evitar que el agua del radiador se congele, hierva o se evapore así mejorando la refrigeración.

Es esencial para el funcionamiento del motor, sino el calor de la combustión causaría que el motor se recalentara rápidamente.

## **1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

Como se mencionó anteriormente dentro de los problemas principales que afectan la producción en cuanto al mineral, es la mantención que se les realiza a los equipos móviles respecto a su lubricación ya que esta se realiza de forma manual, por lo que requieren mantención de distintos tipos de lubricantes. Al ser la mantención en forma manual el mantenimiento que se les realiza es tardío y lento a su vez.

### 1.4.1 Definición del problema.

Al pasar el tiempo se puede confirmar que este mantenimiento al ser del tipo manual hace que se genere una pérdida significativa de tiempo ya que el personal que realiza el mantenimiento se ve involucrado en esta actividad y al ser los estanques de almacenamiento de cada equipo móvil de gran capacidad es necesario realizar el proceso manual en reiteradas ocasiones. Esto afecta involuntariamente a la producción de la mina ya que no se encuentran operativos estos equipos por lo que es un equipo móvil que al retrasar no puede ser usado.

Por otro lado, otros de los problemas que ha pasado es que al realizar el mantenimiento de algún lubricante estos se quedan sin stock al no tener un registro adecuado de cuanto es la capacidad de almacenaje de cada lubricante que les queda en taller de equipo móvil, por lo que el tiempo para conseguir el lubricante es significativo y aumenta el tiempo en realizar el mantenimiento, ya que este lubricante lo tienen que trasladar desde superficie como se menciona en el paso a paso anteriormente.

### 1.4.2 Importancia del problema.

Viendo la gravedad de la situación aún no se han tomado acciones por la empresa mandante o se ha pasado por alto, como el mandante no se ha dado cuenta de las pérdidas de

tiempo, personal y productividad se sigue realizando de la misma forma, pero con este proyecto se busca ver la importancia que requiere para darle una solución definitiva.

### 1.4.3 Diagrama de Ishikawa.

Los problemas se pueden resumir por medio del diagrama de Ishikawa, el cual representa las diversas causas que afectan al sistema manual de lubricación de equipos móviles, relacionando la metodología, mantenimiento, tiempo, personal. La figura 1.9 muestra el esquema de Ishikawa.

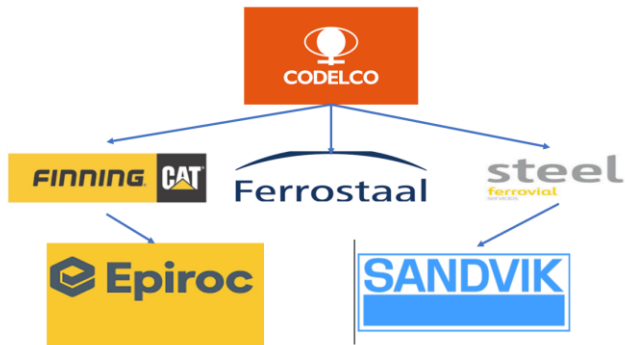


Fuente: Elaboración propia en canva.

Figura 1.9. Esquema Ishikawa.

### 1.4.4 Involucrados.

El taller mecánico en PMCHS pertenece a Codelco división Chuquicamata, los operadores de cada equipo, pertenece a división Codelco, a su vez división tiene contratado a 4 empresas contratista las cuales se encargan del mantenimiento de cada equipo móvil, por un lado está la empresa Steel que se encarga del mantenimiento de los equipos móviles LHD y por otro lado está la empresa Finning Cat la cual se encarga de los equipos móviles de perforación, cuando ya es una falla o problema del equipo en si acude personal de la marca como en este caso las empresas Sandvik y Epiroc. En la figura 1.10 se muestra la relación que existe entre las empresas involucradas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1.10. Relación entre empresas involucradas.

## **1.5 SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.**

Como en cada proyecto la búsqueda de la solución a un problema debe considerar muchos aspectos, siendo escogido el que cubra las necesidades requeridas como el más atractivo económicamente. La propuesta en este trabajo de título no garantiza que sea implementada, sin embargo, se desarrollará el proyecto para que las empresas involucradas en el tema logren determinar si es factible. La finalidad del proyecto es automatizar el sistema existente ayudando a así a mejorar la rapidez con la que se realicen la mantención para así mejorar la forma en la que se realizan para que sea más eficiente, que requiera menos personal llevar un registro de lubricantes con personal CIOG para así saber cuándo queda menos lubricante y a su vez indirectamente mejorar la productividad.

### **1.5.1 Requerimientos.**

Los requerimientos para automatizar el sistema de llenado de lubricación principalmente es contar con un espacio primero que nada para realizar el sistema de llenado, en la cual se pueda desarrollar todo el proyecto de ingeniería, en el cual el equipo móvil pueda estar dentro de este espacio y a su vez toda la parte de implementación como los respectivos estanques, bins circuito de red de abastecimiento y desabastecimiento, su parte eléctrica, hidráulica pueda estar ahí para así mejorar el sistema actual de lubricación.

### **1.5.2 Alternativas de solución.**

Dentro de las múltiples alternativas de solución se encuentra la más completa que es automatizar el sistema de llenado de lubricación de forma automática, de todas formas, se muestran las alternativas planteadas en las cuales se llega a determinar cuál es la mejor y la que se escoge.

#### 1.5.2.1 Alternativa N°1 “Contratar más personal”.

Esta alternativa busca que al contratar más personal se puedan realizar las mantenciones como se están realizando, pero aumentando su rapidez esto mejoraría los tiempos en los cuales se realiza el mantenimiento, pero seguiría funcionando de forma manual por lo que obtendría una mejora a no tan significativa, seguiría ocurriendo lo mismo solo que bajando los tiempos entre cada mantención como a su vez la pérdida de productividad.

#### 1.5.2.1 Alternativa N°2 “Automatizar sistema de llenado de lubricación de equipos móviles”.

Esta alternativa busca automatizar el sistema de llenado de equipos móviles de forma local, sin realizar ninguna interconexión a otra red, en la cual los datos y métricas obtenidas no serán reflejadas y no se podrán obtener análisis y métricas de la información del sistema de llenado de equipos móviles.

#### 1.5.2.3 Alternativa N°3 “Automatizar sistema de llenado de lubricación de equipos móviles e integración en sala CIOG”.

Esta alternativa busca automatizar el sistema de llenado de lubricación de equipos móviles de forma manual pasarlo a automático, al realizar el automatismo de este sistema se lograrán mejorar en muchos aspectos, como el tiempo entre cada mantención, tiempo de respuesta ante la falta de algún lubricante, como mejorar indirectamente la productividad, en la cual se realizará la integración con sala de control CIOG, para la obtención de parámetros, si bien esta alternativa es la mejor hay muchos factores que pueden influir al momento de realizar la automatización del sistema de llenado, el cual se implementara con PLC Siemens y su respectivo programa y esquema de conexión.

#### 1.5.3 Alternativa seleccionada.

Dado el análisis de las posibles alternativas de solución reportadas en el punto anterior, se escoge la que es más factible de desarrollar dadas las limitaciones de recursos y tiempos asignados. Los criterios usados fueron: Innovación, Beneficio, Inversión vs Ganancia, Factibilidad y Tiempo de implementación.

Tabla 1.3. Tabla de puntuación de criterios de evaluación.

Característica/Alternativa	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Innovación	1	3	5
Beneficio	1	4	5
Inversión/Ganancia	3	4	4
Factibilidad	4	4	4
Tiempo implementación	5	4	3
Puntuación total	2,8	3,8	4,2

Como se puede ver según la puntuación de la tabla de puntuaciones se escoge la alternativa N°3 pero para realizar la automatización al sistema se debe realizar un estudio previo sobre el funcionamiento del sistema, sus componentes, puntos de conexión, etc. El controlador lógico programable que se pretende utilizar es plc siemens, el diseño, características, conexiones, códigos y esquemas se detallarán en el capítulo 2.

## **1.6 OBJETIVOS.**

### 1.6.1 Objetivo general.

- Automatizar sistema de llenado para lubricación de equipos móviles en PMCHS.

### 1.6.2 Objetivos específicos.

Son 3 los objetivos específicos para llevar a cabo el proyecto:

- Describir la situación actual del sistema de llenado de lubricación para equipos móviles.
- Desarrollar proyecto de ingeniería para automatizar sistema de llenado de lubricación para equipos móviles.
- Realizar evaluación económica del proyecto.

**CAPÍTULO 2: DESARROLLAR PROYECTO DE INGENIERÍA.**

## **2 DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN.**

La alternativa seleccionada fue automatizar sistema de llenado para lubricación de equipos móviles, la cual cumplirá con las necesidades del proyecto, en las cuales se explican y detallan en el capítulo anterior, se diseñará la solución del proyecto basándose en los objetivos generales y específicos para así dar una solución al problema planteado.

### **2.1 LUGAR DE TRABAJO Y CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO.**

Primero que nada, el taller mecánico cuenta con un espacio como se mencionó en el capítulo 1 en el cual se diseñará el proyecto dentro de los cuales existen 5 estanques los cuales servirán para cada lubricante, cabe mencionar que en su momento la División quiso ocupar estos estanques para realizar un proyecto relacionado a la reutilización del aceite desperdiciado. El estanque almacena el lubricante en un espacio cerrado para así compensar fugas enfriar el lubricante por medio de las paredes del estanque disipa la temperatura que se acumula en el aceite, por otro lado, proteger el fluido y separa el aire del aceite.

La capacidad de almacenaje de cada estanque se mostrará en la figuras 2.1 y 2.2 en los cuales los m<sup>3</sup> del aceite hidráulico VG68 es de mayor tamaño el cual es de 2882 m<sup>3</sup>, por otro lado, la capacidad de los otros cuatros lubricantes, como lo son aceite de motor 15W40, aceite de transmisión SAE 30, aceite diferencial 85W140 y refrigerante tienen un estanque con una capacidad de 1126 m<sup>3</sup>, en tabla 2.1 se muestran más detalles de cada estanque.



Fuente: Imagen tomada de taller mecánico PMCHS

Figura 2.1. Capacidad de m<sup>3</sup> de estanque VG68.



Fuente: Imagen tomada de taller mecánico PMCHS.

Figura 2.2. Capacidad de m<sup>3</sup> lubricante 15W40.

Tabla 2.1 Capacidades de almacenaje de cada estanque.

N°	LUBRICANTE	ESTANQUE	CAPACIDAD (L)	ALTURA (cm)	RANGO ALTO(cm)	RANGO ALTO (L)	RANGO BAJO(cm)	RANGO BAJO(L)
1	ACEITE DE MOTOR	15W40	1126	200	187,5	1069,7	12,5	112,6
2	ACEITE DE TRANSMISIÓN	SAE 30	1126	200	187,5	1069,7	12,5	112,6
3	ACEITE DIFERENCIAL	85W140	1126	200	187,5	1069,7	12,5	112,6
4	REFRIGERANTE	LUBRISTÓN	1126	200	187,5	1069,7	12,5	112,6
5	ACEITE HIDRÁULICO	VG68	2882	350	187,5	1069,7	12,5	246,9

## **2.2 EQUIPAMIENTO A UTILIZAR EN EL DISEÑO DE LA SOLUCIÓN**

Dentro del equipamiento a utilizar, se pasará a detallar el equipamiento necesario para lograr llevar a cabo el diseño respectivo de la alternativa de solución.

Se tomaron varias consideraciones para realizar el seleccionado del equipamiento a utilizar dentro de los cuales se destacan:

- Entradas y salidas a utilizar.
- Tamaño del programa
- Comunicación que tiene el PLC.
- Software.
- Precio.

- Información técnica de la marca ante fallas e información.
- Rango de trabajo.
- Precisión del instrumento.
- Zona de trabajo.
- Capacidad de ampliar PLC.

### 2.2.1 Equipamiento de control.

Como se menciona, para la selección del controlador lógico programable se tomaron varias consideraciones, dentro de las cuales es necesario saber la cantidad de entradas y salidas, el tipo de comunicación, tipo de software entre otros.

Se realizará una tabla de entradas y salidas a requerir en el PLC, de esta forma se puede tener en cuenta cuantas entradas y salidas serán necesarias contar en el PLC.

Tabla 2.2 Tabla de variables de entrada a requerir en el proyecto.

<b>TABLA DE VARIABLES ENTRADA</b>				
<b>LUBRICANTE</b>	<b>AI/DI</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>PROTECCIÓN</b>	<b>Nº</b>
ACEITE HIDRÁULICO VG68	DI	BOTONERA ABRIR RECEPCIÓN	FUSIBLE 1A	1
	DI	BOTONERA PARAR RECEPCIÓN	FUSIBLE 1A	2
	DI	BOTONERA PARADA DE EMERGENCIA RECEPCIÓN	FUSIBLE 1A	3
	DI	BOTONERA ABRIR DISTRIBUCIÓN	FUSIBLE 1A	4
	DI	BOTONERA CERRAR DISTRIBUCIÓN	FUSIBLE 1A	5
	DI	BOTONERA PARADA DE EMERGENCIA DISTRIBUCIÓN	FUSIBLE 1A	6
	AI	TRANSMISOR INDICADOR DE NIVEL ULTRASÓNICO	FUSIBLE 1A	7
	AI	TRANSMISOR INDICADOR DE FLUJO	FUSIBLE 1A	8
	AI	TRANSMISOR INDICADOR DE PRESIÓN	FUSIBLE 1A	9
ACEITE DE MOTOR 15W40	DI	BOTONERA ABRIR RECEPCIÓN	FUSIBLE 1A	10
	DI	BOTONERA PARAR RECEPCIÓN	FUSIBLE 1A	11
	DI	BOTONERA PARADA DE EMERGENCIA RECEPCIÓN	FUSIBLE 1A	12
	DI	BOTONERA ABRIR DISTRIBUCIÓN	FUSIBLE 1A	13
	DI	BOTONERA CERRAR DISTRIBUCIÓN	FUSIBLE 1A	14
	DI	BOTONERA PARADA DE EMERGENCIA DISTRIBUCIÓN	FUSIBLE 1A	15
	AI	TRANSMISOR INDICADOR DE NIVEL ULTRASÓNICO	FUSIBLE 1A	16
	AI	TRANSMISOR INDICADOR DE FLUJO	FUSIBLE 1A	17
	AI	TRANSMISOR INDICADOR DE PRESIÓN	FUSIBLE 1A	18
ACEITE DE TRANSMISIÓN SAE30	DI	BOTONERA ABRIR RECEPCIÓN	FUSIBLE 1A	19
	DI	BOTONERA PARAR RECEPCIÓN	FUSIBLE 1A	20
	DI	BOTONERA PARADA DE EMERGENCIA RECEPCIÓN	FUSIBLE 1A	21
	DI	BOTONERA ABRIR DISTRIBUCIÓN	FUSIBLE 1A	22
	DI	BOTONERA CERRAR DISTRIBUCIÓN	FUSIBLE 1A	23
	DI	BOTONERA PARADA DE EMERGENCIA DISTRIBUCIÓN	FUSIBLE 1A	24
	AI	TRANSMISOR INDICADOR DE NIVEL ULTRASÓNICO	FUSIBLE 1A	25
	AI	TRANSMISOR INDICADOR DE FLUJO	FUSIBLE 1A	26
	AI	TRANSMISOR INDICADOR DE PRESIÓN	FUSIBLE 1A	27

ACEITE DIFERENCIAL 85W140	DI	BOTONERA ABRIR RECEPCIÓN	FUSIBLE 1A	28
	DI	BOTONERA PARAR RECEPCIÓN	FUSIBLE 1A	29
	DI	BOTONERA PARADA DE EMERGENCIA RECEPCIÓN	FUSIBLE 1A	30
	DI	BOTONERA ABRIR DISTRIBUCIÓN	FUSIBLE 1A	31
	DI	BOTONERA CERRAR DISTRIBUCIÓN	FUSIBLE 1A	32
	DI	BOTONERA PARADA DE EMERGENCIA DISTRIBUCIÓN	FUSIBLE 1A	33
	AI	TRANSMISOR INDICADOR DE NIVEL ULTRASÓNICO	FUSIBLE 1A	34
	AI	TRANSMISOR INDICADOR DE FLUJO	FUSIBLE 1A	35
	AI	TRANSMISOR INDICADOR DE PRESIÓN	FUSIBLE 1A	36
REFRIGERANTE LUBRISTON	DI	BOTONERA ABRIR RECEPCIÓN	FUSIBLE 1A	37
	DI	BOTONERA PARAR RECEPCIÓN	FUSIBLE 1A	38
	DI	BOTONERA PARADA DE EMERGENCIA RECEPCIÓN	FUSIBLE 1A	39
	DI	BOTONERA ABRIR DISTRIBUCIÓN	FUSIBLE 1A	40
	DI	BOTONERA CERRAR DISTRIBUCIÓN	FUSIBLE 1A	41
	DI	BOTONERA PARADA DE EMERGENCIA DISTRIBUCIÓN	FUSIBLE 1A	42
	AI	TRANSMISOR INDICADOR DE NIVEL ULTRASÓNICO	FUSIBLE 1A	43
	AI	TRANSMISOR INDICADOR DE FLUJO	FUSIBLE 1A	44
	AI	TRANSMISOR INDICADOR DE PRESIÓN	FUSIBLE 1A	45

Tabla 2.3 Tabla de variables de salidas a requerir en el proyecto.

TABLA DE VARIABLES SALIDA				
LUBRICANTE	DO	CARACTERÍSTICAS	PROTECCIÓN	Nº
ACEITE HIDRÁULICO VG68	DO	VÁLVULA ON/OFF SOLENOIDE RECEPCIÓN	FUSIBLES 2A	1
	DO	VÁLVULA ON/OFF SOLENOIDE DISTRIBUCIÓN	FUSIBLES 2A	2
	DO	SIRENA	FUSIBLES 2A	3
	DO	BALIZA	FUSIBLES 2A	4
ACEITE DE MOTOR 15W40	DO	VÁLVULA ON/OFF SOLENOIDE RECEPCIÓN	FUSIBLES 2A	5
	DO	VÁLVULA ON/OFF SOLENOIDE DISTRIBUCIÓN	FUSIBLES 2A	6
	DO	SIRENA	FUSIBLES 2A	7
	DO	BALIZA	FUSIBLES 2A	8
ACEITE DE TRANSMISIÓN SAE30	DO	VÁLVULA ON/OFF SOLENOIDE RECEPCIÓN	FUSIBLES 2A	9
	DO	VÁLVULA ON/OFF SOLENOIDE DISTRIBUCIÓN	FUSIBLES 2A	10
	DO	SIRENA	FUSIBLES 2A	11
	DO	BALIZA	FUSIBLES 2A	12
ACEITE DIFERENCIAL 85W140	DO	VÁLVULA ON/OFF SOLENOIDE RECEPCIÓN	FUSIBLES 2A	13
	DO	VÁLVULA ON/OFF SOLENOIDE DISTRIBUCIÓN	FUSIBLES 2A	14
	DO	SIRENA	FUSIBLES 2A	15
	DO	BALIZA	FUSIBLES 2A	16
REFRIGERANTE LUBRISTON	DO	VÁLVULA ON/OFF SOLENOIDE RECEPCIÓN	FUSIBLES 2A	17
	DO	VÁLVULA ON/OFF SOLENOIDE DISTRIBUCIÓN	FUSIBLES 2A	18
	DO	SIRENA	FUSIBLES 2A	19
	DO	BALIZA	FUSIBLES 2A	20

Según las tablas de entradas y salidas se puede considerar que es necesario contar con un mínimo de 30 entradas digitales, 15 entradas analógicas y 20 salidas digitales, cabe destacar que

viene siendo lo mínimo, por lo cual es necesario considerar un margen del 25% extra en caso de futuras integraciones en este proyecto.

$$DI = 30 * 1,25 = 37,5 = 38 DI$$

$$AI = 15 * 1,25 = 18,75 = 19 AI$$

$$DO = 20 * 1,25 = 25 = 25 DO$$

Como se puede apreciar para este proyecto se considerarán 38 DI, 19 AI y 25DO por lo que es importante que el PLC a elegir tenga la capacidad para entregar todas estas entradas.

La comunicación que se ocupa en interior mina es del tipo Profinet, ya que esta es una tecnología de red a nivel industrial por lo que el PLC que sea elegido debe ser capaz de cumplir con este requisito.

El software del PLC a utilizar debe ser robusto y proporcionar una amplia información técnica en caso de falla o soporte para así dar una mejor solución eventualmente en caso de ser necesario.

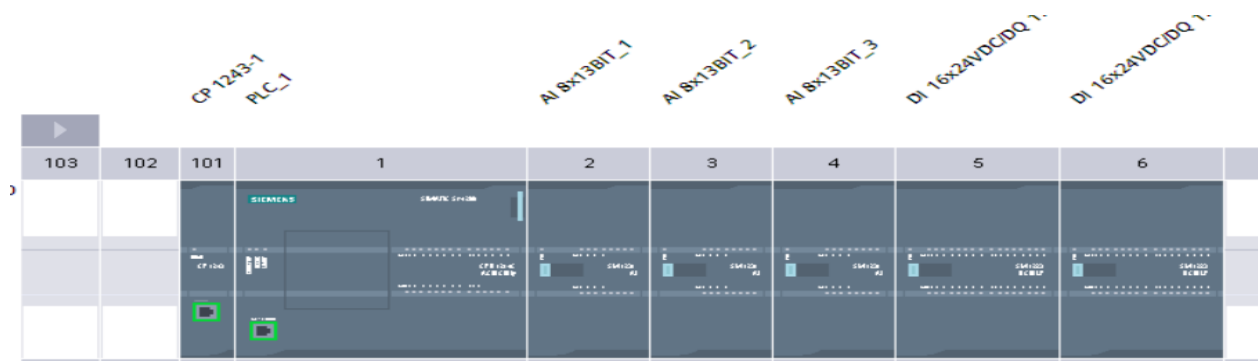
En el PMCHS principalmente se usan 3 marcas para el desarrollo de proyectos de instrumentación del modelo de PLC según normativa las cuales son ABB, Allen Bradley, Siemens. Por lo que para seleccionar el PLC se debe determinar según uno de estos 3 cual es el que mejor sirve para dar una solución a la alternativa de solución tomando en cuenta lo que se requiere. En la tabla 2.4 se comparan los puntos más importantes para seleccionar el PLC, por lo que se puede determinar que se trabajara con la marca Siemens.

Tabla 2.4 Tabla Comparativa de marcas para determinar PLC a utilizar.

MARCA			
REQUERIMIENTO	ALLEN BRADLEY	SIEMENS	ABB
CAPACIDAD ENTRADAS Y SALIDAS	5	5	5
COMUNICACIÓN	5	5	5
SOFTWARE	4	4	3
INFORMACIÓN TÉCNICA	3	5	5
PRECIO	5	5	5
<b>Total</b>	<b>4,4</b>	<b>4,8</b>	<b>4,6</b>

Analizando los criterios utilizados se llegó a determinar que el sistema de control estará basado en un controlador lógico programable (PLC) en el cual se utilizará el modelo S7-1200 Simatic de la marca Siemens, los cuales son autómatas de configuración modular se muestra en la figura 2.3, cuentan con una amplia variedad de módulos de entradas y salidas tanto digitales como análogos, módulos de comunicación, además de los puertos ya incluidos que permiten gestionar

diversos protocolos de comunicación, lo que permite enlazarse con distintos dispositivos, tales como interfaces de visualización (HMI), por otro lado se debe contar con una fuente de poder, CPU para el procesamiento del programa, puerto de comunicación para poder enlazar para realizar la programación y puertos ethernet para posterior hacer el enlace de comunicación con la sala CIOG.



Fuente: Elaboración propia desde TIA portal Versión 16.

Figura 2.3. PLC S7-1200 con sus respectivos módulos.

### 2.2.2 CPU1215C AC/DC/RLY

La CPU es la unidad central de procesamiento, es el cerebro del PLC. Se encarga de leer las señales y sigue las instrucciones que el programador haya almacenado en la memoria del PLC. Siguiendo el programa, el PLC activa una salida o un dispositivo de campo. Memoria de trabajo 125KB; fuente de alimentación 120/240V AC con DI14 x 24V DC SINK/SOURCE, DQ10 x relé, AI2 y AQ2 integradas; 6 contadores rápidos y 4 salidas de impulso integradas; Signal Board amplía E/S integradas; hasta 3 módulos de comunicaciones para comunicación serie; hasta 8 módulos de señales para ampliación E/S; 0,04ms/1000 instrucciones; 2 interfaces PROFINET para programación, HMI y comunicación PLC-PLC.

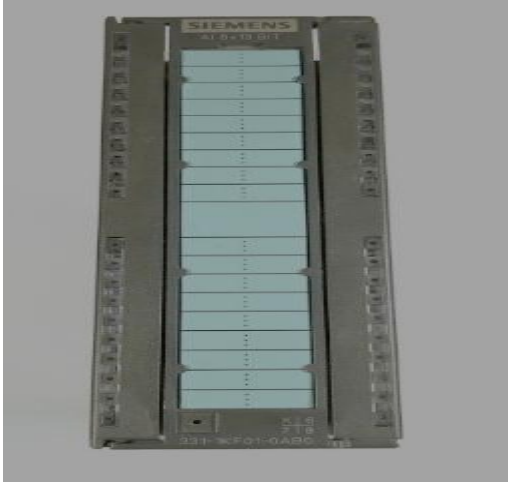


Fuente: [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/121/109478121/att\\_851434/v1/s71200](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/121/109478121/att_851434/v1/s71200).

Figura 2.4. CPU1215C AC/DC/RLY.

### 2.2.3 Módulos de entradas análogas

Simatic S7-1200, módulo de entradas analógica SM 1231 AI, aislado óptico, cuenta con 8 entradas analógicas, cuenta con una resolución de 13 bit. Módulo de entradas analógicas AI8 x 13 bits; bloques de bornes enchufables; entrada: 2,5V, 5V, 10V y 0/4 a 20mA; supresión de frecuencias parametrizable; filtrado parametrizable; diagnóstico parametrizable, en este módulo de entradas analógicas estarán los transmisores de nivel, flujo y presión.



Fuente: file:///C:/Users/danie/Downloads/6ES73146EH040AB0\_datasheet\_es.pdf

Figura 2.5. Módulo SM 1231 de entradas análogas.

### 2.2.4 Módulos de entradas y salidas analógicas

Simatic S7-1200, módulo de entradas y salidas analógicas SM 1234 AI/AQ es un módulo de entradas y salidas analógicas AI4 + AQ2; bloques de bornes enchufables; entradas: 13 bits, 2,5V, 5V, 10V y 0/4 a 20mA; supresión de frecuencias parametrizable; filtrado parametrizable; diagnóstico parametrizable; salidas: +/-10V y 0 a 20mA.



Fuente: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/10045710>.

Figura 2.6. Módulo SM 1234 de entradas y salidas análogas.

### 2.2.5 Módulos de entradas y salidas digitales

SIMATIC S7-1200, módulo de entradas y salidas digitales SM 1223 DC/RLY, es un módulo de entradas y salidas digitales DI 16 x 24V DC SINK/SOURCE y DQ16 x relé; retardo a la entrada parametrizable; bloques de bornes enchufables aislado galvánicamente cuenta con 16 DI y 16 DQ, DC 24V., en este módulo de entradas y salidas digitales estarán los pulsadores de inicio, stop, parada de emergencia, manual o automático, como también las salidas con sus respectivas válvulas de control, balizas y alarmas.



Fuente: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/6ES7223-1PL32-0XB0>

Figura 2.7. Modulo SM1223 entradas y salidas digitales.

### 2.2.6 HMI KTP700 BASIC PN

Es una Pantalla de 7 pulgadas, 800 x 480 píxeles, Colores 64K; Manejo táctil o con teclado, 8 teclas de función; 1 x PROFINET, 1 x USB Pantalla táctil de 7", fácil configuración de Win CC Basic desde la versión 10.5, está equipada con todas las funciones básicas necesarias para una pantalla industrial, registro de alarmas, puntos, gráficos entre otros, que es lo que necesario para este proyecto.



Fuente: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/6AV2123-2GB03-0AX0>.

Figura 2.8. HMI KTP 7 BASIC PN.

### 2.2.7 Switch de comunicación cisco IE2000.

Es el switch de comunicación en la cual se conectará el PLC y HMI con sala CIOG para de esta forma estar conectado en todo momento.



Fuente: <https://compratecno.cl/industrial-con-sin-poe/6325-ie-2000-4ts-g-l-cisco-4-100-2-sfp-console-switch-admin-industrial-riel-din-req12-48v.html>.

Figura 2.9. Switch de comunicación cisco IE 2000.

### 2.2.8 Convertidor de medios Planet IGT-805AT

Es un convertidor de medios Gigabit industrial que proporciona un rendimiento de velocidad de cable sin bloqueo y una gran flexibilidad para la extensión Gigabit Ethernet en entornos industriales hostiles. Está equipado con una interfaz de fibra óptica 10/100 / 1000BASE-T RJ45 y una interfaz de fibra óptica 100 / 1000BASE-X con alimentación redundante.



Fuente: [https://www.ipshop.cl/MLC-561766648-planet-igt-805at-convertidor-de-medios-10100-1000base-t-a-\\_JM](https://www.ipshop.cl/MLC-561766648-planet-igt-805at-convertidor-de-medios-10100-1000base-t-a-_JM)

Figura 2.10. Conversor de medios planet IGT-805 AT.

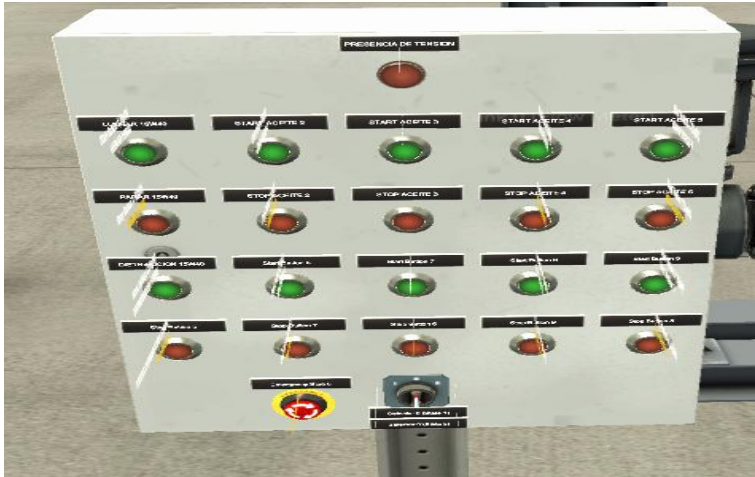
### 2.2.9 Equipamiento para armado de tablero de instrumentación.

Se realizará un armado de tablero de instrumentación en la cual se instalarán todos los accesorios relacionados para el diseño de la solución, en la cual se debe contar con un tablero eléctrico, luces piloto, disyuntores, disyuntores diferenciales entre otros accesorios, en la tabla 2.2 se detalla el listado de materiales a usar.

Tabla 2.2 Listado de materiales a utilizar en tablero de instrumentación.

LISTADO DE MATERIALES		
MATERIALES PARA UTILIZAR	DIMENSIONES	CANTIDAD
TABLERO ELÉCTRICO METALICO CON IP65	600X400X200 mm	1
LUZ PILOTO 120 /230 VAC ROJO	22 mm	1
SELECTOR 3 POSICIONES 2NA	22 mm	1
BOTÓN PULSADOR ROJO METALICO NA	22 mm	10
BOTÓN PULSADOR VERDE METALICO NA	22 mm	10
BOTÓN PULSADOR PARADA DE EMERGENCIA	22 mm	3
BORNERAS LIBRE MANTENIMIENTO CON FUSIBLES	2 mm	50
INTERRUPTOR AUTOMÁTICO BIPOLAR 2X16A	-	1
INTERRUPTOR AUTOMÁTICO BIPOLAR 2X10A	-	1
INTERRUPTOR AUTOMÁTICO BIPOLAR 2X6A	-	1
FUENTE DE PODER 120/220VAC A 24VDC 10 A PARA RIEL DIN		1
RIEL DIN	400 mm	1
BARRA DISTRIBUIDORA TETRAPOLAR	-	1
LUMINARIA INTERIOR TABLERO	-	1
ALIMENTADOR DE CONTROL 14AWG ROJO	-	100m
ALIMENTADOR DE CONTROL 14AWG AZUL	-	100m
ALIMENTADOR DE CONTROL 14AWG VERDE	-	100m
CAJAS DE DISTRIBUCIÓN DE PASO 100X100	-	15
FUSIBLE PARA BORNERA 2A	5X20 mm	45

En la figura 2.11 se puede ver el esquema de conexionado en el tablero de instrumentación en el cual se realiza el esquema de conexionado simulado con Factory IO, en la cual se puede apreciar lo que se detalla en el listado de materiales como lo son las luces piloto, botoneras verde y roja para simular los procesos de recepción del lubricante y por otro lado distribución del lubricante, los otros materiales van a ser utilizados al interior del gabinete para realizar el conexionado. Cabe mencionar que estos materiales están relacionados solo con el tablero de instrumentación, ya que para las canalizaciones y materiales de instrumentación será necesario verificar en terreno.



Fuente: Elaboración propia en Factory IO.

Figura 2.11. Tablero de instrumentación simulado en Factory IO.

### **2.3 INSTRUMENTOS NECESARIOS PARA REALIZAR EL PROYECTO.**

Se especificará el equipamiento requerido en la instrumentación de campo en las cuales serán especificados todos sus requerimientos y el instrumento seleccionado, la parte de calibración se detallará más adelante en el programa Tia portal. Se definen algunos conceptos necesarios para poder entender de mejor forma las especificaciones técnicas como también lo que es su calibración.

- Sensor: Es un dispositivo que convierte la variable de proceso en una señal.
- Transmisor: Es el dispositivo que convierte la señal del sensor en un valor normalizado (Ej.4-20[mA], 3-15[psig]).
- Controlador: Dispositivo que ejecuta un algoritmo dinámica de cálculo para mantener una variable de proceso estable.
- Variable Medida: La cantidad física, propiedad o condición que está siendo medida.
- Variable Controlada (PV “Process Value”): La variable que el sistema de control mantendrá en su setpoint.
- Variable Manipulada (OP “Output Process”): Es aquella variable sobre la cual actúa el controlador.
- Rango límite: Corresponde al mayor rango para el cual pudiera ser calibrado el transmisor, es decir los límites absolutos de medición que puede alcanzar. Al valor máximo se le suele llamar

(Upper RangeLimit URL), el cual corresponde al máximo valor que se pudiera configurar de URV, mientras que al valor mínimo se le denomina (Lower Range Limit LRL) y corresponde al mínimo valor que se pudiera configurar de LRV.

Primero que nada, en el proyecto será necesario medir el nivel, flujo, presión y opcionalmente temperatura para así tener un buen control de la planta, dentro del proyecto la instrumentación será con equipos de la marca Siemens, ya que son instrumentos ya verificados y de calidad que brinda Siemens y el soporte que ofrece en comparación con otras marcas de instrumentos.

### 2.3.1 Transmisor indicador de nivel SITRANS LUT420 y sensor de nivel.

Para poder determinar el equipo se tiene que considerar que el transmisor tenga un rango adecuado, que tenga protocolo Hart para la posterior calibración, que tenga IP68 lo que permitirá que no sufra mayor daño, por otro lado, se busca que su parte indicativa sea clara y concisa, por lo que se determina usar el transmisor indicador de nivel Sitrans lut420, de la serie SITRANS LUT400: continuo, sin contacto, alcance de 60 m (197 pies). Monitorea el nivel, volumen y flujo volumétrico en líquidos, lodos y sólidos. Con flujo volumétrico de alta precisión y registro de datos integrado. - modelo: Sitrans lut420 - controlador de nivel caja opciones de pantalla: con pantalla Voltaje de entrada: 100 a 230 V CA +/- 15% Entrada de cable: 3 entradas de cable, 3 prensaestopas de plástico M20 suministrados Número de puntos de medición: Sistema de punto único (incluye una entrada de transductor, una salida de 4 a 20mA y una entrada de sensor de temperatura externo) Comunicación profinet y E / S: HART, 2 entradas discretas, 3 relés.



Fuente: <https://www.dastecsr.com.ar/producto/sitrans-lut420-siemens>.

Figura 2.12. Transmisor de nivel SITRANS LUT420.

Para la medición del nivel del lubricante se debe escoger un sensor adecuado, en este caso se busca un sensor sin contacto para así evitar daños en el sensor debe ser capaz de tener un rango adecuado de trabajo, tener buen rango de medición, y no tener mayores perturbación, es por esto que se llega a la opción de un sensor del tipo ultrasónico, por lo en el transmisor indicador de nivel, se conectara un sensor del tipo ultrasónico ECHOMAX XPS-10, marca siemens el cual tiene un rango máximo de 10mts además de ser compatible con el transmisor Sitrans LUT 420 en la figura 2.13 se adjunta imagen referencial sensor de nivel.



Fuente: file:///C:/Users/danie/Downloads/SIEMENS-Level-Guide.pdf

Figura 2.13. Sensor de nivel ECHOMAX XPS-10.

### 2.3.2 Transmisor indicador de flujo Sitrans FM MAG 5000 y sensor de flujo.

Para la medición del flujo se busca un transmisor robusto, adecuado que tenga una alta precisión de medición ya que debe brindar una buena lectura. Es por esto por lo que se decide la opción del transmisor de flujo FM MAG 5000 de la marca Siemens, su presión máxima es de 10 bar por lo que es adecuado para nuestro proyecto, su alimentación es de 220 VAC Y 24VDC su diámetro es de 2 pulgadas, cuenta con múltiples salidas de funciones para control de procesos cuentan con un display y teclado disponibles en varios idiomas, almacena datos críticos específicos del sensor y los pasa al transmisor. Esto permite una puesta en servicio sencilla y flexible del sensor, permite un fácil reemplazo y puesta en servicio del transmisor en el sitio en solo minutos. La calibración validada garantiza una medición de flujo precisa.



Fuente: file:///C:/Users/danie/Downloads/SIEMENS-Level-Guide.pdf

Figura 2.14. Transmisor indicador de flujo Sitrans FM MAG 5000

En este transmisor ira un sensor de flujo del tipo Sitrans FM MAG 1100 Siemens el cual tiene un rango máximo de 600l/s dependiendo del diámetro a utilizar, para este proyecto el diámetro a utilizar será de 2 pulgadas, este sensor es compatible con el transmisor Sitrans FM MAG 5000 en la figura 2.15 se adjunta imagen referencial sensor de nivel.



Fuente: <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/process-instrumentation/flow-measurement/electromagnetic/sitrans-f-m-mag-1100.html>

Figura 2.15. Sensor de flujo Sitrans FM MAG 1100.

### 2.3.3 Transmisor indicador de presión.

Para el seleccionado del transmisor de presión es importante determinar que como la de red de presión en taller de equipos móviles es 0 a 7 bar es necesario buscar un transmisor que cumpla

este rango, por lo que se determinó que el transmisor de presión sitrans P320 es un transmisor robusto diseñado para aplicaciones universales y tiene una alta precisión en medición, tiene un rango de medición desde 20mbar a 70 bar, por lo que nos permite a nosotros como operador definir el rango adecuado para cada nivel de lubricante, comunicación 4-20mA HART.



Fuente: <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/process-instrumentation/pressure-measurement/sitrans-p320-420.html>

Figura 2.16. Transmisor indicador de presión Sitrans P320.

## **2.4 TIPO DE BOMBAS A USAR EN EL PROYECTO**

Todas las bombas utilizadas en este proyecto son bombas de tipo neumáticas del tipo membrana y de pistón, tanto del sistema de recepción de lubricantes como también el sistema de distribución de lubricantes, de esta manera será necesario contar para su marcha una red de aire comprimido. En el taller mecánico se cuenta con una red de aire comprimido disponible en la cual su capacidad máxima de presión es de 100 PSI o 6,9 bar.

La orden de marcha/paro de cada bomba neumática se realiza por medio de una válvula solenoide comandada por el PLC y HMI para de este modo permitir el paso del aire comprimido a la bomba.

### **2.4.1 Bombas de membrana usadas en el sistema de recepción de lubricantes.**

Las bombas usadas son del tipo neumática en el sistema de recepción de lubricantes y son bombas de membrana de doble diafragma ya que estas bombas son capaces de manipular líquidos con distintos niveles de viscosidad en el cual aspirará el lubricante desde el bin de 1000L para descargarlo en el estanque de almacenamiento, por otro lado, este tipo de bombas no necesitan lubricación y son autocebantes, como son del tipo neumática es necesario que tenga una red de aire comprimido para el correcto funcionamiento y el rango de aire comprimido que usan varía desde 2 a 7 bar , en la figura 2.17 se ve el tipo de bomba a utilizar marca Debem serie Sboxer 81 con

entrada de aire de 3/4 pulgada y conexión de entrada de 1 pulgada. Esta bomba tiene un caudal máximo de 110 L / min y una presión máxima de funcionamiento de 8 bar.



Fuente: <https://www.kmx.cl/product/bombas/bomba-de-doble-diafragma-de-polipropileno/>

Figura 2.17. Bomba doble diafragma metálica de 1 pulgada marca Debem.

#### 2.4.2 Bombas de pistón usadas en el sistema de distribución de lubricantes.

Las bombas usadas son del tipo neumática en el sistema de distribución de lubricantes y refrigerante son bombas del tipo pistón ya que estas bombas son capaces de distribuir el lubricante a una mayor presión, aspirara el lubricante al retraerse y lo impulsara en su carrera de avance, como son del tipo neumática es necesario que tenga una red de aire comprimido para el correcto funcionamiento y el rango de aire comprimido que usan varia desde los 2 a 10,3 bar, en la figura 2.18 se puede verificar el tipo de bomba a utilizar marca ARO serie de 4 esferas la cuales están diseñadas para suministrar fluido de forma constante y uniforme, dentro de sus ventajas cuenta la facilidad de mantenimiento, puede mover un fluido con una relación de salida de 4:1 y con una entrada de aire de 1 / 2 de pulgada y entrada y salida de lubricante de 1", con una salida de flujo de 110,8L/min



Fuente: <https://www.arozone.com/es-es/piston-pumps/af0402m>

Figura 2.18 Bomba neumática tipo pistón. .

## 2.5 VÁLVULAS SOLENOIDE A USAR EN EL PROYECTO

Las válvulas a utilizar son válvulas de control del tipo ON/OFF, son elaboradas en acero inoxidable SS316, soporta fluidos de hasta 120 °C. Su diseño permite que sea montada en cualquier posición. Utiliza una bobina de 220 VAC 50/60 Hz, se aplica en gases inertes, aceites livianos, aire, agua o vapor, tiene una presión máxima de trabajo de 10 bar, por seguridad las válvulas de control son de tipo NC, en caso de que tenga algún problema esta quedará en falla y cerrada.

Conexión a proceso de 1 pulgada de diámetro, en total se usarán 10 válvulas solenoide para la recepción y distribución del lubricante.



Fuente: <https://www.veto.cl/valvulasolenoides0082065>.

Figura 2.19. Válvula solenoide SS316.

### 2.5.1 Accionamiento de las válvulas del sistema de llenado y distribución.

El tablero considera el sistema de control para la operación del accionamiento de las válvulas ON/OFF que alimenta la línea de aire comprimido para el accionamiento de las bombas BDF y BDP correspondientes a los lubricantes y refrigerante, productos a ser distribuidos. En la tabla 2.5 se muestran los accionamientos de las válvulas de los sistemas de manejo de lubricantes y refrigerantes. Cada botonera dispondrá de 2 pulsadores para marcha o parada de la bomba correspondiente.

Tabla 2.5 Accionamiento de las válvulas ON/OFF

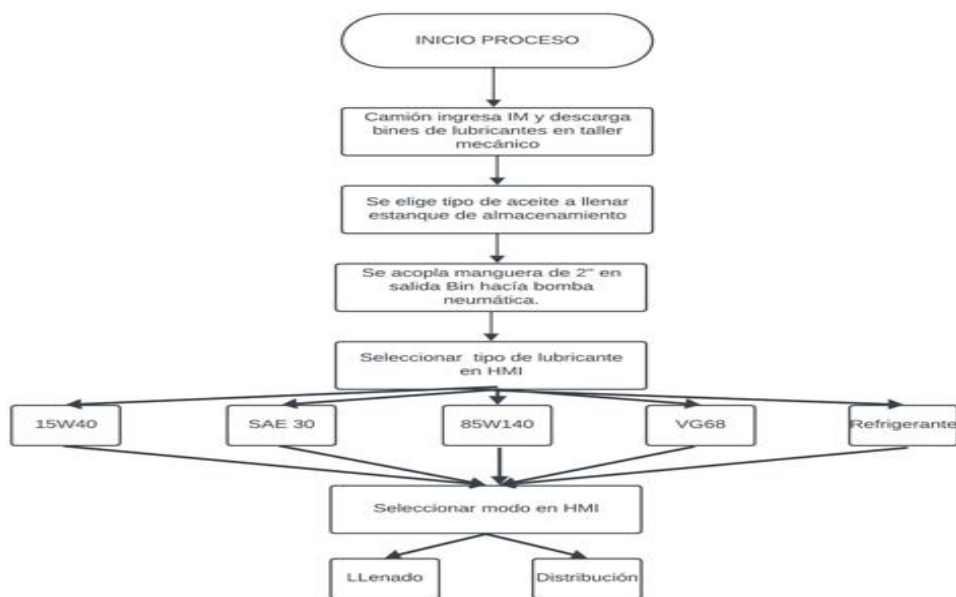
BOTONERA	VALVULA ON/OFF	BOMBA A CONTROLAR	LUBRICANTE	ESTADO
HS-001	LY-001	BDF-001	15W40	RECEPCIÓN
HS-002	LY-002	BDP-001	15W40	DISTRIBUCIÓN
HS-003	LY-003	BDF-002	85W140	RECEPCIÓN
HS-004	LY-004	BDP-002	85W140	DISTRIBUCIÓN
HS-005	LY-005	BDF-003	SAE 30	RECEPCIÓN
HS-006	LY-006	BDP-003	SAE 30	DISTRIBUCIÓN
HS-007	LY-007	BDF-004	VG68	RECEPCIÓN
HS-008	LY-008	BDP-004	VG68	DISTRIBUCIÓN
HS-009	LY-009	BDF-005	REFRIGERANTE	RECEPCIÓN
HS-010	LY-010	BDP-005	REFRIGERANTE	DISTRIBUCIÓN

## 2.6 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

En el diagrama de flujo se mostrará el paso a paso para el sistema de llenado, como para el sistema de distribución, a continuación, en la Figura 2.20 y 2.21, se pasará a detallar el diagrama de flujo de la alternativa de solución desarrollada a lo largo de este trabajo de título. En sí, el siguiente diagrama, cuando el camión ingresa a interior mina a dejar los bins de 1000L de los lubricantes en taller mecánico, posterior a ese paso se procede a realizar el llenado del lubricante en el estanque, para acoplar manguera de 1" en salida de bin y en entrada de bomba neumática tipo membrana, en el HMI se seleccionara el tipo de lubricante a llenar, para luego seleccionar modo si llenado o distribución, cabe mencionar que para la distribución es necesario que el estanque cuente con el nivel requerido sino indicará una alarma la cual avisará para poder rellenar el estanque.

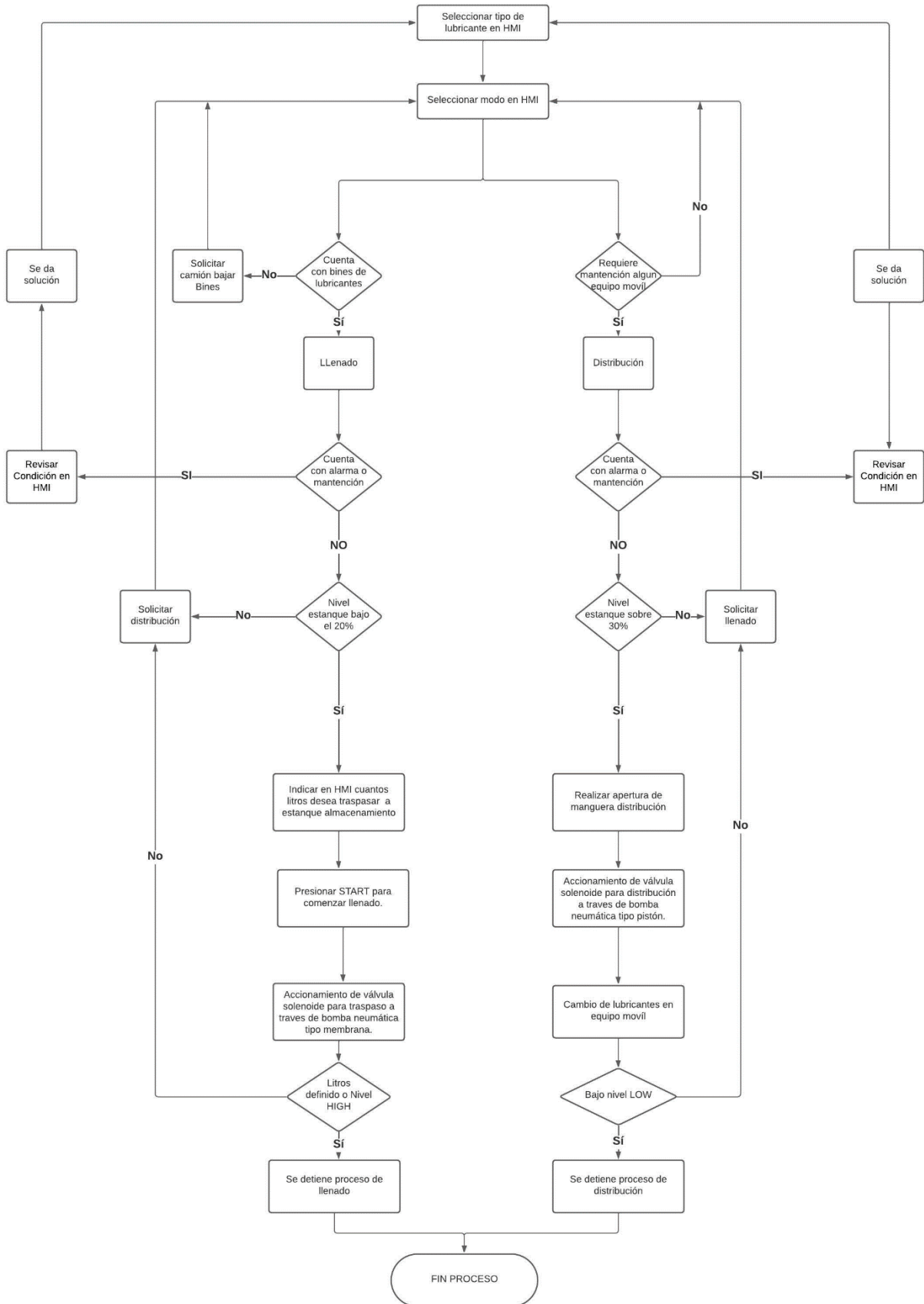
En el proceso de llenado es importante indicar que de existir una alarma o mantención será necesario revisar condición para darle solución y volver a seleccionar que opción ejecutar, antes de realizar el proceso de distribución se debe realizar mantención en el equipo móvil, para saber que tipo de lubricante se utilizará, de existir alguna alarma o mantención se debe realizar el mismo proceso que en llenado, en el cual se debe dar solución para volver a seleccionar el modo a ejecutar en HMI.

Una vez seleccionado el modo de distribución el usuario solo con presionar manguera de distribución comenzará el cambio de lubricantes ya que se definirá la presión en el transmisor de presión para de esta forma, al tener la línea presurizada y existir una diferencia de presión se accionará válvula solenoide para dar el paso a lubricante seleccionado, una vez terminado este paso la válvula solenoide seguirá energizada hasta que se indique en transmisor de presión el rango seleccionado para mantener línea presurizada.



Fuente: Elaboración propia en software de diagrama de flujo.

Figura 2.20. Diagrama de flujo de la alternativa de solución parte 1.



Fuente: Elaboración propia en software de diagrama de flujo.

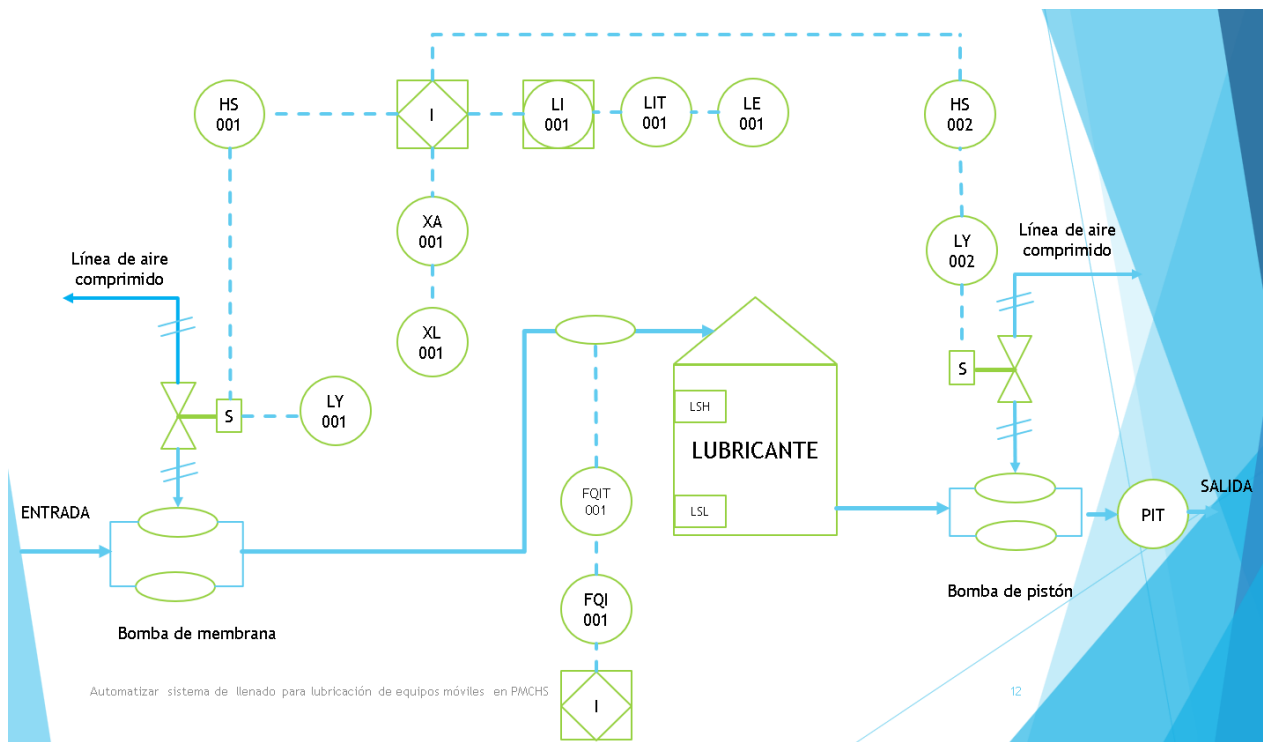
Figura 2.21. Diagrama de flujo de la alternativa de solución parte 2.

## 2.7 DIAGRAMA P&ID DEL PROCESO.

### 1

En el diagrama P&ID se ve a simple modo la instrumentación, control y tuberías que estará en cada estanque de lubricación, cabe mencionar que este diagrama se repetirá 5 veces al contar con 5 estanques de lubricación.

En la figura 2.22 se puede ver el diagrama P&ID de la alternativa de la solución, en la cual se aprecia lo que es la entrada que hace referencia a cuando baja el camión de superficie a interior mina y deja los respectivos bins en taller del equipo móvil, cuando lo deja se acopla desde el bin a la bomba de membrana para así poder comenzar con el llenado del estanque, en el cual se dará inicio con el pulsador y desde HMI, mediante el indicador de nivel alto se detendrá el llenado, para la distribución no es necesario el acople por lo que solo se debe pulsar desde HMI cuantos litros desea ocupar para así cortar de forma automática, cabe mencionar que las bombas neumáticas necesitan la línea de aire comprimido como se ve en la imagen.



Fuente: Elaboración propia en PowerPoint.

Figura 2.22. Diagrama P&ID de la alternativa de solución.

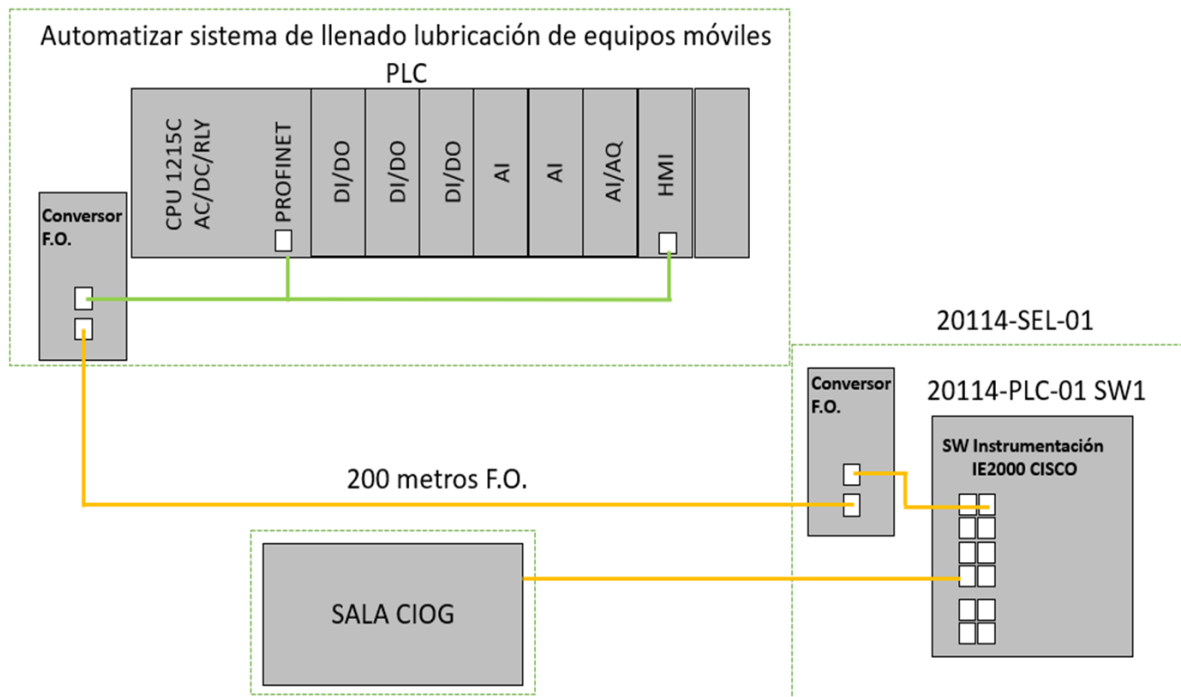
## 2.8 DIAGRAMA DE RED PLC Y HMI CON SALA CIOG.

Como se mencionó anteriormente la comunicación de red en interior mina es del tipo profinet, la cual debe continuar de este medio para la respectiva comunicación con sala CIOG, a través de cable ethernet se conectará el PLC y HMI hasta el switch cisco IE2000 en el cual se le asignará la IP y mascarará de red correspondiente para comunicarse con CIOG.

Desde switch se tendrá que tender aproximadamente 200m de cable de fibra óptica desde taller de equipos móviles donde estará el PLC hasta el switch de instrumentación de PLC 20114-001, el cual

está en interior de sala eléctrica 20114 ubicado en eje 15 en taller Bin. De esta forma desde sala CIOG se podrán verificar las distintas alarmas de nivel, como también ver el funcionamiento del sistema de llenado de lubricación de equipos móviles.

En la figura 2.23 se puede apreciar el diagrama de red correspondiente a la comunicación del PLC, HMI con la sala CIOG.



Fuente: Elaboración propia en PowerPoint.

Figura 2.23. Diagrama de red de la alternativa de solución.

## **2.9 PROGRAMACIÓN DEL PLC EN TIA PORTAL.**

La programación del proyecto será realizada en el software Tia portal versión 16, ya que de este modo se puede simular de la mejor forma el proyecto, con sus respectivas señales de entradas y salidas. La programación será realizada en bloques FB para así poder realizar la programación de los 5 llenados de estanques y distribución de los estanques. Por otro lado, se realizará la normalización y escalado en bloque FC en la cual se realizará el normalizado y escalado de la variable de nivel y la variable de presión, la variable de flujo solo será medible y visible para efectos del programa.

Como se menciona la programación se realizará en Tia portal Versión 16 y su pantalla HMI por lo que se mostrara como fue realizada la programación junto con su HMI.

Cabe destacar que el tipo de programación es del tipo LADDER, utilizando lógica de contactos.

En la figura 2.24 se pueden visualizar los distintos bloques de función usados en el proyecto.



Fuente: Elaboración propia en Tia portal

Figura 2.24. Bloques de programa en Tia portal.

La función principal Main(OB1) es el bloque estándar para la ejecución cíclica del programa de usuario, en el cual está ligado todo el sistema, además de encargarse del control de inicio o parada de la operación del llenado y distribución del lubricante.

La función FB Lubricantes es la función en la cual se empleará la programación Ladder como esquema para poder emplear en los 5 sistemas de llenado y distribución de cada estanque. Dentro del FB lubricantes se subdividen los 5 sistemas en este caso 15W40, 85W140, SAE 30, VG68, Refrigerante.

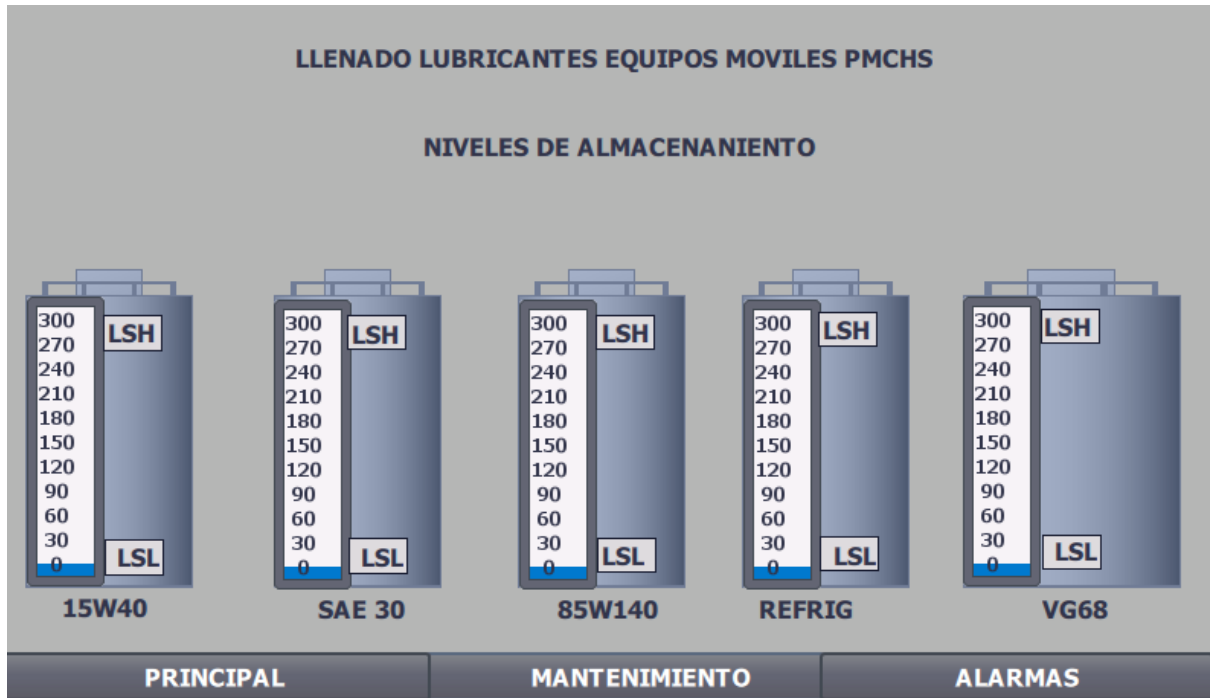
La función FC control de nivel se empleará lo que es la función para el normalizado y escalado de las variables de nivel de cada estanque, como se repiten 5 sistemas de llenado basta con realizarla de una sola forma para poder implementar en cada estanque.

## **2.10 DISEÑO DE PANTALLA HMI.**

Para el diseño se utiliza Wincc Basic en TIA Portal V16 el HMI constará de 8 ventanas, siendo estas las siguientes: pantalla de inicio, pantalla de llenado y distribución, pantalla de alarmas, pantalla de lubricante 15W40, 85W140, SAE 30, VG68, Refrigerante. Dentro de los cuales solo se explicarán las 4 primeras pantallas ya que la de lubricantes es idéntica y solo cambia el tipo de lubricante.

### **2.10.1 Pantalla de inicio.**

En la pantalla de inicio se puede apreciar los niveles de lubricantes en cada estanque, en el cual presenta un botón de llenado y distribución para elegir el proceso a realizar.

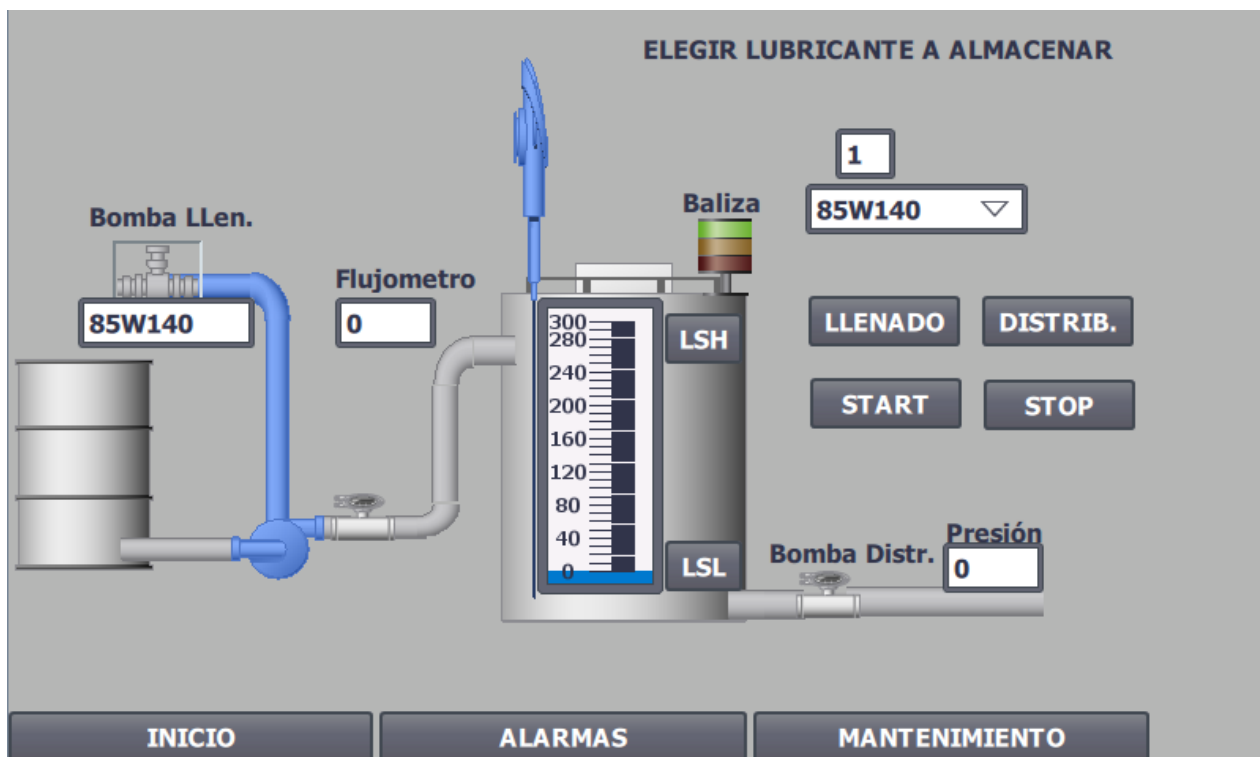


Fuente: Elaboración propia en Tia portal .

Figura 2.25. Pantalla de inicio HMI Tia portal.

### 2.10.2 Pantalla de llenado y distribución.

En la pantalla de llenado y distribución se puede elegir el proceso a realizar en la cual se debe indicar si se realizara el llenado o distribución, por otro lado, se muestra el esquema en la cual se indican el flujo, presión y niveles de lubricante.



Fuente: Elaboración propia en Tia portal .

Figura 2.26. Pantalla de llenado y distribución Tia portal.

### 2.10.3 Pantalla de alarmas.

En la pantalla de alarmas se indica cual es el tipo de alarma para que el operador pueda tomar medidas, en la cual dependiendo del tipo de falla se indicara en pantalla si es alarma de nivel, presión, flujo, falla de alimentación entre otros.



Fuente: Elaboración propia en Tia portal .

Figura 2.27. Pantalla de alarmas en Tia portal.

### 2.10.4 Pantalla de mantenimiento.

En la pantalla de mantenimiento se podrá visibilizar los distintos tiempos de funcionamiento de cada instrumento o actuador, para poder plasmar un mejor mantenimiento y obtener información para analizar parámetros.



Fuente: Elaboración propia en Tia portal .

Figura 2.28. Pantalla de mantenimiento en Tia portal.

## **2.11 ESCALAMIENTO DE LOS TRANSMISORES DE NIVEL Y PRESIÓN.**

Las variables de nivel y presión serán calibradas a la capacidad de los estanques y los rangos a ocupar se determinará con un rango Max y Min, para escalar la variable será normalizada en 4 a 20mA.

Para la calibración en terreno será necesario contar con un calibrador de lazo, el cual se recomienda el multímetro de proceso Fluke 754, ya que este cuenta con protocolo de comunicación hart y se puede realizar pruebas de funcionamiento de corriente y voltaje.

### 2.11.1 Escalamiento del transmisor de nivel.

El sensor de nivel echo Max como se mencionó tiene un rango máximo de 10m, en este caso para los estanques de lubricación de 15W40, 85W140, SAE 30 y refrigerante tiene una altura de 2 metros y una capacidad de 1126 L, mientras que para el estanque del lubricante VG68 tiene una altura de 3 metros y una capacidad de 2882 L, en la tabla 2.6 se mostrarán los parámetros para la calibración del transmisor de nivel en estos casos.

Tabla 2.6 Escalamiento de transmisor de nivel en estanque de 1126L.

<b>ESTANQUE 1126 LTS.</b>			
<b>USADO EN 15W40-85W140-SAE 30- REFRIGERANTE</b>			
<b>Señal Analógica en (mA)</b>	<b>Litros(L)</b>	<b>Altura en (cm)</b>	<b>Tiempo onda sonido en (s)</b>
4	0,00	0,00	1,21
5	70,38	12,50	1,13
6	140,75	25,00	1,06
7	211,13	37,50	0,98
8	281,50	50,00	0,91
9	351,88	62,50	0,83
10	422,25	75,00	0,76
11	492,63	87,50	0,68
12	563,00	100,00	0,60
13	633,38	112,50	0,53
14	703,75	125,00	0,45
15	774,13	137,50	0,38
16	844,50	150,00	0,30
17	914,88	162,50	0,23
18	985,25	175,00	0,15
19	1055,63	187,50	0,08
20	1126,00	200,00	0,00

En la tabla de escalamiento del transmisor de nivel del estanque de 1126L se considerará como rango bajo cuando la señal analógica llegue al valor de 5mA el cual indicará una altura de 12,5cm, por otro lado, el rango alto será considerado a los 19mA con un altura de 187,5 cm. Cabe

mencionar que estos rangos serán los rangos de trabajo, ya que para efecto del proyecto a un 30% de su capacidad determinara otra alarma de low y a los 80% de rango alto.

Tabla 2.7 Escalamiento de transmisor de nivel en estanque de 2882m3.

<b>ESTANQUE 2882 m3</b>			
<b>USADO EN VG68</b>			
<b>Señal Analógica en (mA)</b>	<b>Litros(l)</b>	<b>Altura en (cm)</b>	<b>Tiempo onda sonido en (s)</b>
4	0,00	0,00	1,21
5	180,13	12,50	1,13
6	360,25	25,00	1,06
7	540,38	37,50	0,98
8	720,50	50,00	0,91
9	900,63	62,50	0,83
10	1080,75	75,00	0,76
11	1260,88	87,50	0,68
12	1441,00	100,00	0,60
13	1621,13	112,50	0,53
14	1801,25	125,00	0,45
15	1981,38	137,50	0,38
16	2161,50	150,00	0,30
17	2341,63	162,50	0,23
18	2521,75	175,00	0,15
19	2701,88	187,50	0,08
20	2882,00	200,00	0,00

En la tabla de escalamiento del transmisor de nivel del estanque de 2882L se considerará como rango bajo cuando la señal analógica llegue al valor de 5mA el cual nos indicaría una altura de 12,5cm, por otro lado, el rango alto será considerado a los 19mA con una altura de 187,5 cm. Cabe mencionar que estos rangos serán los rangos de trabajo, ya que para efecto del proyecto a un 30% de su capacidad determinara otra alarma de low y a los 80% de rango alto.

#### 2.11.2 Escalamiento del transmisor presión.

Para el escalamiento del transmisor de presión, se realizará en terreno, ya que es necesario dimensionar la presión según el lubricante a utilizar. Lo ideal es no sobrepasar los límites nominales que son hasta 7bar. Por otro lado se verificará en terreno la viscosidad de cada lubricante para establecer los rangos de presión.

**CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA**

### **3 EVALUACIÓN ECONÓMICA**

Una vez expuesto el desarrollo del capítulo anterior en el cual se detalla todo el equipamiento a ser utilizado en el diseño de la alternativa de la solución, es necesario realizar una evaluación a los costos asociados al proyecto. Dentro de estos costos estarán el desarrollo del proyecto, donde se ven involucrado los tiempos de diseño y ejecución del proyecto y costos de mantención.

La evaluación realizada será en caso de una supuesta realización de este diseño de la alternativa de la solución en un futuro.

#### **3.1 COSTOS ASOCIADOS DEL DISEÑO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN**

Dentro de los costos asociados y analizados en este diseño de alternativa de solución, se consideran los siguientes factores, como lo son los costos relacionados al estudio del sistema actual de llenado para lubricación de equipos móviles, costos relacionados al diseño de la solución propuesta, obtenido el diseño se procede a la implementación del sistema como tal, involucrando los ensayos y pruebas para la puesta en marcha del proyecto y así realizar los costos asociados a las pruebas del diseño del proyecto.

##### **3.1.1 Costos asociados al estudio del sistema actual e instalación**

Dentro de los costos asociados al estudio del sistema actual, se consideran las horas de ingeniería requeridas para conocer la problemática que se presenta actualmente en el sistema de llenado, obteniendo la problemática se puede estudiar la mejora a través de la alternativa de la solución en la cual incluye el estudio del sistema de llenado propiamente tal (componentes, manuales, conexiones, funcionamiento, planes de mantenimiento, etc.); también el estudio de la instalación y por último los involucrados.

La dotación para utilizar en el estudio es de:

- 1 Ingeniero en control e instrumentación industrial.

##### **3.1.2 Costos relacionados con el diseño de la solución propuesta.**

Los costos relacionados al diseño de la solución propuesta, está orientada a las horas de ingeniería necesarias para la selección de los diversos componentes a ser utilizados, como así también, el software que se utilizará para una futura puesta en marcha, la posibilidad de la

alternativa de solución seleccionada y el mecanismo que será utilizado para realizar el monitoreo y control del sistema de diseño.

La dotación por utilizar en el diseño de la solución es de:

- 01 Ingeniero en control e instrumentación industrial

### 3.1.3 Costos asociados a la ejecución del proyecto.

Dentro de los costos asociados a la ejecución del proyecto, se considera todo lo relacionado al montaje e instalación de los diversos componentes de instrumentación como lo son los instrumentos de campo transmisores de nivel, presión, flujómetros, el control y comando a través de los pulsadores de start y stop , el montaje del tablero de control de instrumentación, en el cual en su interior ira el PLC Siemens y en la contratapa ira la pantalla HMI, por otro lado lo relacionado con la comunicación del PLC y la sala CIOG que en este caso se instalará el switch de comunicación IE 2000 , fuentes de alimentación, sensores, electroválvulas, entre otros.

Dentro de estos cálculos, se estima el personal necesario para realizar la respectiva labor de instalación de estos equipos, el cual consta de la siguiente dotación:

- 01 Ingeniero en control e instrumentación industrial.
- 02 Técnico en control e instrumentación industrial.
- 02 Electromecánico.
- 01 Operador sala de control.
- 01 Asesor de prevención de riesgos.

Dentro de los costos asociados, se consideran las HH requeridas para la conexión de los componentes, mediciones, calibraciones, ajustes de sincronización, además de variables ajenas al diseño, como lo serían posibles interferencias en el sector por parte de otras empresas.

### 3.1.4 Costos asociados a ejecución de pruebas de diseño y puesta en marcha.

Dentro de los costos asociados a la ejecución de pruebas de diseño y puesta en marcha, se considera todas las pruebas finales ya realizada la instalación de todo el equipamiento respectivo y necesario. Estas pruebas funcionales de los sistemas son realizadas directamente desde la sala de control, ejecutadas por el operador de la sala de control de turno, junto con el ingeniero en control e instrumentación industrial y el técnico en instrumentación industrial, todo esto para la posterior entrega a división Codelco.

Además, se considera dentro de estos costos asociados las HH para la respectiva capacitación de uso del sistema desarrollado, generación de manuales y mejoras de uso.

Dentro de estos cálculos, se estima el personal necesario para realizar la respectiva labor de ejecución de pruebas de diseño, el cual consta de la siguiente dotación:

- 01 Operador de Sala de Control CIOG.
- 01 Ingeniero en control e instrumentación industrial.
- 01 Técnico en control e instrumentación industrial.

En esta etapa de ejecución de pruebas de diseño, es donde se plasma la totalidad de la elaboración del diseño.

Se realizará una carta Gantt en la cual se podrán verificar de mejor forma como se logrará llegar al resultado del proyecto, en la cual se diseñará la pauta de las actividades a efectuar, como lo son el estudio del proyecto, diseño del proyecto, ejecución del proyecto, ejecución de pruebas de diseño y puesta en marcha.

Para la elaboración de las tablas de costos se considera el valor de la UF equivalente a \$36,792 (CLP), con fecha 17 de marzo del 2024.

Los costos mencionados anteriormente se pueden plasmar en las siguientes tablas de costo describiendo las tareas desarrolladas, personal requerido para su ejecución y el total en cada ítem. Primero que nada se considerarán los sueldos promedios en la minería Chuquicamata según la página de Computrabajo y en la cual se aplicará un factor extra por condiciones extremas, en la siguiente tabla 3.1 se adjunta el detalle del valor HH de cada cargo de los trabajadores necesarios para realizar cada etapa del proyecto.

Tabla 3.1 Tabla de costos HH trabajador.

COSTO HH POR TRABAJADOR			
CARGO	SUELDO BRUTO (CLP)	VALOR HH X (CLP)	VALOR HH X (UF)
Ingeniero en control e instrumentación industrial	2.800.000	29.037	0,785
Técnico en control e instrumentación industrial	1.700.000	17.630	0,477
Electromecánico	1.300.000	13.481	0,364
Asesor de prevención de riesgos.	1.500.000	15.556	0,421
Operador sala de control	1.250.000	12.963	0,350

Fuente: <https://www.codelco.com/transparencia/remuneraciones-total-dotación>.

En la siguiente tabla 3.2 se pueden visualizar los costos asociados y necesarios para realizar el estudio del sistema actual, el diseño de la solución, la ejecución del proyecto y las respectivas pruebas de diseño y puesta en marcha.

Tabla 3.2 Resumen de costos mano de obra.

COSTO DE LA MANO DE OBRA EN HH					
ETAPA DEL PROYECTO	DOTACIÓN	HH (UF)	HORAS REQ.	HH X HORAS REQUERIDAS (UF)	
Estudio sistema actual	01 Ingeniero en control e instrumentación industrial	0,785	20	15,7	
Diseño y configuración alternativa solución	01 Ingeniero en control e instrumentación industrial	0,785	50	39,25	
Ejecución en terreno	01 Ingeniero en control e instrumentación industrial	0,785	15	11,775	
	02 Técnicos en instrumentación y control industrial	0,477	15	14,31	
	02 Electromecánico	0,364	10	7,28	
	01 Asesor de prevención de riesgos	0,421	15	6,315	
Ejecución de pruebas de diseño y puesta en marcha	01 Ingeniero en control e instrumentación industrial	0,785	15	11,775	
	01 Técnico en instrumentación y control industrial	0,477	15	7,155	
	01 Operador de sala control	0,35	15	5,25	
				<b>118,81</b>	<b>TOTAL NETO(UF)</b>
				<b>4.394.455</b>	<b>TOTAL NETO(CLP)</b>

Estos costos están enfocados directamente a la mano de obra del diseño de la alternativa de solución, asumiendo el personal necesario para realizar este levantamiento, analizando desde cada punto de vista de los profesionales de cada área los requerimientos tanto de implementación, como así también, los requerimientos de seguridad para realizar una futura instalación sin contratiempos, con la mayor seguridad posible, planificando la tarea a realizar y siendo lo más eficiente con los tiempos de ejecución e instalación de este proyecto.

### 3.2 COSTOS DE COMPONENTES UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.

En esta sección, se pasa a detallar todos los costos asociados al equipamiento en general a ser utilizado en la realización de este diseño de la alternativa de solución, como lo son los equipos tecnológicos, como el PLC, HMI, los respectivos transmisores de presión nivel, flujo, módulos analógicos, digitales, Switch de comunicaciones, bombas neumáticas de doble diafragma para la recepción del lubricante y bombas neumáticas de tipo pistón para la distribución del lubricante y válvulas solenoides On/Off los cuales se pasan a detallar en la tabla 3.3

Tabla 3.3. Costos de componentes para realizar el sistema de control.

COSTOS DE COMPONENTES SISTEMA DE CONTROL				
COMPONENTE	PRECIO UN. (CLP)	PRECIO UN. (UF)	CANTIDAD	SUBTOTAL (UF)
CPU 1215C AC/DC/RLY	\$532.009	14,38	1	14,38
Módulo AI SM1231	\$344.820	9,32	2	18,64
Módulo AI/AQ SM 1234	\$325.116	8,79	1	8,79
Módulo DI /DO SM 1223	\$410.200	11,09	3	33,27

Licencia Tia portal	\$550.000	14,87	1	14,87		
Switch Cisco IE2000	\$1.040.000	28,11	1	28,11		
Transmisor de nivel lut 420	\$1.009.200	27,28	5	136,40		
Transmisor indicador de flujo FM MAG 5000	\$1.265.497	34,21	5	171,04		
Transmisor indicador de presión P320	\$420.000	11,35	5	56,77		
Bomba neumática doble diafragma aro 1"	\$782.000	21,14	5	105,69		
Bomba neumática de pistón Aro 2 esferas 1"	\$350.000	9,46	5	47,31		
Válvula solenoide ON/OFF SS316	\$95.000	2,57	10	25,68		
					<b>660,95</b>	<b>TOTAL NETO(UF)</b>
					<b>126</b>	<b>IVA 19%</b>
					<b>786,53</b>	<b>TOTAL NETO(UF)</b>
					<b>\$ 29.096.512</b>	<b>TOTAL NETO(CLP)</b>

Dentro de los costos asociados, también se considera un apartado asociado a los materiales de ferretería, en los cuales se encuentra el canalizado, conexionado y control de estos equipamientos, dentro de los cuales se pasa a detallar el cable de control, cable de alimentación, gabinete eléctrico, conectores, protecciones eléctricas, luces piloto, entre otros materiales, los cuales se pasan a detallar en la siguiente tabla 3.4, cabe mencionar que se deja un monto asignado de canalización de piping para conexionado de tuberías de 1” para entrada y salida del lubricante y red de compresión de aire.

Tabla 3.4. Costos asociados a materiales de ferretería y montaje.

COSTOS MATERIALES DE FERRETERIA Y MONTAJE				
CANTIDAD	INSUMOS	PRECIO UN. (UF)	SUBTOTAL (UF)	
1	Tablero eléctrico metálico IP65 800x600x300mm	8,515	8,52	
1	Luz piloto 120/220 V AC 22mm	0,036	0,04	
1	Selector 3 posiciones 2 Na	0,392	0,39	
1	Botón pulsador rojo metálico Na 22mm	0,321	0,32	
10	Botón pulsador verde metálico Na 22mm	0,321	3,21	
10	Botón pulsador parada de emergencia 22mm	0,892	8,92	
60	Bornera libre mantención 2,5mm con porta fusible 5x20mm	0,047	2,84	
1	Interruptor automático bipolar 2x16A	1,027	1,03	
2	Interruptor automático 10A	0,065	0,13	
1	Interruptor automático 6A	0,065	0,06	
1	Fuente de poder 120/220 V AC a 24V DC 10A para riel Din	2,271	2,27	
3	Riel Din 1000mm	0,038	0,11	
1	Luminaria led 350mm con switch magnético 120/220V AC	1,254	1,25	
5	Materiales de piping	67,580	67,58	
200m	Alimentador de control apantallado 4G1.5mm2 1m	0,059	11,71	
30m	Alimentador eléctrico 2.5mm rojo 1m	0,013	0,40	
30m	Alimentador eléctrico 2.5mm verde 1m	0,013	0,40	
30m	Alimentador eléctrico 2.5mm azul 1m	0,013	0,40	
			<b>109,6</b>	<b>TOTAL NETO(UF)</b>
			<b>20,82</b>	<b>IVA 19%</b>
			<b>130,42</b>	<b>TOTAL NETO(UF)</b>
			<b>\$ 4.824.684</b>	<b>TOTAL NETO(CLP)</b>

### **3.3 PLAN DE MANTENCIÓN DE SERVICIO POST-INSTALACIÓN.**

En esta sección de este proyecto, se pasa a detallar la planificación de mantención que se considera necesaria para un correcto funcionamiento y de acuerdo con los estándares establecidos por el cliente, la cual ayudará a que este diseño en una instalación próxima a futura puede ser mantenido en el tiempo. Las mantenciones serán realizadas cada 6 meses, de esta forma se aprovechará el tiempo de detención que se genera cuando se realizan las detenciones de toda la planta de Chuquicamata que son de 15 días así para no afectar a la producción.

Es necesario pasar a detallar la planificación de mantención a realizar y la estimación económica que conllevaría el realizar este tipo de mantención, además de los recursos a utilizar de logística proyectados y la estimación en tiempo de estas mantenciones.

A continuación, en la tabla 3.5 se pasa a detallar el equipamiento a realizar la mantención, y el tipo de mantención a realizar a ese equipo, además de la proyección a lo largo de un año, el cual es aplicable a futuro en el tiempo.

En la tabla de mantenimiento se detalla el mantenimiento para los siguientes equipos e instrumentos:

- PLC Siemens 1200.
- HMI K7 Basic PN.
- Switch Cisco IE2000.
- Transmisor de nivel Sitrans Lut.
- Transmisor de presión.
- Transmisor de flujo.
- Bomba neumática de membrana.
- Bomba neumática tipo pistón.
- Electroválvulas On/Off.

Tabla 3.5 Tabla de mantenimiento a equipos e instrumentos.

EQUIPO	TIPO DE MANTENCIÓN	DOTACIÓN A UTILIZAR	HORAS REQ.	HH (UF)	COSTO (UF)	TIEMPO	DETALLE DE MANTENCIÓN
PLC Siemens 1200	Mantención lógica	01Supervisor 01Técnico	2	1,3	2,6	Semestral	Revisión de registros de eventos, revisión de programa, respaldo de configuración, revisión de tabla de fallas y respaldo programa.
	Mantención física		1	1,3	1,3	Semestral	

		01Supervisor 01Técnico					Mantenimiento preventivo a PLC y módulos asociados, reapriete a entradas y salidas
Switch cisco IE2000	Mantenición lógica	01Supervisor 01Técnico	2	1,3	2,6	Semestral	Revisión de registros de eventos, revisión de interfaces de red, respaldo de configuraciones.
	Mantenición física	01Supervisor 01Técnico	1	1,3	1,3	Semestral	Mantenimiento preventivo, limpieza de fuente de alimentación revisión de conexionado de red
HMI K7 Basic PN	Mantenición física	01Supervisor 01Técnico	1	1,3	1,3	Semestral	Mantenimiento preventivo, Limpieza de puertos Profinet, revisión de funcionamiento con PLC.
Transmisor de nivel sitrans lut400	Mantenición física	01Supervisor 01Técnico	1	1,3	1,3	Semestral	Mantenimiento preventivo, limpieza exterior, chequeo de comunicación, verificación de parámetros y calibración del instrumento
Transmisor de presión	Mantenición física	01Supervisor 01Técnico	1	1,3	1,3	Semestral	Mantenimiento preventivo, limpieza exterior, chequeo de comunicación, verificación de parámetros y calibración del instrumento.
Transmisor de flujo	Mantenición física	01Supervisor 01Técnico	1	1,3	1,3	Semestral	Mantenimiento preventivo, limpieza exterior, chequeo de comunicación, verificación de parámetros y calibración del instrumento.
Bomba neumática de membrana	Mantenición física	01Supervisor 01Técnico	1	1,3	1,3	Semestral	Mantenimiento preventivo, limpieza exterior, chequeo de comunicación, verificación de parámetros,

							chequeó de aprietes de tuberías.
Bomba neumática tipo pistón	Mantenición física	01Supervisor 01Técnico	1	1,3	1,3	Semestral	Mantenimiento preventivo, limpieza exterior, chequeo de comunicación, verificación de parámetros, chequeo de aprietes.
Válvulas solenoide	Mantenición física	01Supervisor 01Técnico	1	1,3	1,3	Semestral	Mantenimiento preventivo, limpieza exterior, chequeo de comunicación, verificación de parámetros.
Tablero eléctrico	Mantenición física	01Supervisor 01Técnico	2	1,3	2,6	Semestral	Mantenimiento preventivo, reapriete, limpieza tablero, chequeo de voltaje, corriente, chequeo de protecciones, fusibles, verificación de comunicación.

El total de los costos de mantención tiene un costo semestral de 19,5 UF en la cual se estima un tiempo de 2 días de trabajo para realizar estas actividades de mantenimiento. Como se realizarán el mantenimiento 2 veces al año se debe considerar un valor de 39UF por año, este plan busca que el sistema funcione de manera correcta sin presentar inconvenientes, en la tabla 3.6 se detalla el costo asociado por mantención.

Tabla 3.6 Tabla de Costos de mantenimiento anual.

TOTAL DE COSTOS MANTENIMIENTO ANUAL	
39	SUBTOTAL 1
7,8	IMPREVISTOS (20%)
46,8	SUBTOTAL 2
<b>46,8</b>	<b>TOTAL NETO (UF)</b>
<b>1.731.293</b>	<b>TOTAL NETO(CLP)</b>

### **3.4 PLAN DE CAPACITACIÓN AL PERSONAL.**

En toda empresa es importante estar capacitado, es por esto que en este proyecto se definirán 2 capacitaciones en el año, en la cual una vez realizada la puesta en marcha se efectuará la primera capacitación y una vez entregado el proyecto se definirán según mandante la segunda fecha, en el cual aprovechando las parada de planta se podrá gestionar de mejor forma la capacitación, de esta

forma los operadores encargados de ocupar el sistema de llenado de lubricante serán capaz comprender y realizar sus trabajos de mejor forma, segura y eficaz. Es importante que quede claro cómo funcionará el sistema y la filosofía de control es por esto por lo que en la tabla 3.7 se detallará la metodología y los temas a aplicar. Se estimará un costo de 15UF por cada capacitación por lo cual 2 veces al año se debe considerar un valor de 30UF por año, en la tabla 3.8 se detalla el costo asociado por capacitaciones, con esto nos aseguramos de que el personal quede capacitado y comprenda el sistema de llenado de lubricantes para equipos móviles.

Tabla 3.7. Temario a aplicar en capacitación sistema de llenado de lubricante equipos móviles.

CAPACITACIÓN SISTEMA DE LLENADO DE LUBRICANTES EQUIPOS MPÓVILES
INTRODUCCIÓN
TIPO DE LUBRICANTES A UTILIZAR
SISTEMA DE CONTROL BASADO EN PLC Y HMI
FILOSOFÍA DE CONTROL
TIPO DE VARIABLES MEDIDAS
TIPOS DE TRANSMISORES UTILIZADOS
TIPOS DE BOMBAS UTILIZADAS
TIPOS DE ELECTROVÁLVULAS UTILIZADAS
TIPO DE ALARMAS (SONORAS Y VISIBLES)
MODOS DE OPERACIÓN
SISTEMA DE LLENADO
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN
PANTALLA HMI
INTERPRETACIÓN DE VALORES
DIAGNÓSTICOS Y ALARMAS
PROGRAMACIÓN PLC

Tabla 3.8. Costos asociados por capacitación.

TOTAL DE COSTOS ASOCIADOS POR CAPACITACIÓN	
30	SUBTOTAL 1
6	IMPREVISTOS (20%)
36	SUBTOTAL 2
<b>36</b>	<b>TOTAL NETO (UF)</b>
<b>1.331.763</b>	<b>TOTAL NETO(CLP)</b>

Los costos mencionados anteriormente se pueden plasmar en las siguientes tablas de costo describiendo las tareas desarrolladas, personal requerido para su ejecución y el total en cada ítem. Cabe destacar que para la obtención de los costos se toma en cuenta un 20% extra en imprevistos del valor obtenido, esto por ser una industria minera el factor riesgo es alto.

Una vez obtenido el análisis de costos asociados a mano de obra y componentes se puede realizar el análisis de costos del proyecto relacionado a la etapa de preparación, implementación, puesta en marcha, mantenciones y capacitaciones.

Tabla 3.9. Tabla de costos preparación del proyecto.

COSTO TOTAL PREPARACIÓN DEL PROYECTO			
REQUERIMIENTO	DETALLE	COSTOS (UF)	
MANO DE OBRA	ESTUDIO DEL SISTEMA ACTUAL	16	
DISEÑO	DISEÑO Y CONFIGURACIÓN ALTERNATIVA SOLUCIÓN	40	
TRASLADO PERS.	TRASLADO A INTERIOR MINA	5,4	
HOSPEDAJE	ESTIMADO PARA 15 DÍAS	18,9	
		80	SUBTOTAL 1
		16	IMPREVISTOS (20%)
		96	SUBTOTAL 2
		<b>96</b>	<b>TOTAL NETO (UF)</b>
		<b>3.565.959</b>	<b>TOTAL NETO(CLP)</b>

Tabla 3.10 Tabla de costos implementación del proyecto.

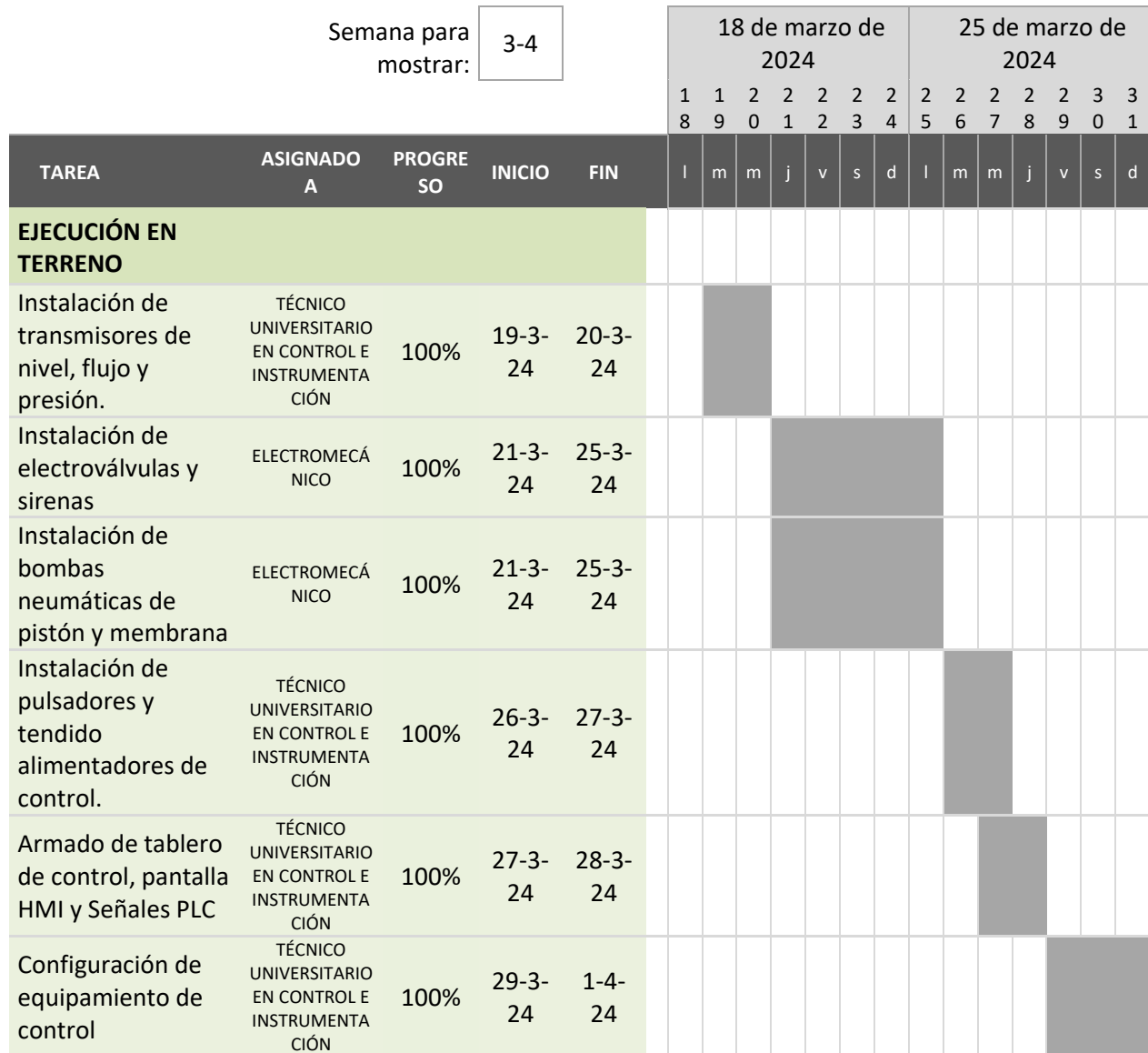
COSTO TOTAL IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO			
REQUERIMIENTO	DETALLE	COSTOS (UF)	
MANO DE OBRA	EJECUCIÓN EN TERRENO	67	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	ARRIENDO DE EQUIPOS DE MEDICIÓN	100	
MATERIALES E INSUMOS	REQUERIDOS PARA ELABORAR PROYECTO	917	
TRASLADO PERSONAL	ESTIMADO PARA 20 DÍAS	22	
HOSPEDAJE	ESTIMADO PARA 20 DÍAS	54	
		1160	SUBTOTAL 1
			IMPREVISTOS(20%)
		232	SUBTOTAL 1
		1392	SUBTOTAL 2
		1418	<b>TOTAL NETO(UF)</b>
		<b>51.495.648</b>	<b>TOTAL NETO(CLP)</b>

Para el desarrollo del proyecto se realizó una carta Gantt en la cual se reflejan las actividades de preparación del proyecto en la cuales se detalla el estudio del sistema actual como el diseño y configuración alternativa de la solución y x por otro lado se reflejan las actividades de implementación del proyecto en la cuales se destaca la ejecución en terreno y la ejecución de pruebas de puesta en marcha y de diseño.

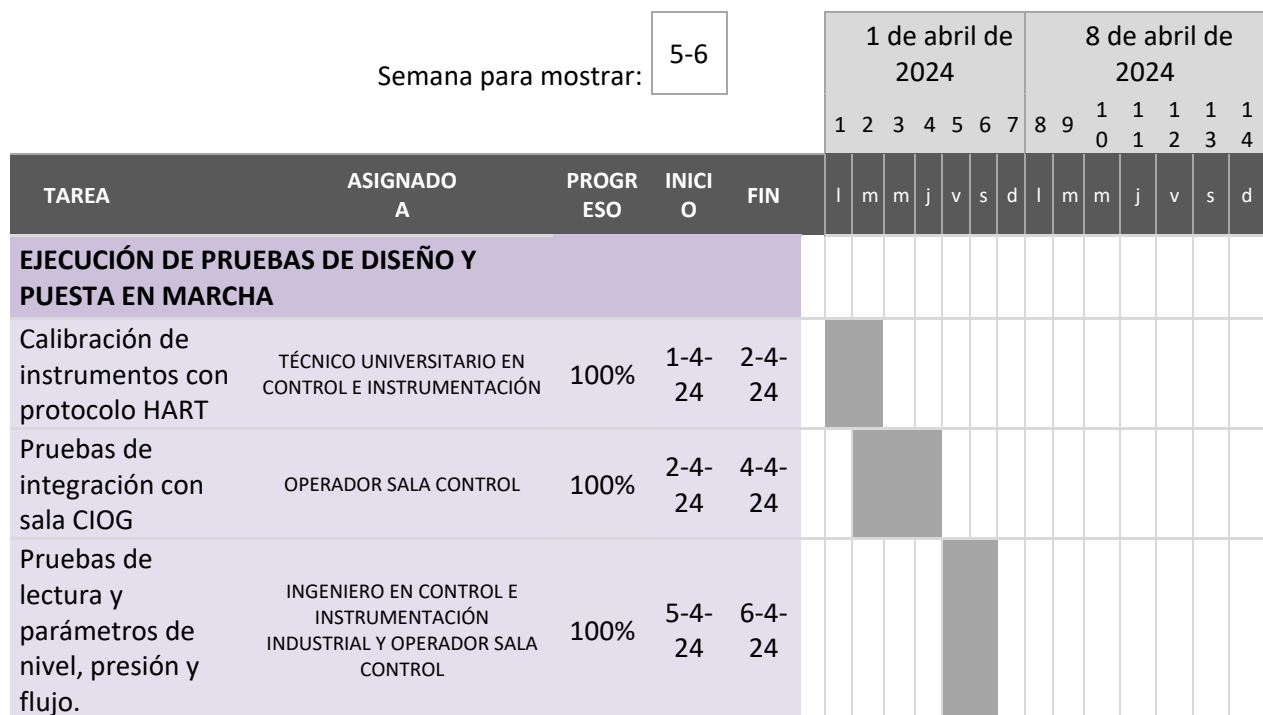
Cabe mencionar que en este diagrama se contempla una duración aproximada de 1 mes para todas las actividades a realizar.



Carta Gantt 3 de 4



Carta Gantt 4 de 4





### **3.6 BENEFICIOS DE LA SOLUCIÓN**

Primero que nada, hay que destacar que el proyecto brindará un nivel de estándar alto, ya que principalmente su equipamiento será de carácter robusto, ya que se utilizan equipos, instrumentos y accesorios de la marca Siemens, con el fin de que se pueda realizar de mejor forma el proyecto.

Con este proyecto se solucionarán varios problemas dentro de los principales viene a indicarnos cuando hay un quiebre de stock, ya que se van a tener mediciones en terreno, por lo cual se podrá determinar cuando existe bajo nivel y así desde la sala CIOG obtendrá esta información y se podrá dar solución a este problema.

Se evitarán pérdidas en producción y retrasos en el mantenimiento de equipos móviles lo cual indirectamente afecta a la producción ya que no se encuentran disponibles los equipos móviles, en el proyecto estos costos pueden llegar a ser millonarias provocando cuestionamientos hacia las empresas colaboradoras de Codelco por incumplimiento a plazos establecidos, por ende, la implementación de la solución evitaría considerablemente estos costos.

Por otro lado, viene a ahorrar tiempo en el mantenimiento de cambio de lubricantes de equipos móviles, ya que no se realizará de manera manual, evitando y mejorando los indicadores de posibles accidentes como lo son los KPI, de esta forma se disminuirán la probabilidad de ocurrencia de accidentes de sobreesfuerzo, de trabajo pesado y principalmente de enfermedades profesionales.

Para traducir los beneficios se requiere conocer cómo afectan económicamente los problemas mencionados anteriormente.

### **3.7 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO**

Para traducir los beneficios se requiere conocer cómo afectan económicamente los problemas mencionados anteriormente.

Los problemas de mayor envergadura se presentan cuando el sistema no cuenta con un stock de lubricantes, ya que de esta forma no se puede realizar un mantenimiento a equipos móviles, mientras que los incidentes ocurridos en cuanto a sobreesfuerzo, caída mismo nivel entre otro hace aumentar los KPI de seguridad y hacen que el personal haga uso de una herramienta de gestión preventiva denominada Tarjeta Verde.

Se ha hecho un análisis de la cantidad de problemas que mensualmente afectan al sistema en el último año con el fin de tener un promedio mensual al cual asociar los diversos costos que se generan.

Tabla 3.13 Pérdidas mensuales asociadas a sistema de llenado de lubricantes equipos móviles.

PÉRDIDAS MENSUALES ASOCIADAS A SISTEMA DE LLENADO DE EQUIPOS MÓVILES			
PRINCIPALES SERVICIOS	DETALLE	COSTOS (UF)	
Lubricante	Asociados a pérdidas de lubricante de traslado	13,5	
KPI Seguridad	Asociado a bonos de seguridad	2,5	
Bonos producción	Asociado a incumplimiento de metas.	29,5	
Uso de tarjeta verde	Asociado a malas condiciones de trabajo	12,5	
Retraso en mantenimientos	Asociado a falta de stock	8	
Seguro contra accidentes	Asociado a mutual y servicios contra accidentes de trabajo.	10	<b>TOTAL NETO (CLP)</b>
<b>Total</b>	<b>MENSUAL</b>	<b>76</b>	<b>2.811.501</b>
<b>Total</b>	<b>ANUAL</b>	<b>912</b>	<b>33.738.017</b>

Estos costos se producen cuando los trabajadores hacen uso de la anteriormente descrita tarjeta verde que les permite no desarrollar sus labores debido a las incomodidades generadas por alguna situación en particular o que puedan poner en riesgo su integridad física, en el caso actual se debe a malas posturas de trabajo, torceduras, caídas, por otro lado, cuando se encuentran sin stock lo que afecta al retraso en mantenimientos y pérdidas de bonos. El proyecto busca eliminar los costos anteriores a corto plazo. A continuación, se muestran los beneficios económicos obtenidos poniendo en marcha el proyecto recordando a su vez los costos asociados a la realización de la solución planteada.

Estas pérdidas mencionadas anteriormente impactan directamente en las empresas contratistas de Codelco, los cuales, para cubrir dichos montos que son imprevistos de los cuales ellos no son responsables, generan cobros o multas a la empresa encargada del sistema. Dichos cobros tienen un valor igual a los descritos en la tabla 3.12, donde en ella se reflejan las pérdidas anuales referentes a este problema.

Para obtener el beneficio total del proyecto se analizan 3 flujos de cajas que demostrarán la rentabilidad del proyecto utilizando un criterio de factor de estabilización para analizar de mejor forma el proyecto. De esta forma se presentan 3 escenarios: optimista, esperado y conservador, mostrando las posibles situaciones que se puedan dar. Una vez implementado el proyecto se deben añadir los costos operacionales por mantenimiento del sistema, los cuales se establecen en 47 UF anuales. A partir de los flujos de caja se realiza el cálculo de los principales indicadores VAN y TIR para mostrar las proyecciones económicas que existirán a futuro. La TIR, es la tasa interna de retorno y se espera que sea un porcentaje mayor a la tasa de descuento. El valor neto actual (VNA) es la suma de los valores neto-actualizados de cada período, mientras que el VAN es la diferencia entre la inversión y el VNA, por otro lado, se puede obtener el PAYBACK del proyecto que es un indicador el cual nos informa en que año se recuperara la inversión. El proyecto será rentable siempre y cuando el VAN sea mayor a 0. Para ello es importante determinar la tasa de descuento que se aplicará, la cuál será del 10%.

Tabla 3.14 Flujo de caja escenario óptimo, reducción de costos al 80%.

FLUJO DE CAJA CON REDUCCIÓN DE COSTOS DE PÉRDIDAS AL 80%				
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
Sin proyecto (UF)		912	912	912
Garantía con proyecto disminución al 80% en los costos (UF)	-1.568	182	182	182
Beneficio con proyecto (UF)		730	730	730
Costos de mantenimiento anual (UF)		47	47	47
Beneficio neto (UF)		683	683	683

Tabla 3.15 Actualización de flujos futuros para escenario óptimo.

Período (año)	0	1	2	3	4	5
Flujo caja obtenido (óptimo)	-1.568	683	683	683	683	683
Saldo actualizado 10%	-1.568	614	553	498	448	403
Saldo actualizado acumulado	-1.568	-954	-401	97	545	948

Tabla 3.16 Cálculo de indicadores económicos para análisis según escenario óptimo.

TASA	10%
VNA	2.516
VAN	948
TIR	33%
IVAN	0,60
PAYBACK	AÑO 3

Tabla 3.17 Flujo de caja escenario esperado, reducción de costos al 60%.

FLUJO DE CAJA CON REDUCCIÓN DE COSTOS DE PÉRDIDAS AL 60%				
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
Sin proyecto (UF)		912	912	912
Garantía con proyecto disminución al 60% en los costos (UF)	-1.568	365	365	365
Beneficio con proyecto (UF)		547	547	547
Costos de mantenimiento anual (UF)		47	47	47
Beneficio neto (UF)		500	500	500

Tabla 3.18 Actualización de flujos futuros para escenario esperado.

Período (año)	0	1	2	3	4	5
Flujo caja obtenido (óptimo)	-1.568	500	500	500	500	500
Saldo actualizado 10%	-1.568	450	405	365	328	295
Saldo actualizado acumulado	-1.568	-1.118	-713	-348	-20	276

Tabla 3.19 Cálculo de indicadores económicos para análisis según escenario esperado.

TASA	10%
VNA	1.844
VAN	276
TIR	18%
IVAN	0,18
PAYBACK	AÑO 5

Tabla 3.20 Flujo de caja escenario conservador, reducción de costos al 40%.

FLUJO DE CAJA CON REDUCCIÓN DE COSTOS DE PÉRDIDAS AL 40%				
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
Sin proyecto (UF)		912	912	912
Garantía con proyecto disminución al 40% en los costos (UF)	-1.568	547	547	547
Beneficio con proyecto (UF)		365	365	365
Costos de mantenimiento anual (UF)		47	47	47
Beneficio neto (UF)		318	318	318

Tabla 3.21 Actualización de flujos futuros para escenario conservador.

Período (año)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Flujo caja obtenido (óptimo)	-1.568	318	318	318	318	318	318	318	318
Saldo actualizado 10%	-1.568	286	257	232	209	188	169	152	137
Saldo actualizado acumulado	-1.568	-1.282	-1.025	-793	-584	-397	-228	-76	61

Tabla 3.22 Cálculo de indicadores económico para análisis según escenario conservador.

TASA	10%
VNA	1.629
VAN	62
TIR	12%
IVAN	0,039
PAYBACK	AÑO 8

Analizando las tablas para los diversos escenarios, se aprecia que en los escenarios óptimos y esperado (reducción de costos en un 80% y 60%), el proyecto es viable, debido a los valores de VAN y TIR, en los cuales los indicadores muestran que con la tasa actual del 10% en el escenario óptimo se obtiene un VAN de 948 UF y un TIR de 33%, por otro lado, la inversión se recupera al tercer periodo mientras que el indicador IVAN indica que en el escenario óptimo por cada 1 UF invertida en el proyecto se obtiene una ganancia de 0,60 UF.

En el escenario esperado, se muestra que el proyecto sigue siendo rentable para invertir en él, garantizando una disminución de costos en un 60% se obtiene un VAN de 276 UF y un TIR de 18%, en la cual la inversión se recuperara al quinto periodo, mientras que el indicador IVAN indica

que en un escenario esperado por cada 1 UF invertida en el proyecto se obtiene una ganancia de 0,18 UF.

En el escenario conservador, se muestra que si bien el proyecto es rentable analizándolo a 8 periodos lo cual parece un tiempo excesivo obtenemos los valores de VAN de 61 UF y un TIR de 12% , en la cual la inversión se recuperara al octavo periodo, mientras que el indicador IVAN, indica que en un escenario conservador por cada 1 UF invertida en el proyecto se obtiene una ganancia de 0,039 UF.

Con el análisis de estos tres escenarios , se puede determinar que el proyecto es rentable, no a corto plazo , ya que en uno de los mejores escenarios desde el tercer año en adelante se recuperará la inversión, pero analizando desde el punto de vista de beneficios se puede determinar que el proyecto es capaz de solventar la gran inversión inicial en el proyecto.

## CONCLUSIÓN

En cada proyecto principalmente se busca solucionar un problema , así fue el caso en el cual se analizó la problemática en el taller mecánico del PMCHS en el cual se realiza un sistema de llenado de lubricantes de forma manual, lo cual conlleva a varios problemas, es por esto que con este proyecto se buscó darle solución a los problemas asociados al sistema de llenado de lubricantes de forma manual, donde se establecieron un objetivo general y objetivos específicos para llevarlos a cabo durante este proyecto.

Se analizaron las distintas alternativas de solución para así evaluar según sus ventajas y desventajas las necesidades requeridas como lo es el quiebre de stock, tiempo de mantención, probabilidades de accidentes.

Se presentaron diversas adversidades al momento de realizar la elección del equipamiento, por lo que se seleccionaron dependiendo de su utilidad.

Por otro lado, se tuvieron varios problemas con las configuraciones y calibraciones del equipamiento de control, los cuales fueron solucionadas y abordadas de la mejor manera.

Se logró determinar la mejor solución del sistema de llenado para equipos móviles dentro de los cuales al evaluar económicamente el proyecto se determinó que el proyecto, es capaz de garantizar una mejor seguridad, producción y mejorar los índices KPI en la minería.

Culminado con el significado de este proyecto, el cual me permitió abordar de la mejor manera para poder evaluarlo de la mejor forma para determinar su factibilidad.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Instrumentación industrial

<https://www.fnmt.es/documents/10179/10666378/Fundamentos+básico+de+instrumentación+y+control.pdf/df746edc-8bd8-2191-2218-4acf36957671>.

[Consulta:02 de Octubre 2023]

Manual de PLC Siemens S7-1200

[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/622/91696622/att\\_42774/v1/s71200\\_system\\_manual\\_es-ES\\_es-ES.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/622/91696622/att_42774/v1/s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf)

[Consulta: 01 de noviembre 2023]

Manual Fluke 754

<https://www.fluke.com/es-cl/producto/herramientas-de-calibracion/calibradores-multifuncion/fluke-754>

[Consulta: 01 de febrero 2024]

Sueldos Codelco

<https://www.codelco.com/transparencia-activa>

[Consulta: 01 de Marzo 2024]

Como evaluar un proyecto

<https://blog.ganttpro.com/es/evaluacion-del-proyecto/>

[Consulta:12 de Junio 2024]

## ANEXOS

Anexo 2-1: Datasheet de instrumentos de campos.

2-1: Bomba neumática tipo pistón 1”

### MANUAL DE UTILIZACIÓN Y DATOS DE INGENIERÍA Y VENTAS

**INCLUYE: KITS DE REPARACIÓN, LOCALIZACIÓN Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS.**

INCLUYE LOS MANUALES: Motor neumático AF044X-XX (n.º de ref. 97999-1466), Extremo de la bomba inferior 6720X-XXX (n.º de ref. 97999-788) y Manual de información general 5-632 (n.º de ref. 97999-624).

**LIBERADO: 10-26-12**

**REVISADO: 8-26-16**

**(REV: B)**

**MOTOR DE AIRE DE 4-1/4”**

**2:1 RATIO**

**6” RECORRIDO**

**AF0402MXXXXXX-XX-X**

**SERIE DE BOMBAS DE CUATRO BOLAS**



**LEA ESTE MANUAL CON DETENIMIENTO ANTES DE PROCEDER  
A LA INSTALACIÓN, USO O REPARACIÓN DE ESTE EQUIPO.**

Es responsabilidad de la empresa poner la información contenida en este manual en manos del operador.  
Es recomendable guardarlo para su futura consulta.

#### KITS DE REPARACIÓN

- Utilice solo piezas auténticas de recambio ARO® para asegurar la tasa de presión compatible y una vida más larga.
- **637489** para la reparación de la sección del motor neumático.
- **637317-X4B** para la reparación del extremo de la bomba inferior. Consulte el cuadro de la página 2 para conocer la descripción de las opciones de -X4B.

#### ESPECIFICACIONES

<b>Serie del modelo</b>	AF0402MXXXXXX-XX-X
(Consulte la tabla de opciones)	AF0402MXXXXXX-XX-X
<b>Tipo de bomba</b>	Accionadas por aire, cuatro-BallBomba de doble efecto
<b>Ratio</b>	2:1
<b>Motor neumático</b>	AF0460-XX
<b>Kit de reparación del motor</b>	637489
<b>Diámetro del motor</b>	4 -1/4” (10.8 cm)
<b>Recorrido (doble acción)</b>	6” (15.2 cm)
<b>Entrada de aire (hembra)</b>	1/2 - 14 NPTF - 1
<b>Escape de aire (hembra)</b>	1-1/4 - 11-1/2 NPTF - 1
<b>Serie del extremo de la bomba inferior</b>	67200-X4B
<b>Kit de reparación de la bomba inferior</b>	637317-X4B
<b>Entrada de material (hembra)</b>	1-1/2 - 11-1/2 NPTF - 1
<b>Entrada de material (macho)</b>	2-11-1/2 PTF SAE short
<b>Salida de material (hembra)</b>	1 - 11-1/2 NPTF - 1
<b>Peso</b>	68 lbs (30.8 kgs)

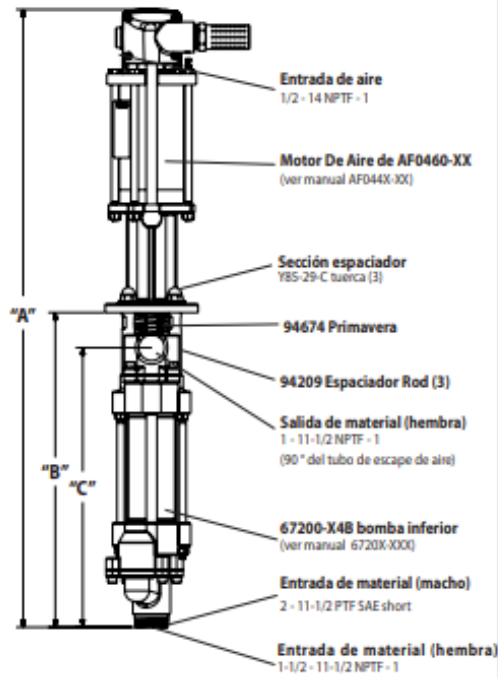
#### RENDIMIENTO DE LA BOMBA

<b>Rango de presión de la entrada de aire</b>	30 - 150 psig (2.1 - 10.3 bar)
<b>Gama de presión de fluido</b>	60 - 312 psig (4.1 - 21.5 bar)
<b>Ciclos máximos registrados por minuto</b>	60
<b>Desplazamiento en por ciclo</b>	82.1 in <sup>3</sup> (1 345 cc)
<b>Ciclos por galón</b>	2.8
<b>Flujo @ 60 ciclos / minuto</b>	21.3 gpm (80.6 lpm)
<b>Nivel de ruido a 40 cpm (60 psig)</b>	86.5 dB(A) <sup>①</sup>

<sup>①</sup> El nivel de la presión acústica de la bomba se ha actualizado a un Nivel acústico constante equivalente (LA<sub>eq</sub>) para cumplir con el propósito de ANSI S1.13-1971, CAGI-PNEUROF 55.1 por medio de cuatro ubicaciones de micrófonos.

#### DATOS DE LA BOMBA

##### MODELO AF0402MXXXXXX-XX-X



**Figura 1**

NOTA: las medidas se muestran en mm y (pulgadas) y solo sirven como referencia.

"A" (mm)	"B" (mm)	"C" (mm)
43.181" (1096.8)	21.993" (558.6)	19.540" (496.3)
(for -1 model)		
45.266" (1149.8 mm)	21.993" (558.6)	19.540" (496.3)

#### IMPORTANTE

Se trata de uno de los cuatro documentos que contienen información relativa a la bomba. Se encuentran disponibles copias adicionales de estos formularios previa solicitud.

- AF0402MXXXXXX-XX-X Manual de utilización del modelo (pn 97999-1489)
- 5-632 Información general: bombas de pistón industriales (pn 97999-624)
- 6720X-XXX Manual de utilización del extremo de la bomba inferior (pn 97999-788)
- AF044X-XX Manual de utilización del motor neumático (pn 97999-1466)

## DESCRIPCIÓN GENERAL

Las bombas de chop-check se han diseñado principalmente para la transferencia de grandes volúmenes de líquidos de viscosidad media y baja. La estructura de acero inoxidable es compatible con una amplia variedad de líquidos. La bomba inferior se ha diseñado para facilitar el cebado. La función de doble acción viene incluida de serie en todas las bombas industriales ARO. El material se suministra a la salida de descarga de la bomba tanto en el recorrido de ascenso como en el descenso.

El motor está conectado al extremo de la bomba inferior a través de una sección del espaciador. Esto permite la lubricación del prensaestopas de la empaquetadura superior y evita que el motor se contamine debido a un desgaste normal y a posibles fugas a través del prensaestopas de la empaquetadura del material. Asegúrese de llenar el vaso de disolvente de manera adecuada con lubricante para proteger las empaquetaduras superiores y garantizar una vida útil más prolongada.

**ADVERTENCIA** **PRESIÓN PELIGROSA.** No supere la presión máxima de funcionamiento de 25.1 bar (312 psig) a un presión del aire de entrada de 10.3 bar (150 psig).

Ratio de la bomba X Presión de entrada al motor de la bomba	=	Presión máxima del líquido de la bomba
La ratio de la bomba es una expresión de la relación existente entre la zona del motor de la bomba y la zona del extremo de la bomba inferior. <b>EJEMPLO:</b> cuando se suministra al motor una presión de entrada de 10.3 bar (150 psig) con una ratio de la bomba de 4:1, desarrollará una presión máxima del líquido de 41.4 bar (600 psig) (sin caudal); a medida que se abra el control del líquido, el caudal aumenta y la velocidad de los ciclos del motor hace lo propio para		

**ADVERTENCIA** Consulte la hoja de información general, donde podrá encontrar precauciones adicionales de seguridad e información importante.

**AVISO:** puede producirse una expansión térmica si el líquido de los conductos de material se expone a temperaturas elevadas. **Ejemplo:** los conductos de material situados en tejados sin aislamiento pueden calentarse con la luz solar. Instale una válvula de descarga de presión en el sistema de bombeo.

Se encuentra disponible una etiqueta de advertencia (n.º ref. 92325) previa solicitud.

## LOCALIZACIÓN Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Los problemas de la bomba pueden producirse tanto en la sección del motor neumático como en la sección de la bomba inferior. Utilice estas directrices básicas para determinar la sección afectada.

**La bomba no funciona.**

- Asegúrese de comprobar primero si los problemas provienen de una fuente externa a la bomba, como por ejemplo si el dispositivo de suministro o la manguera de entrada/salida están

obstruidos, restringidos o doblados. Despresurice el sistema de la bomba y elimine cualquier obstrucción de los conductos de entrada/salida de material.

- Consulte la sección de localización y solución de problemas del manual del motor si la bomba no funciona y/o el motor neumático pierde aire.
- Motor dañado. Reparación del motor.

**La bomba funciona pero no suministra material.**

- Consulte la sección de localización y solución de problemas del manual del extremo de la bomba inferior.

## CONEXIÓN DE LA BOMBA: SUPERIOR/INFERIOR

**NOTA:** Todas las roscas son a derechas.

- Coloque el ensamblaje de la bomba en un banco de trabajo.
- Retire los tres tornillos de cabeza (Y85-29-C) y las arandelas de seguridad de las tres varillas del espaciador (ver figura 1).
- Tire del motor neumático desde el extremo de la bomba inferior hasta que la varilla del pistón del motor se encuentre en la posición "baja" y la varilla del extremo de la bomba inferior se encuentre en la posición "alta".
- Por medio de unos alicates para anillos en E, desplace el anillo en E lo suficiente para permitir que el manguito se mueva hacia arriba y libere los dos conectores (ver la figura 2).

### DETALLES DE LA CONEXIÓN DE LA BOMBA

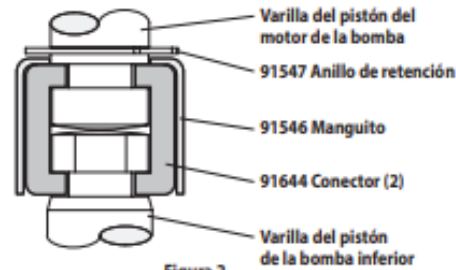


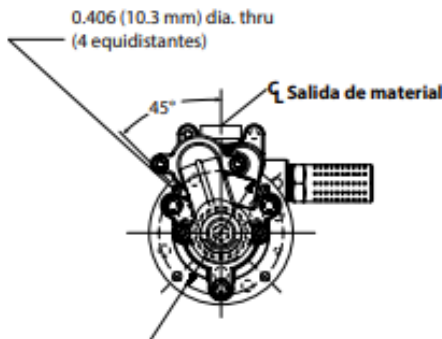
Figura 2

## NUEVO MONTAJE

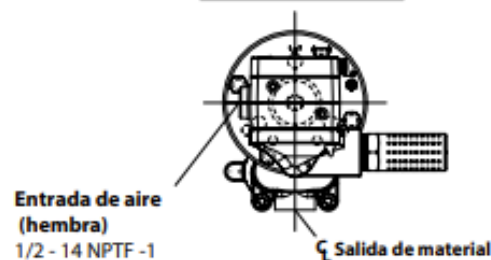
- Alinee el motor de la bomba con el extremo de la bomba inferior. Coloque la entrada de aire del motor a 90° respecto a la salida del material.
- Instale los dos conectores (91644) y conserve con el (91546)manga. Anillo de retención de corredera (91547) nuevamente en su posición.
- Vuelva a instalar las varillas para el motor de la bomba.
- Reunir la bomba del motor e inferior y retener con tres de las tuercas (Y85-29-C).

## DIMENSIONES

### VISTA INFERIOR



### VISTA SUPERIOR



## 2-2: Bomba neumática doble diafragma 1”

# Boxer 81 / Boxer 90



## Specifications and types



Zone 2 – Zone 22  
Zone 1 – Zone 21  
Zone 1 – Zone 21  
Zone M2  
IECEX

II 30 Ex h IIB T4 Gc e II 30 Ex h IIB T135°C Dc X  
II 20 Ex h IIB T4 Gb e II 20 Ex h IIB T135°C Dc X  
II 20 Ex h IIC T4 Gb  
I M2 Ex h I Mb X\*  
Ex h IIB T4 Gb e Ex h IIB T135°C Dc

\*\* The Group IIC gas application rating is applicable on Boxer series pumps in Conduct version with Conductive TFM diaphragms.  
\* The wiring application rating does not apply to aluminum pumps in the Boxer range.

Suction / delivery connections Boxer 81 / 90	1" f BSPP (*)
Suction / delivery connections FDA Boxer 81	1 1/2" Clamp BS 4825
Air fitting	3/8" f BSPP
Max. flow rate*	110 l/min
Max. supply air pressure	8 bar
Max. head*	80 m
Max negative suction head - dry-running**	4 m
Max negative suction head - with pump primed	9,5 m
Max. diameter suspended solids	4 mm
Noise	70 dB

(\*) NPT fittings only on request

\* The curves and the performance refer to pumps with immersed suction and open delivery outlet, with water at 20°C and vary depending on material composition.

\*\* The value depends on the pump configuration.



### PLASTIC MATERIAL PP (GF/CF) - PVDF

### Boxer 81



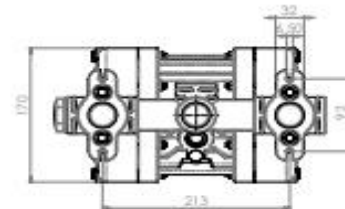
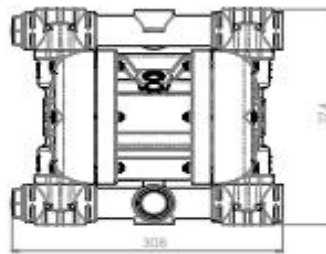
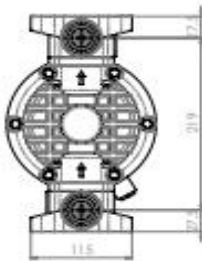
#### Maximum dimensions

Height	274 mm
Width	308 mm
Depth	170 mm



#### Construction mat. (casing and manifolds) and net weight

<b>POLYPROPYLENE</b> (with glass additive)	5 Kg Temp. 3°C min. 65°C max
<b>CONDUCTIVE POLYPROPYLENE</b> (with carbon additive)	5 Kg Temp. 3°C min. 65°C max
<b>PVDF</b> (with carbon additive)	6,5 Kg Temp. 3°C min. 95°C max



BOXER

# Boxer 81 / Boxer 90



## Specifications and types



Zone 2 - Zone 22  
Zone 1 - Zone 21  
Zone 1 - Zone 21  
Zone M2  
IECEX

II 3D Ex h IIB T4 Gc e II 3D Ex h IIB T135°C Dc X  
II 2G Ex h IIB T4 Gb e II 2D Ex h IIB T135°C Dc X  
II 2G Ex h IIC T4 Gb  
I M2 Ex h I Mb X\*  
Ex h IIB T4 Gb e Ex h IIB T135°C Dc

\*\* The Group IC gas application string is applicable on Boxer series pumps in Contact reserve with Conductive TFM diaphragms.  
\* The mining application string does not apply to aluminium pumps in the Boxer range.



### METAL MATERIAL - AISI 316

### Boxer 81



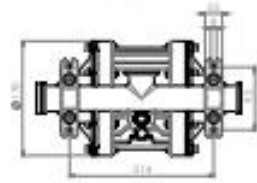
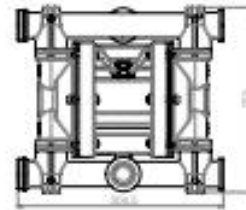
#### Maximum dimensions

Height	275 mm
Width	305 mm
Depth	170 mm



#### Construction mat. (casing and manifolds) and net weight

AISI 316	10,6 Kg
	Temp. 3°C min. 95°C max



## FDA BOXER 81



### METAL MATERIAL - AISI 316

### FDA Boxer 81



#### Maximum dimensions

Height	305 mm
Width	315 mm
Depth	170 mm



#### Construction mat. (casing and manifolds) and net weight

AISI 316	10,6 Kg
	Temp. 3°C min. 95°C max

# Boxer 81 / Boxer 90



#unibox

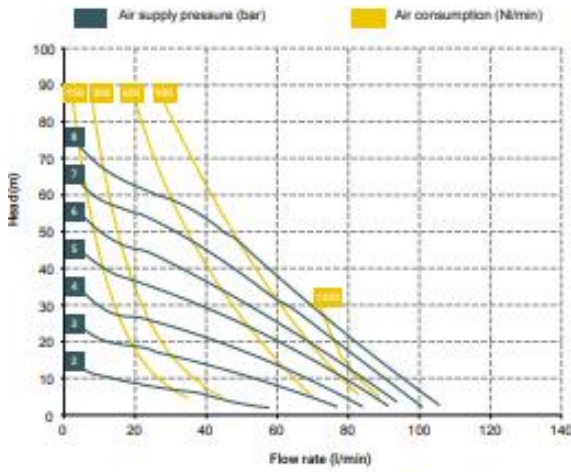
## Specifications and types



Zone 2 - Zone 22  
Zone 1 - Zone 21  
Zone 1 - Zone 21  
Zone M2  
IECEX

II 3G Ex h IIB T4 Gc e II 3D Ex h IIB T135°C Dc X  
II 2G Ex h IIB T4 Gb e II 2D Ex h IIB T135°C Dc X  
II 2G Ex h IIC T4 Gb  
I M2 Ex h I Mb X \*  
Ex h IIB T4 Gb e Ex h IIB T135°C Dc

\*\* The Group IC gas application string is applicable on Boxer series pumps in Conduct version with Conductive TFM diaphragms.  
\* The mining application string does not apply to aluminium pumps in the Boxer range.



### T20 distributor material (compressed air circuit)

- POM

### Core material

- Polypropylene (with glass fiber)
- Conductive polypropylene (with carbon fiber)
- Aisi 316
- Aluminium

### Diaphragm materials

- PTFE
- HYTREL®
- SANTOPRENE
- NBR
- EPDM

### Cap materials

- Polypropylene (with glass fiber)
- Conductive polypropylene (with carbon fiber)
- PVDF
- PPS
- AISI 316 L

### Ball materials

- PTFE
- AISI 316 L
- EPDM
- NBR

### O-ring materials

- EPDM
- NBR
- VITON®
- PTFE

### Packaging

Cardboard box - 24 x 39 x 37 cm - weight 1.2 kg  
(the weight refers only to the packaging without the pump inside)

### Accessories

- Equaflex 100 (For dangerous materials, please refer to the technical data sheet)
- Truck model D1
- Foot valve
- Air regulation kit W3000-10-G
- Batch controller
- Stroke counter
- Reinforcement rings
- Flange kit (DIN flanges - ANSI on request)

The curves and performance of the pumps have been determined in accordance with the ANSI/ISO 10.5/2016 standard and may vary depending on the composition materials.

### Debern procedure

1. The suction manifold positioned with a positive head of 50 cm.
2. The maximum length of the suction pipe is 50 cm without bends, elbows, filters, or other accessories.
3. The diameter of the suction pipe must be the same diameter as the manifold or larger.
4. The discharge pipe, including the flow meter, must not exceed 1 meter and must be the same diameter as the manifold.
5. If testing with longer pipes is necessary, pipes of larger diameter must be used, otherwise the data may be distorted.

Any colour variations in our polypropylene and PVDF products are due to the special blends of the raw materials used. The use of high levels of glass and long-fiber carbon fiber result in a unique colour that does not in any way affect the quality of the product; on the contrary, it points to the high level of content used to ensure outstanding performance.

**BOXER 90 (ALU):**  
A1 - A2 - A3 - A4 - M1 - M2 - M3 - M4

### Standard fittings:

- Suction: A1
- Delivery: M1



**BOXER 81 (INOX):**  
A1 - A2 - A3 - M1 - M2 - M3

### Standard fittings:

- Suction: A1
- Delivery: M1



**BOXER 81 (PP):**  
A1 - A2 - A3 - A4 - A5 - A6 - M1 - M2 - M3 - M4 - M5 - M6

### Standard fittings:

- Suction: A1
- Delivery: M1



### Standard fittings:

- Suction: A1
- Delivery: M1

AIR-OPERATED DOUBLE DIAPHRAGM PUMPS  
DSEBEM s.p.a. Via dell'Industria, 41 - 21020 Basso (VA) (Italy) - Tel. +39 0331 018604 - Fax +39 0331 018604 - E-mail: dse@ds.com - www.dse.com

## 2-3: Transmisor de nivel Sitrans LUT 400.

**Sinopsis**

El SITRANS LUT400 de Siemens es un controlador de nivel, o volumen compacto por ultrasonidos, de un canal, para medición continua de nivel en largos rangos de medida. Está diseñado para medir con precisión el nivel de líquidos, lodos/lechadas y sólidos, y el caudal en canal abierto.

**Beneficios**

- Caja compacta 1/2 DIN [144 A x 144 P x 146 A mm (5.7 x 5.7 x 5.75 inch)] con soporte de montaje estándar, universal, para montaje mural, en tubo y riel DIN. Montaje en panel opcional
- Display HMI fácil de usar, con cuatro teclas de programación local, menús de configuración y asistente para las principales aplicaciones
- Visualización de textos en inglés, alemán, francés, español, chino, italiano, portugués y ruso en el display HMI.
- Nivel, volumen, monitorización de caudal en canal abierto
- Tres relés con funciones de control de bombeo, alarmas y funciones de control de relés
- Comunicación HART
- EDDs para SIMATIC PDM, AMS Device Manager, y Field Communicator 375/475, además de DTMs para FDTs (Field Device Tools)
- Navegador web para programación local con interfaz intuitiva basada en la web
- Dos entradas discretas para funciones de protección auxiliar (control prioritario del nivel) y enclavamiento de bombas
- Visualización del perfil del eco y de tendencias en la pantalla local
- Receptor digital patentado para mejorar el rendimiento en ambientes ruidosos (a proximidad de accionamientos de velocidad variable)
- Reloj en tiempo real con horario de verano, registrador de datos integrado y algoritmos especiales de ahorro energético que permiten reducir costes de bombeo, evitando las horas pico
- Regletas de terminales extraíbles facilitan el cableado
- Certificación MCERTS para caudal en canal abierto

**Campo de aplicación**

SITRANS LUT400 está disponible en tres versiones, utilizables en función de la aplicación, del nivel de rendimiento y de las prestaciones necesarias:

- SITRANS LUT420 para control de nivel: Medición de nivel o volumen en líquidos, lechadas y sólidos, con funciones básicas de control de bombeo y registro de datos
- SITRANS LUT430 para control de nivel, de bombas y de caudal: Incluye todas las funciones del LUT420 así como funciones avanzadas de control de bombas y alarmas, monitorización de caudal en canal abierto y registro de datos (caudal)
- SITRANS LUT440 de alta precisión para caudal en canal abierto: El modelo más completo y preciso. Incluye todas las funciones del LUT430, precisión líder en la industria ( $\pm 1$  mm, tolerancia 3 m), una gama completa de funciones avanzadas de control, y registro optimizado de datos de caudal
- Principales Aplicaciones: pozos de bombeo, canales/vertederos, control del rastrillo, almacenaje de productos químicos, líquidos, tolvas, trituradoras y almacenamiento de productos sólidos secos.

## Serie SITRANS LUT400

## Datos técnicos

<b>Modo de operación</b>	Medición por ultrasonidos de nivel, volumen, bombeo y caudal en canal abierto	<b>Construcción mecánica</b>	
Rango de medida	0,3 ... 60 m (1 ... 196 ft) según el sensor	Peso	
<b>Entrada</b>		• Caja, tapa con pantalla	1,3 kg (2.87 lb)
Discreta	Nivel de conmutación 0 ... 50 V DC 0 lógico ≤ 10 V DC 1 lógico 1 = 10 ... 50 V DC Máx. 3 mA	• Caja, tapa sin pantalla	1,2 kg (2.65 lb)
<b>Salida</b>		Material (caja)	Polycarbonato
Frecuencia del sensor	10 ... 52 kHz	Grado de protección	
Sensor ultrasónico	Sensores compatibles: todos los sensores serie EchoMax y ST-H	• Caja, tapa con o sin pantalla	IP65/Tipo 4X/NEMA 4X
Relés	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 contacto SPDT, relé NA o NC, 1A a 250 V AC, carga óhmica y 3 A a 30 V DC</li> <li>• 2 contactos SPST, relés NA, 5A a 250 V AC, carga óhmica y 3 A a 30 V DC</li> </ul>	• Caja, tapa sin pantalla y placa perforada desmontada	IP20
Salida mA	4 ... 20 mA (aislada)	Tapa para pantalla remota	IP65/Tipo 3/NEMA 3
Carga máx.	600 Ω máx. (ACTIVA) 750 Ω máx. (PASIVA)	<b>Cable de conexión</b>	
Resolución	0,1 % del rango	Sensor y señal de salida analógica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 conductores de cobre, trenzado, con blindaje/hilo de drenaje, 300 V, sección 0,5 a 0,75 mm<sup>2</sup> (22 a 18 AWG)</li> <li>• Relé/alimentación: conductores de cobre, conforme a requisitos locales, potencia nominal 250 V 5A</li> </ul>
<b>Precisión</b>		Distancia máxima entre el sensor de ultrasonidos y el transmisor	365 m (1 200 ft)
Error de medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estándar: ± 1 mm (0.04 inch) + 0,17 % de la distancia medida</li> <li>• Caudal en canal abierto de alta precisión: ± 1 mm (0.04 inch), tolerancia 3 m (9.84 ft)</li> </ul>	<b>Elementos de indicación y manejo</b>	Pantalla LCD extraíble, 60 x 40 mm (2.36 x 1.57 inch) resolución 240 x 160 pixels, separación máxima 5 m de la base de la caja
Resolución	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estándar: 0,1 % del rango o 2 mm (0.08 inch), se aplica el valor más alto</li> <li>• Caudal en canal abierto de alta precisión: 0,6 mm (0.02 inch), tolerancia 3 m (9.84 ft)</li> </ul>	Programación	
Compensación de temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• -40 ... +150 °C (-40 ... +300 °F)</li> <li>• Sensor ultrasónico con sensor de temperatura</li> <li>• Sensor de temperatura TS-3 externo (opción)</li> <li>• Valores de temperatura programables</li> </ul>	• Método primario:	4 botones pulsadores
<b>Condiciones nominales de aplicación</b>		• Método secundario:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PC con software SIMATIC PDM</li> <li>• PC con AMS Device Manager de Emerson</li> <li>• PC con navegador web</li> <li>• PC con FDT (Field Device Tool)</li> <li>• Field Communicator 375/475 (FC375/FC475)</li> </ul>
Condiciones de montaje		Memoria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EPROM flash, 512 kB</li> <li>• 1.5 MB flash para registro de datos</li> </ul>
• Ubicación	Interior/exterior	<b>Alimentación eléctrica</b>	
• Categoría de instalación	II	Versión AC	100 ... 230 V AC ± 15 %, 50/60 Hz, 36 VA Fusible: 5 x 20 mm, lento, 0,25 A, 250 V
• Grado de contaminación	4	Versión DC	10 ... 32 V DC, 10 W Fusible: 5 x 20 mm, lento, 1,6 A, 125 V
Condiciones ambientales		<b>Certificados y aprobaciones</b>	
• Temperatura ambiente (caja)	-20 ... +50 °C (-4 ... +122 °F)	Uso general	CSA <sub>US/IC</sub> , CE, FM, UL listed, RCM, certificación MCERTS para caudal en canal abierto
		Atmósferas potencialmente explosivas	
		• No incendiario (Canadá)	CSA/FM Clase I, Div. 2, Grupos A, B, C, D; Clase II, Div. 2, Grupos E, F, G; Clase III
		• Transporte	Lloyd's Register, ABS
		<b>Comunicaciones</b>	HART 7.0, USB

## 2-4: Transmisor de presión Sitrans P320.

## Descripción técnica

## Sinopsis



Los transmisores de presión SITRANS P320/P420 son transmisores de presión digitales que ofrecen amplio confort y alta precisión. La parametrización se realiza con teclas integradas o vía la interfaz HART.

La extensa funcionalidad permite adaptar precisamente el transmisor de presión a los requisitos de la instalación. Pese a multitud de posibilidades de ajuste, el manejo se realiza con gran facilidad.

Los transmisores de presión SITRANS P320/P420 son muy adecuados para el uso en plantas químicas gracias a las funciones de diagnóstico ampliadas según NAMUR NE107. Con las funciones de diagnóstico ampliadas y el almacenamiento de valores de proceso, el SITRANS P420 está "listo para la digitalización" ("Ready for Digitalization").

Gracias a la función "Remote Safety Handling", el cliente consigue un gran ahorro de tiempo y costes, ya que la función SIL puede conectarse y validarse de forma remota a través de SIMATIC PDM. Esto suprime los tiempos de desplazamiento y el control in situ a través de indicadores o teclados locales.

Mediante el novedoso EDD con asistente de arranque rápido integrado, también la parametrización es sumamente rápida y sencilla a través del protocolo HART.

Para aplicaciones especiales, tales como la medida de fluidos de alta viscosidad, los transmisores de presión son suministrables con diferentes tipos de sellos separadores.

El transmisor de presión SITRANS P320/P420 está disponible en diversas variantes para medir las siguientes variables:

- Presión relativa
- Presión absoluta
- Presión diferencial
- Nivel
- Caudal volumétrico
- Caudal másico

## Beneficios

- Funciones de diagnóstico según la recomendación NAMUR NE107
- Aparatos SIL desarrollados conforme a IEC 61508
- Validación SIL en el aparato o de forma remota con SIMATIC PDM
- Reducción de la inductancia para aplicaciones Ex con LI = 0
- Tiempo de respuesta transitoria con tipo constructivo Presión T63 = 105 ms y con tipo constructivo Presión diferencial 135 ms
- Mínima desviación de la característica
- Escasa influencia de la temperatura
- Excelente estabilidad a largo plazo
- Alta calidad y vida útil
- Gran fiabilidad, incluso en aplicaciones con solicitaciones químicas y mecánicas extremadas
- Para gases, vapores y líquidos corrosivos y no corrosivos
- Extensas funciones de diagnóstico y simulación
- La célula de medida y la electrónica pueden cambiarse por separado sin posterior calibración
- Los elementos que entran en contacto con el fluido son de materiales de alta calidad (por ejemplo, acero inoxidable, Alloy, oro, Monel, tantalio)
- Alcances de medida ajustables gradualmente de 0,01 bar a 700 bar (de 0,15 psi a 10153 psi)
- Parametrización cómoda con 4 teclas integradas y vía interfaz HART

## Campo de aplicación

Los transmisores de presión SITRANS P320/P420 se pueden utilizar en sectores industriales con solicitaciones químicas y mecánicas extremas.

Los transmisores de presión pueden utilizarse en la zona 1 o en la zona 0 con la homologación Ex correspondiente.

Para aplicaciones especiales, tales como la medida de fluidos de alta viscosidad, los transmisores de presión son suministrables con diferentes tipos de sellos separadores.

El transmisor de presión puede programarse de forma local, usando las 4 teclas integradas, o desde el exterior vía la interfaz HART.

**Transmisores de presión relativa**

Magnitud medida:

- Presión relativa de gases, vapores y líquidos corrosivos y no corrosivos.

Alcance de medida (ajustable gradualmente)

- Para SITRANS P320/P420 con HART: 0,01 bar a 700 bar (0,15 psi a 10 153 psi)

Existen 2 series:

- Serie Presión relativa
- Serie Presión diferencial

**Transmisores de presión absoluta**

Magnitud medida:

- Presión absoluta de gases, vapores y líquidos corrosivos y no corrosivos.

## Datos técnicos

### SITRANS P320/SITRANS P420 para presión relativa (serie "Presión")

<b>Entrada</b>			
Magnitud medida	Presión relativa		
Alcance de medida (ajustable gradualmente) o rango de medida, presión de servicio máx. admisible (conforme a la Directiva de equipos a presión 2014/68/UE) y presión de prueba máx. admisible (conforme a DIN 16088) (con medición máx. de oxígeno de 100 bar/10 MPa/1450 psi y 60 °C (140 °F) de temperatura ambiente/temperatura del fluido medido)	Alcance de medida	Presión de servicio máxima admisible MAWP (PS)	Presión de prueba máxima admisible
	8,3 ... 250 mbar	4 bar	6 bar
	0,83 ... 25 kPa	0,4 MPa	0,6 MPa
	0,12 ... 3,6 psi	58 psi	87 psi
	0,01 ... 1 bar	6 bar	9 bar
	1 ... 100 kPa	0,6 MPa	0,9 MPa
	0,15 ... 14,5 psi	87 psi	130 psi
	0,04 ... 4 bar	20 bar	30 bar
	4 ... 400 kPa	2 MPa	3 MPa
	0,58 ... 58 psi	290 psi	435 psi
	0,16 ... 16 bar	45 bar	70 bar
	0,016 ... 1,6 MPa	4,5 MPa	7 MPa
	2,3 ... 232 psi	652 psi	1015 psi
	0,63 ... 63 bar	60 bar	120 bar
	0,063 ... 6,3 MPa	6 MPa	12 MPa
	9,1 ... 914 psi	1160 psi	1740 psi
	1,6 ... 160 bar	240 bar	380 bar
	0,16 ... 16 MPa	24 MPa	38 MPa
	23 ... 2321 psi	3480 psi	5511 psi
	4 ... 400 bar	400 bar	600 bar
	0,4 ... 40 MPa	40 MPa	60 MPa
	58 ... 5802 psi	5802 psi	8702 psi
	7 ... 700 bar	800 bar	800 bar
	0,7 ... 70 MPa	80 MPa	80 MPa
	102 ... 10153 psi	11603 psi	11603 psi
Limites de medida			
• Límite inferior de medida	En células de medida de 250 mbar/25 kPa/3,6 psi, el límite inferior de medición es de 750 mbar a/75 kPa a/10,8 psi a. La célula de medida es resistente al vacío hasta 30 mbar a/3 kPa a/0,44 psi a.		
- Célula de medida con relleno de aceite de silicón	30 mbar a/3 kPa a/0,44 psi a		
- Célula de medida con aceite de relleno inerte	30 mbar a/3 kPa a/0,44 psi a		
- Célula de medida con aceite de relleno conforme a FDA	100 mbar a/10 kPa a/1,45 psi a		
• Límite superior de medida	100% del alcance máximo (en medición de oxígeno máx. 100 bar/10 MPa/ 1450 psi y 60°C (140 °F) de temperatura ambiente/temperatura del fluido medido)		
• Inicio de medida	Ajustable gradualmente entre los límites de medida		
<b>Salida</b>		<b>HART</b>	
Señal de salida	4 ... 20 mA		
• Valor límite inferior de saturación (ajustable gradualmente)	3,55 mA, ajustado en fábrica a 3,8 mA		
• Valor límite superior de saturación (ajustable gradualmente)	22,8 mA, ajuste de fábrica de 20,5 mA u, opcionalmente, de 22,0 mA		
• Ondulación (sin comunicación HART)	$i_{pp} < 0,5\%$ de la corriente de salida máx.		
Atenuación ajustable	0 ... 100 s, ajustable gradualmente por mando remoto		
	0 ... 100 s, en escalones de 0,1 s, ajustable con el display		
• Emisor de corriente	3,55 ... 22,8 mA		
• Señal en caso de fallo	3,55 ... 22,8 mA		
Carga	Resistencia R [Ω]		
• Sin comunicación HART	R = (U <sub>1</sub> - 10,5 V)/22,8 mA, U <sub>1</sub> : Alimentación auxiliar en V		
• Con comunicación HART	R = 230 ... 1 100 Ω (comunicador HART (portátil)) R = 230 ... 500 Ω (SIMATIC PDM)		
Característica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lineal ascendente o lineal descendente</li> <li>Lineal ascendente o descendente o bien ascendente según una función de raíz (solo para presión diferencial y caudal)</li> </ul>		
Capa física del bus	-		
Insensible a la inversión de polaridad	-		

## 2-5: Transmisor de flujo FM MAG 5000.

MAG 5000/6000

**Sinopsis**

Transmisor MAG 5000/6000 en versión compacta (izda.) y versión de 19" (dcha.)

MAG 5000 y 6000 son transmisores diseñados para ofrecer un alto rendimiento, así como una puesta en servicio y un mantenimiento sin problemas. Los transmisores evalúan las señales de los sensores SITRANS FM de los tipos MAG 1100, MAG 1100 F, MAG 3100, MAG 3100 P y MAG 5100 W.

Tipos de transmisores:

- MAG 5000: Error de medición máx.  $\pm 0,4 \% \pm 1 \text{ mm/s}$  (incl. el sensor)
- MAG 6000: Error de medición máx.  $\pm 0,2 \pm 1 \text{ mm/s}$  (incl. el sensor; ver también las especificaciones del sensor). Características adicionales: módulos de bus del tipo "Plug & Play"; funciones de lotes integradas.

**Beneficios**

- Excelente resolución de señales para una relación caudal máx./mín. óptima
- Procesamiento de señales digitales con muchas posibilidades
- Fácil puesta en servicio gracias a la lectura automática de los datos almacenados en el SENSORPROM
- Menú de servicio configurable por el usuario con protección por contraseña
- Display con 3 líneas de 20 dígitos, en 11 idiomas
- Tasa del caudal en diferentes unidades
- Contador de alimentación, retorno y caudal neto y muchas otras informaciones
- Salidas de funciones múltiples para control del proceso, configuración mínima con salida analógica, de impulsos/frecuencia y de relé (estado, sentido de flujo, límites)
- Extensas funciones de autodiagnóstico para reconocer y registrar errores (ver "Diagnóstico SITRANS FM")
- Modo de operación orientado a lotes (sólo MAG 6000)
- Homologado para transacciones con verificación (transferencia de custodia): MI-001 para agua fría, PTB K 7.2 y OE12/C 040 para agua enfriada
- MAG 6000 con módulos de bus adicionales para HART, FOUNDATION Fieldbus H1, DeviceNet, Modbus RTU/RS 485, PROFIBUS PA y DP

**Campo de aplicación**

Los caudalímetros SITRANS FM son aptos para medir casi todos los líquidos conductores de electricidad, pastas y lodos. Se aplican en primer lugar en los siguientes sectores:

- Aguas y aguas residuales
- Industria química y farmacéutica
- Industria alimenticia y de bebidas
- Producción de energía y suministro de energía

**Diseño**

El transmisor está diseñado con carcasa IP67 NEMA 4X/6 para el montaje compacto o en pared, o en la versión de 19", como módulo insertable de 19", para los modos de instalación siguientes:

- Rack de 19"
- Montaje en panel frontal IP65/NEMA 2
- Montaje en panel IP20/NEMA 1
- Montaje en pared IP66/NEMA 4X

En la versión de 19" hay varias opciones a la disposición:

- Transmisor para caudalímetros homologados según Ex ATEX, montados en una zona segura (con barreras)
- Transmisor con unidad de limpieza de electrodos opcional

## Datos técnicos

### Modo de operación y diseño

Principio de medición	Electromagnético con campo continuo pulsante
Tubo vacío	Detección de tubo vacío (en caso de sistemas montados por separado se requiere un cable especial)
Frecuencia de excitación	Según el tamaño del sensor
Impedancia de entrada del electrodo	$> 1 \times 10^{14} \Omega$

### Entrada

Entrada digital	11 ... 30 V DC, $R_i = 4, 4 \text{ k}\Omega$
• Tiempo de activación	50 ms
• Corriente	$I_{15 \text{ V DC}} = 2,5 \text{ mA}$ , $I_{30 \text{ V DC}} = 7 \text{ mA}$

### Salida

Salida de corriente	0 ... 20 mA o 4 ... 20 mA
• Rango de señal	$< 800 \Omega$
• Carga	0,1 ... 30 s, ajustable
• Constante de tiempo	
Salida digital	0 ... 10 kHz, 50 % del ciclo de trabajo (un/bidireccional)
• Frecuencia	24 V DC, 30 mA, $1 \text{ k}\Omega \leq R_i \leq 10 \text{ k}\Omega$ , protegido contra cortocircuito (alimentado desde el caudalímetro)
• Impulso (activo)	3 ... 30 V DC, máx. 110 mA, $200 \Omega \leq R_i \leq 10 \text{ k}\Omega$ (alimentado desde un equipo conectado)
• Impulso (pasivo)	0,1 ... 30 s, ajustable
• Constante de tiempo	
Salida de relé	Relé de inversión, como la salida de corriente
• Constante de tiempo	
• Carga	42 V AC/2 A, 24 V DC/1 A

**Corte por bajo caudal** 0 ... 9,9 % del caudal máximo

**Aislamiento galvánico** Todas las entradas y salidas están aisladas galvánicamente

**Error de medición máx. (incl. sensor y cero) (para ver especificaciones de precisión detalladas, consulte "Información del sistema")**

• MAG 5000	$\pm 0,4 \% \pm 1 \text{ mm/s}$
• MAG 6000	$\pm 0,2 \% \pm 1 \text{ mm/s}$

### Condiciones nominales de aplicación

Temperatura ambiente	
• Funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Versión de display: -20 ... +60 °C (-4 ... +140 °F)</li> <li>Versión sin display: -20 ... +60 °C (-4 ... +140 °F)</li> <li>Versión para transacciones con verificación (transferencia de custodia) (CT): -20 ... +50 °C (-4 ... +122 °F)</li> </ul>
• Almacenamiento	-40 ... +70 °C (-40 ... +158 °F)

### Carga mecánica (vibración)

Versión compacta	18 ... 1000 Hz, 3,17 g RMS, sinusoidal en todos los sentidos según IEC 68-2-36
Módulo insertable de 19"	1 ... 800 Hz, 1 G, sinusoidal en todos los sentidos según IEC 68-2-36

### Grado de protección

Versión compacta	IP67/NEMA 4X/6 según IEC 529 y DIN 40050 (1 mH <sub>2</sub> O 30 min.)
Módulo insertable de 19"	IP20/NEMA 1 según IEC 529 y DIN 40050

**Compatibilidad electromagnética** IEC/EN 61326-1 (todas las zonas)  
IEC/EN 61326-2-5

### Display y teclado

Totalizador	Dois contadores de ocho dígitos para caudal de avance, neto o de retorno
-------------	--

### Display

Iluminación de fondo con texto alfanumérico, 3 y 30 caracteres para indicar el caudal, los valores acumulados, los ajustes y los errores. El caudal de retorno se indica con el signo menos.

**Constante de tiempo** Constante de tiempo como constante de tiempo de salida de corriente

### Diseño

Material de la carcasa	Poliamida reforzada con fibra de vidrio; acero inoxidable AISI 316/1.4436 (IP65)
• Versión compacta	
• Módulo insertable de 19"	Inserto estándar de 19" en aluminio/acero (DIN 41494), anchura: 21 UM, altura: 3 HE IP20/NEMA 1; aluminio IP20/NEMA 1 (preparado para IP65/NEMA2/adaptador de display); plástico ABS IP66/NEMA 4X; plástico ABS
• Montaje en panel posterior	
• Montaje en panel	
• Montaje en pared	

### Dimensiones

• Versión compacta	Ver los croquis acotados
• Módulo insertable de 19"	Ver los croquis acotados

### Peso

• Versión compacta	0,75 kg (2 lbs)
• Módulo insertable de 19"	Ver los croquis acotados

### Alimentación

- 115 ... 230 V AC +10 % -15 %, 50 ... 60 Hz
- 11 ... 30 V DC o 11 ... 24 V AC

### Consumo de potencia

- 230 V AC: 17 VA
- 24 V AC: 9 VA,  $I_{10} = 380 \text{ mA}$ ,  $I_{10} = 8 \text{ A}$  (30 ms)
- 12 V DC: 11 W,  $I_{10} = 920 \text{ mA}$ ,  $I_{10} = 4 \text{ A}$  (250 ms)
- 24 V DC: 8,4 VA,  $I_{10} = 350 \text{ mA}$ ,  $I_{10} = 4 \text{ A}$  (10 ms)
- $I_{10} = 4 \text{ A}$  (250 ms): Con paneles solares debe garantizarse una alimentación estable

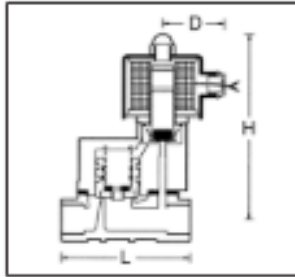
### Certificados y homologaciones

Uso general	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CE (LVD, EMC, DEP, RoHS)</li> <li>• UL (c-UL-us)</li> </ul>
Atmósferas potencialmente explosivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FM, CSA</li> <li>- NI Clase I, Div. 2, Grupos A, B, C, D</li> </ul>
Transacciones con verificación (transferencia de custodia)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua fría: MI-001</li> <li>• Agua entibada: - PTB K 7.2 (Alemania)</li> <li>- CE 12/C 040 (Austria)</li> </ul>
Instalaciones marítimas (solo para versión separada con MAG 5100 W, DN 50 ... DN 300)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ABS</li> <li>• Bureau Veritas</li> <li>• DNV-GL</li> <li>• Lloyd's Register</li> </ul>
Otros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CPA (China)</li> <li>• EAC (Rusia, Bielorusia, Kazajistán)</li> <li>• KCs (Corea del Sur)</li> </ul>

### Comunicaciones

Estándar	
• MAG 5000	HART 5.2 opcional
• MAG 6000	Módulos adicionales opcionales
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HART 5.2</li> <li>• Modbus RTU/RS 485</li> <li>• FOUNDATION Fieldbus H1</li> <li>• DeviceNet</li> <li>• PROFIBUS PA</li> <li>• PROFIBUS DP</li> </ul>

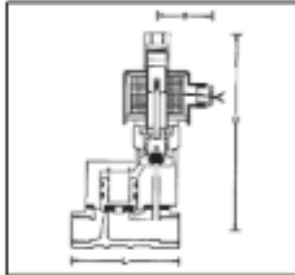
## 2-6: Válvula solenoide ss316.

**SUS Series**

1. SUS series is multiplex-drive, piston guide,conductive normal close.
2. Valve body made of investment casting S/S 316.
3. Standard voltage: 110VAC / 220VAC / 24VDC
5. Other special AC/DC can be made to client's order.
6. Screwed end: BSPT , NPT , BSP.
7. The standard product fluid temperature is 185°C(PTFE).
8. Applicable for working in high frequency movement location.
9. AC Voltage tolerance:  $\pm 10\%$  .  
DC Voltage tolerance:  $\pm 1\%$ .

MATERIAL	
PARTS	MATERIAL
Body	CF8M
Coil	Special Copper Wire (H)
Core	Stainless Steel
Tube	Stainless Steel
Spring	Stainless Steel
Plug	PTFE
Bosses/Nut	PTFE
Piston	#316

DEN	MODEL	PIPE SIZE	Cv	ORIFICE	FLUID TEMP. °C	MAX. OPERATING PRESSURE DIFF. KGF/CM <sup>2</sup>				DIMENSION(mm)			WEIGHT (kg)
						WATER	AIR	STEAM	LIGHT OIL	L	H	D	
●	SUS-15#316	1/2"	4.0	17 mm	-5C ~ 185C	0.5-10	0.5-10	0.5-10	0.5-10	82	120	48	1.4
●	SUS-20#316	3/4"	5.0	17 mm	-5C ~ 185C	0.5-10	0.5-10	0.5-10	0.5-10	82	120	48	1.5
●	SUS-25#316	1"	12	22 mm	-5C ~ 185C	0.5-10	0.5-10	0.5-10	0.5-10	100	134	48	1.8
●	SUS-35#316	1 1/4"	18	30 mm	-5C ~ 185C	0.5-10	0.5-10	0.5-10	0.5-10	125	138	48	2.8
●	SUS-40#316	1 1/2"	22	30 mm	-5C ~ 185C	0.5-10	0.5-10	0.5-10	0.5-10	125	146	48	2.9
●	SUS-50#316	2"	48	50 mm	-5C ~ 185C	0.5-10	0.5-10	0.5-10	0.5-10	168	173	48	5.8

**SUS-NO Series**

1. SUS-NO series is multiplex-drive, piston guide, conductive normal open.
2. Valve body made of cast bronze.
3. Standard voltage: 110VAC / 220VAC / 24VDC
5. Other special AC/DC can be made to client's order.
6. Screwed end: BSPT , NPT , BSP.
7. The standard product fluid temperature is 185°C(PTFE).
9. Applicable for working in high frequency movement location.
10. AC Voltage tolerance:  $\pm 10\%$  .  
DC Voltage tolerance:  $\pm 1\%$ .

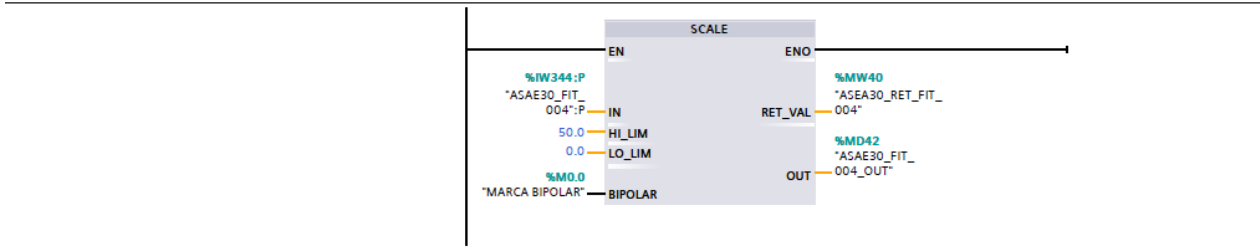
MATERIAL	
PARTS	MATERIAL
Body	CF8M
Coil	Special Copper Wire (H)
Core	Stainless Steel
Tube	Stainless Steel
Spring	Stainless Steel
Plug	PTFE

DEN	MODEL	PIPE SIZE	Cv	ORIFICE	FLUID TEMP. °C	MAX. OPERATING PRESSURE DIFF. KGF/CM <sup>2</sup>				DIMENSION(mm)			WEIGHT (kg)
						WATER	AIR	STEAM	LIGHT OIL	L	H	D	
	SUS-15-NO	1/2"	4.0	17 mm	-5C ~ 185C	0.5-10	0.5-10	0.5-10	0.5-8	82	120	48	1.4
	SUS-20-NO	3/4"	5.0	17 mm	-5C ~ 185C	0.5-10	0.5-10	0.5-10	0.5-8	82	120	48	1.5
	SUS-25-NO	1"	12	22 mm	-5C ~ 185C	0.5-10	0.5-10	0.5-10	0.5-8	100	134	48	1.8
	SUS-35-NO	1 1/4"	18	30 mm	-5C ~ 185C	0.5-10	0.5-10	0.5-10	0.5-8	125	138	48	2.8
	SUS-40-NO	1 1/2"	22	30 mm	-5C ~ 185C	0.5-10	0.5-10	0.5-10	0.5-8	125	146	48	2.9
	SUS-50-NO	2"	48	50 mm	-5C ~ 185C	0.5-8	0.5-8	0.5-8	0.5-8	168	173	48	5.8

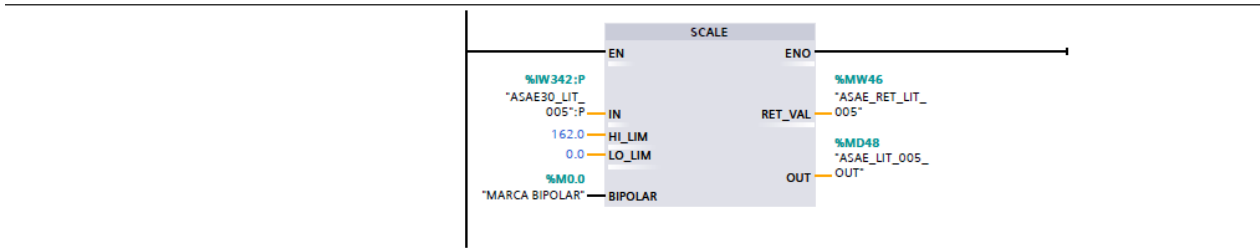
- ⚠ SUS-SUS-NO Not for Fluid Of :
1. Liquid Status When Heat , Solid Status When Cool.
  2. Viscosity Over 20 cst.
  3. Corrosive Fluid

Anexo 2-6: Bloques de programación Tia Portal

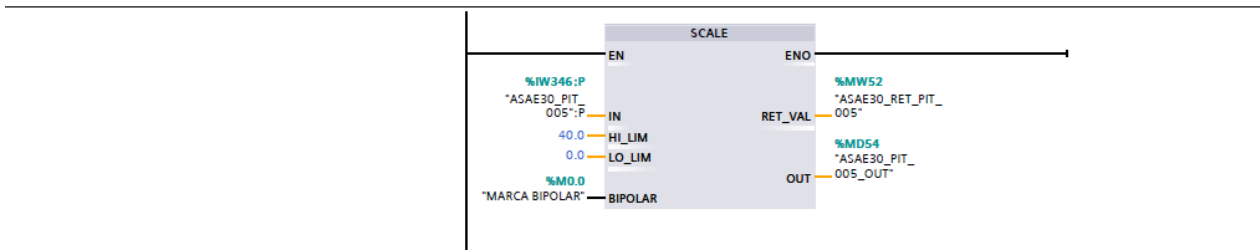
Network 1: SENSOR DE FLUJO ACEITE SAE30

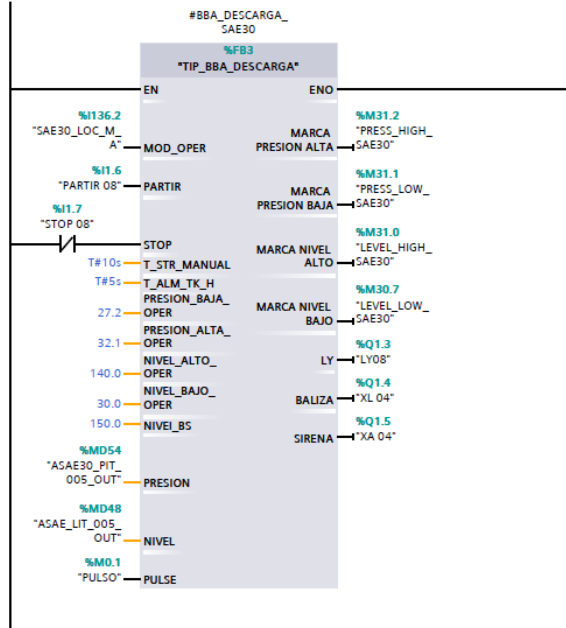


Network 2: SENSOR DE NIVEL ACEITE SAE30

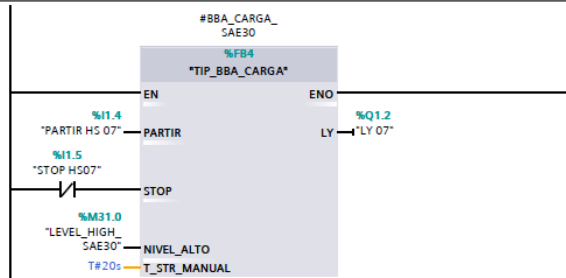


Network 3: SENSOR DE PRESION ACEITE SAE30

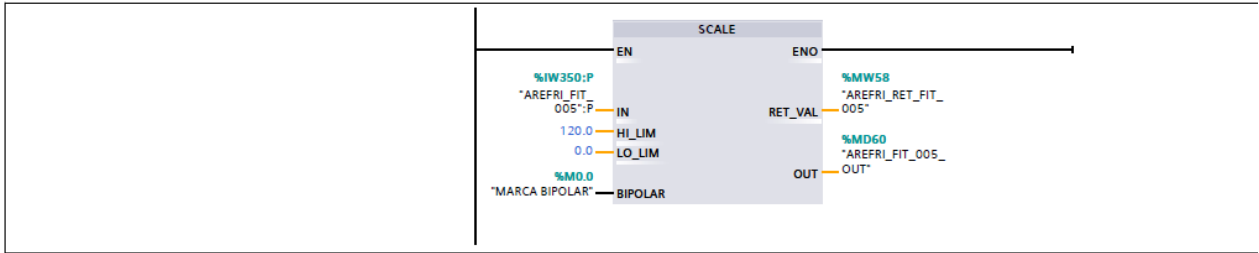




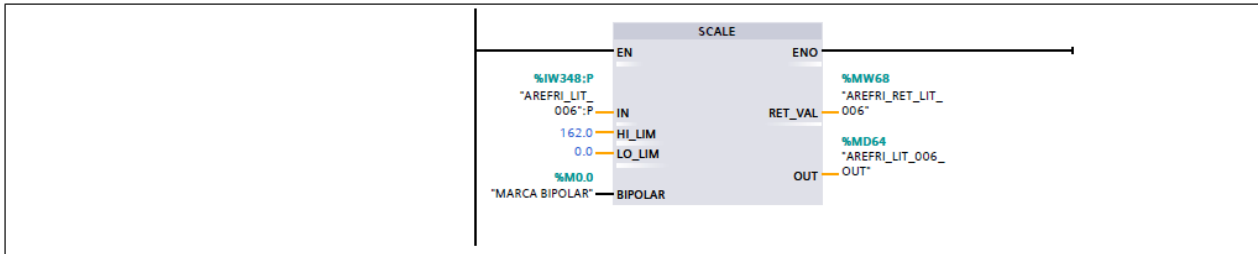
Network 5: LOGICA DE CARGA ESTANQUE SAE30



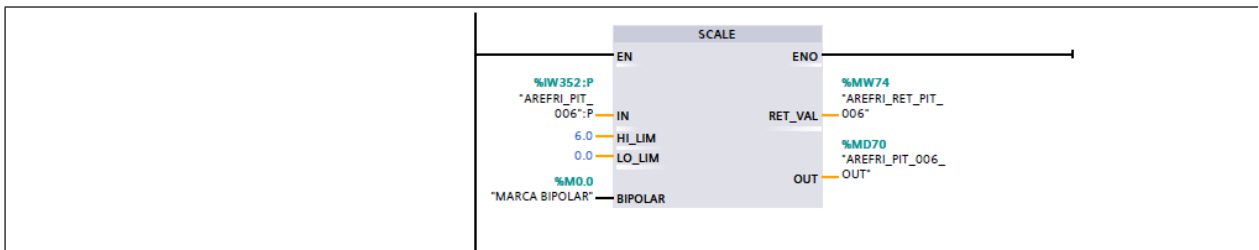
Network 1: SENSOR DE FLUJO ACEITE REFRIGERANTE

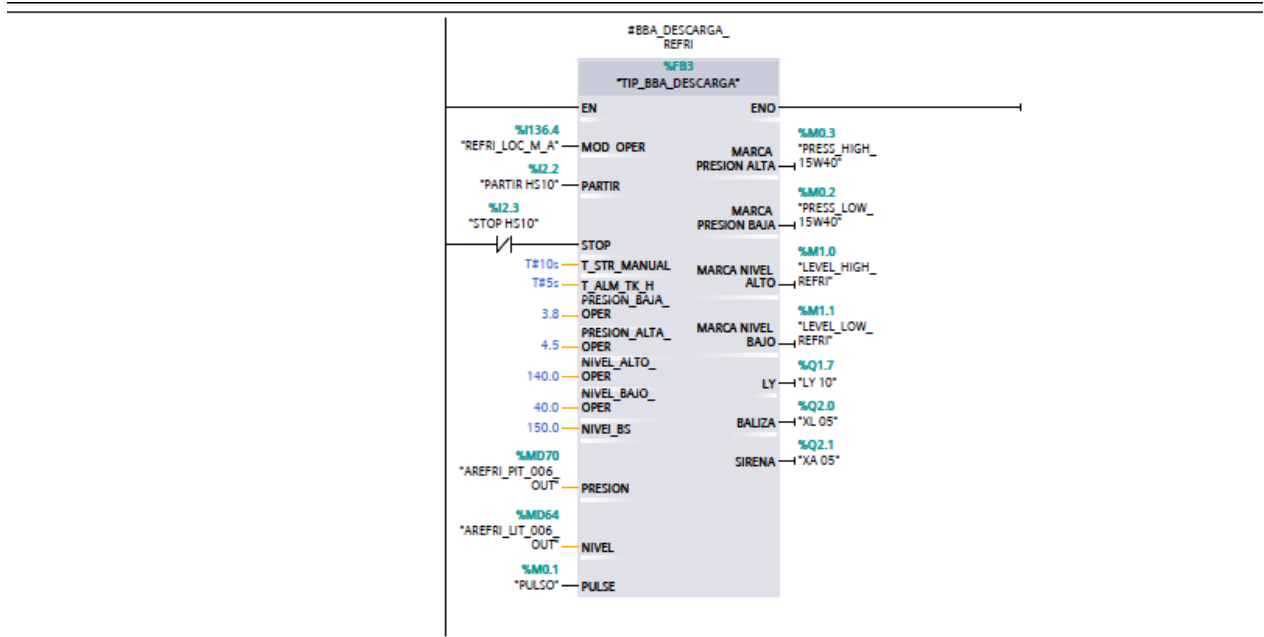


Network 2: SENSOR DE NIVEL ACEITE REFRIGERANTE

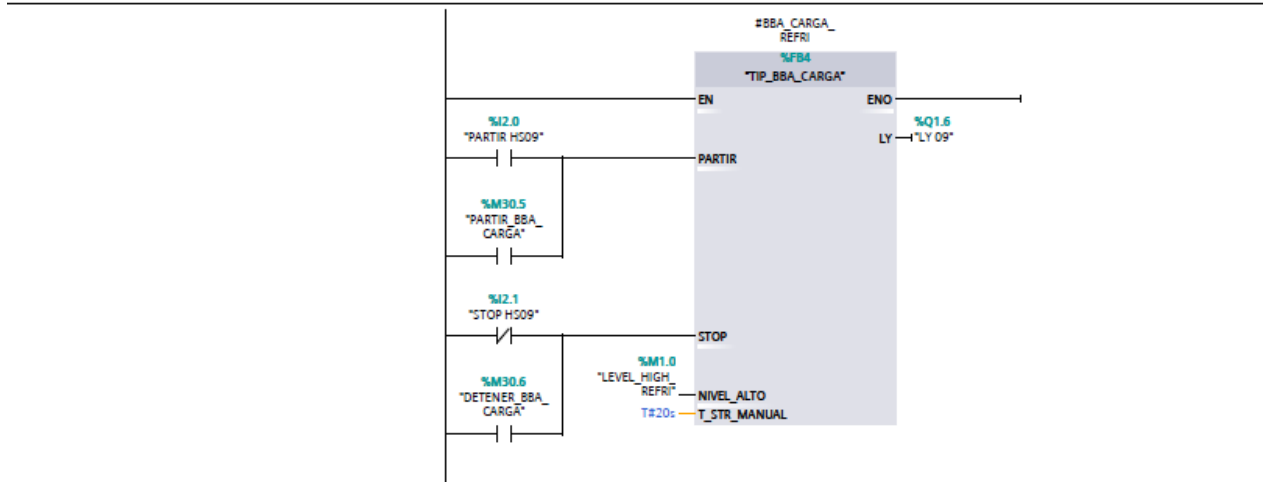


Network 3: SENSOR DE PRESION ACEITE SAE30





Network 5: BOMBA DE CARGA REFRIGERANTE



Anexo 3-2: Costos de materiales de montaje y ferretería.



Gabinete Tablero  
Metálico 1 Puerta  
800X600X300 IP65  
**\$314.634**



-45%

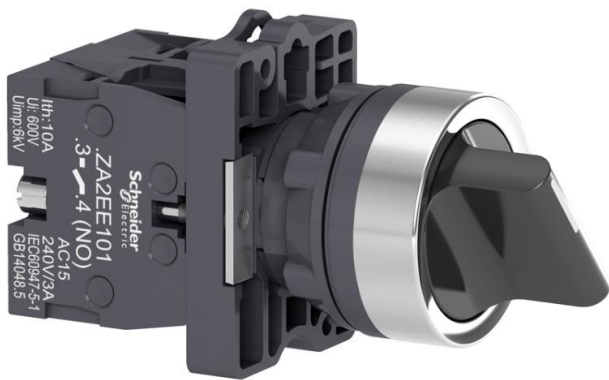
CÓDIGO 0710722030

**Piloto Led 22mm Rojo 220v**  
RED CONTROL

**\$1.376** IVA Incluido

Precio Exclusivo

~~\$2.503~~



SCHNEIDER ELECTRIC

SELECTOR MET 22 MM 3 POSICIONES 2NO  
NEGRO CON MANETA LARGA 2758059  
Schneider Electric

Código Dartel: 2758059

Código de proveedor: XA2ED33

**\$14.573**

- 1 UNIDAD +



Agregar al carrito

Agregar al cotizador

SELECTOR MET 22 MM 3 POSICIONES 2NA NEGRO



SCHNEIDER ELECTRIC  
PULSADOR RASANTE LUMINOSO 220 V AC  
1NO ROJO 2759459 Schneider Electric

Código Dartel: 2759459

Código de proveedor: XA2EW34M1

\$11.875

- 1 UNIDAD +

Agregar al carrito



Agregar al cotizador



SCHNEIDER ELECTRIC  
PULSADOR RASANTE LUMINOSO 220V AC  
1NO VERDE 2759359 Schneider Electric

Código Dartel: 2759359

Código de proveedor: XA2EW33M1

\$11.875

- 1 UNIDAD +

Agregar al carrito



Agregar al cotizador



SCHNEIDER ELECTRIC  
PARADA EMERGENCIA ARM SETA GIRDES  
RO22mmNCPLAS 2751659 Schneider Electric

Código Dartel: 2751659

Código de proveedor: XB5AS8442

\$32.926

- 1 UNIDAD +

Agregar al carrito



Agregar al cotizador

PARADA EMERGENCIA ARM SETA GIR/DES RO22mmNCPLAS



BORNE PORTA FUSIBLE LIBRE/M 2.5 MM<sup>2</sup> 5X20 ZTRK  
2.5 BEIGE

SKU 33098302CC

\$ 1.735  
IVA Incluido



Borne porta fusible libre mantención 2.5 mm<sup>2</sup> 5x20 ZTRK 2.5 beige

Cantidad

1

Comprar

Cotizar

Sin stock web, consulta directo a nuestro Whatsapp

Compartir



El stock reflejado para cada artículo es solo informativo



SCHNEIDER ELECTRIC

INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO ACTI 9  
IC60N, 2P, 16A, CURVA C, 10KA 7721659  
Schneider Electric

Código Dartel: 7721659

Código de proveedor: A9F77216

\$37.969

- 1 UNIDAD +

Agregar al carrito

Tienes dudas? conversa con en vivo.

Agregar al cotizador

INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO ACTI 9 IC60N, 2P, 16A, CURVA C, 10KA



Schneider

Interruptor Automatico 1 x 10A Easy9 Curva C Schneid

SKU 468351

Precio Internet: \$2.343

Cantidad

1

Comprar

Cotizar

✓ Stock Disponible



Schneider

Interruptor Automatico 1 x 6A Easy9 Curva C

SKU 468350

Precio Internet: \$2.343

Cantidad

1

Comprar

Cotizar

✓ Stock Disponible

Compartir





NDR-240-24 MEAN WELL

## Fuente de poder 220V AC a 24V DC 10A 240W (para riel DIN) NDR-240-24 Mean Well

\$84.000 IVA incluido

CANTIDAD



Imagen representativa de la categoría únicamente

Volver a intentar más tarde

Vuelva a verificar más tarde.

\$ 1.408.740 Each (Sin IVA)

\$ 1.676.401 Each (IVA Incluido)

1

Agregar a carro de compra

★ Agregar a la lista de productos

## SIMATIC S7, STEP 7 BASIC V17 TIA PORTAL

491.28 €

594,45 € Impuestos incluidos

CONSULTAR

SIMATIC STEP 7 Basic V17; software de ingeniería en TIA Portal; SW y documentación en DVD;

Cantidad



SKU 0016606381

## Cable Control Apantallado 5G1.5mm<sup>2</sup> F-CY-JZ Gris

HELUKABEL

Descargar Ficha Técnica en PDF

\$2.882 IVA Incluido

Precio Exclusivo Internet

\$5.240



Cable Libre de Halogeno H07Z1-K 2.5 mm2 450/750KV Verde (Rollo 50 mts)

SKU 610537

Precio Internet: **\$21.208**

Cables RCL1



Cable Libre de Halogeno H07Z1-K 2.5 mm2 450/750KV Blanco (Rollo 50 mts)

SKU 610536

Precio Internet: **\$21.208**



Cable Libre de Halogeno H07Z1-K 2.5 mm2 450/750KV Rojo (Rollo 50 mts)

SKU 610535

Precio Internet: **\$21.208**



Comdiel

**Cable Fibra Óptica Multimodo Exterior 6 Fibras OM1 LSZH**  
**\$668**



## VÁLVULA SOLENOIDE

CÓDIGO : S0082022

10 bar máximo. Acero inox. 1/2 BSP

Precio:

~~\$122.086~~

Precio Internet:

**\$103.773**



TRANSFORMADOR CONTROL NDK-1000,1000VA, 230/24V AC, IP00

SKU 29102100CH

**\$ 126.232**  
IVA Incluido



Transformador control 1000VA, 230/24VAC, IP00

Cantidad

1

Comprar

Cotizar

✓ Stock Disponible

Compartir

