

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
PROTECCIÓN, CONTROL Y MONITOREO DEL SISTEMA DE
LUBRICACIÓN DEL MOLINO DE BOLAS HARDINGE 14´x24´ EN
PLANTA CONCENTRADORA DE CIA MINERA CASAPALCA”**

TESIS

PRESENTADA POR:

WILLIAM ANIBAL GUILLEN MONTALVO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PUNO – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
SISTEMAS****ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA****DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PROTECCIÓN, CONTROL
Y MONITOREO DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DEL MOLINO DE
BOLAS HARDINGE 14'x24' EN PLANTA CONCENTRADORA DE CIA
MINERA CASAPALCA****PRESENTADA POR:****WILLIAM ANIBAL GUILLEN MONTALVO****PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:****INGENIERO ELECTRÓNICO****APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:****PRESIDENTE:**
M.Sc. GUIDO HUMBERTO CAYO CABRERA**PRIMER MIEMBRO:**
M.Sc. EDWIN WILBER CHAMBI MAMANI**SEGUNDO MIEMBRO:**
Ing. JESÚS VIDAL LÓPEZ FLORES**DIRECTOR / ASESOR:**
Dr. MARCO ANTONIO QUISPE BARRA**TEMA: Instrumentación y control de procesos.****ÁREA: Automatización e instrumentación.****FECHA DE SUSTENTACIÓN 11 DE DICIEMBRE DEL 2019**

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

AGRADECIMIENTO

En estas líneas quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles, alegres, y tristes. Estas palabras son para ustedes. A mis padres por todo su amor, comprensión y apoyo, pero sobre todo gracias infinitas por la paciencia que me han tenido. No tengo palabras para agradecerles las incontables veces que me brindaron su apoyo en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, unas buenas, otras malas. Gracias por darme la libertad de desenvolverme como ser humano

No puedo dejar de agradecerte especialmente a ti Rosy, mi compañera de vida por el apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

Índice de figuras.....	8
Índice de tablas	11
Índice de acrónimos	12
Resumen.....	13
Abstract	14
CAPÍTULO I	15
Introducción	15
1.1. Planteamiento del problema.....	16
1.2. Hipótesis general.....	17
1.3. Hipótesis específicas.....	17
1.4. Objetivo general.....	17
1.5. Objetivos específicos	17
CAPÍTULO II.....	19
Revisión de literatura	19
2.1. Antecedentes del proyecto	19
2.2. Molinos	22
2.2.1. Molinos de bolas.....	24
2.3. Sistema de lubricación	25
2.4. Bomba de engranaje.....	28
2.5. Automatización.....	28
2.5.1. Sistemas en lazo abierto y lazo cerrado.....	28
2.5.2. Autómata programable (plc).....	31
2.5.3. Controladores programables allen-bradley.....	32
2.5.4. Arquitectura de control	33
2.5.5. Buses de campo	35
2.5.6. Ventajas y desventajas del plc	36

2.5.7.	Hmi - interfaz hombre maquina	38
2.5.8.	Swith ethernet	39
2.5.9.	Sensor de presión industrial.....	40
2.5.10.	Sensor de temperatura industrial.....	42
2.5.11.	Sensor de medición de flujo.....	46
2.6.	Software	47
2.6.1.	Rslogix5000 ®.....	47
2.6.2.	Lenguaje ladder	48
2.6.3.	Factorytalk ® view studio for machine edition	50
CAPÍTULO III.....		52
Materiales y métodos		52
3.1	Listado de materiales hardware y software.....	52
3.2	Diseño, nivel y tipo de la investigación	55
3.2.1	Diseño de la investigación.....	55
3.2.2	Nivel de la investigación	55
3.2.3	Población y muestra	55
3.3	Ubicación y descripción de la investigación.....	57
CAPÍTULO IV		61
Resultados y discusión.....		61
4.1	Proceso de diseño.....	61
4.1.1	Plan del proyecto	64
4.1.2	Diagrama de procesos.....	64
4.2	Estructura de la automatización.....	65
4.3	Sistema de lubricación	66
4.3.1	Tnque de aceite.....	66
4.3.2	Sistema de lubricación de trunnions y chumaceras (baja presión).....	67
4.3.3	Sistema de lubricación de alta presión	69

4.3.4	Enclavamiento para el arranque del molino:	70
4.3.5	Enclavamiento para la parada del molino:	71
4.4	Human-machine interface (hmi).....	72
4.4.1	Scada molino parado	72
4.4.2	Scada molino arrancado	81
4.4.3	Scada de lubricación y enfriamiento	88
4.4.4	Arranque de motores de bombas	89
4.4.5	Scada complementarias	90
4.5	Almacenamiento de datos del sistema	90
4.6	Historial de variables de procesos	92
4.7	Discusión	96
	CONCLUSIONES	99
	RECOMENDACIONES.....	101
	REFERENCIAS.....	102
	ANEXOS	106
	Anexo A - Listado de señales y actuadores	106
	Anexo B – Especificaciones de modulos.....	109
	Anexo C – Especificaciones panel view	120
	Anexo D – Switch industrial.....	121
	Anexo E – Switch industrial	124
	Anexo F – Flujometro.....	126
	Anexo G – Sensor de temperatura	128
	Anexo H – Factorytalk animaciones.....	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Molino en operación.....	24
Figura 2.2: Molino de bolas.....	25
Figura 2.3: Vista microscópica de la rugosidad de las superficies.	26
Figura 2.4: Bomba de engranaje para lubricación.	28
Figura 2.5: Modelo de sistema de control en lazo abierto.	29
Figura 2.6: Modelo de sistema de control en lazo cerrado.	31
Figura 2.7: Sistema de control distribuido.....	35
Figura 2.8: HMI terminal gráfico.	39
Figura 2.9: Switches no gestionados.....	40
Figura 2.10: Sensor de presión industrial.	41
Figura 2.11: Principio de funcionamiento Sensor de presión.	41
Figura 2.12: Sensor de temperatura industrial.	43
Figura 2.13: RTD Principio de funcionamiento.	44
Figura 2.14: Termocupla principio de funcionamiento.	44
Figura 2.15: RTD VS Termocupla.	45
Figura 2.16: Flujometro industrial.	46
Figura 2.17: Flujometro industrial principio de funcionamiento.....	47
Figura 2.18: Pantalla de inicio del RSLogix5000.....	48
Figura 2.19: Entorno de programación en lenguaje Ladder.	49
Figura 2.20: Pantalla de inicio de FactoryTalk.....	51
Figura 3.1: Molino Hardinge y Molino Allis Challmer.....	57
Figura 3.2: Ubicación de la planta concentradora.	58
Figura 3.3: Ruta para llegar a planta concentradora.	58
Figura 3.4: Etapas del procesamiento de mineral.	59

Figura 3.5: Diagrama de flujo de las etapas del procesamiento de mineral.	60
Figura 4.1: Diagrama de la temperatura de viscosidad según los grados de viscosidad de la ISO.	62
Figura 4.2: Diagrama de procesos.	65
Figura 4.3: Estructura de la Automatización.	66
Figura 4.4: SCADA Pantalla principal Molino parado.....	72
Figura 4.5: Pantalla de lubricación del molino.	74
Figura 4.6: Diagrama de flujo sistema baja y alta,	75
Figura 4.7: Pantalla de Sistema de lubricación.....	77
Figura 4.8: Pantalla de diagnóstico.....	78
Figura 4.9: Pantalla de Alarmas.....	79
Figura 4.10: Pantalla de alarmas y eventos.....	80
Figura 4.11: Pantalla principal molino arrancado.....	81
Figura 4.12: Pantalla de Lubricación.	82
Figura 4.13: Pantalla de tendencias.	83
Figura 4.14: Pantalla con Interlock habilitado.....	84
Figura 4.15: Pantalla de alarmas sin problemas.	85
Figura 4.16: Pantalla de Configuración de parámetros.....	86
Figura 4.17: Pantalla de alarma y eventos del sistema de protección.....	87
Figura 4.18: Sistema de lubricación.	88
Figura 4.19: Detalle de motor habilitado.	89
Figura 4.20: Sistema de engrase.	90
Figura 4.21: FactoryTalk Pantalla DataLog.	91
Figura 4.22: Archivo de Base de datos.	91
Figura 4.23: Base de datos en Access.....	92

Figura 4.24: Exportando Base de datos de Access a Excel.	92
Figura 4.25: Grafica en Excel de la temperatura de la chumacera en un día.....	93
Figura 4.26: Grafica en Excel de la temperatura de la chumacera en un mes.	94
Figura 4.27: Grafica en Excel de la temperatura del aceite en el tanque en un día.	95
Figura 4.28: Grafica en Excel de la temperatura del aceite en el tanque en un mes.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Materiales para tablero.	52
Tabla 3.2: Materiales para instrumentación.....	53
Tabla 3.3: Materiales eléctricos.....	54
Tabla 3.4: Software Usado.....	54
Tabla 4.1: Clasificación de viscosidad de acuerdo a la norma ISO 3448.....	63
Tabla 4.2: Parámetros de variables de proceso.....	87

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

HMI:	(Human Machine Interface o Interfaz Hombre - Máquina)
HPHMI:	(High Performance Human-Machine Interface)
PLC:	(Programmable Logic Controller o Controlador Lógico Programable)
NEMA:	(National Electrical Manufacturers Association o Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos)
RTD:	(Resistance Temperature Detector o Detector de Temperatura Resistivo)
IP:	(Internet Protocol o protocolo de internet)
ISA:	(Instrument Society of America)
DIN:	(Deutsches Institut für Normung o Instituto Aleman de Normalizacion)
ANSI:	(American National Standards Institute o Instituto Nacional Estadounidense de Estándares)
DP:	(Differential Pressure o Presión Diferencial)
SFK:	(Svenska Kullagerfabriken o Fábrica Sueca de Rodamientos)

RESUMEN

La importancia de la lubricación y enfriamiento entre las partes metálicas rotatorias de un molino es crucial ya que este podría conllevar a una parada intempestiva del molino y el tiempo que puede tomarse para dar solución podría alargarse dependiendo de la gravedad, diseñar e implementar un sistema protección, control y monitoreo del sistema de lubricación del molino, identificar las diferentes variables que intervienen en el proceso, así como la tecnología adecuada para la automatización, Diseñar un Scada y base de datos, que permita al especialista un mejor control y monitoreo de las variables del proceso, Implementar un control de temperatura del aceite de lubricación usando un CompactLogix L30ER con el software RSLogix5000. Se realizó una investigación del nivel exploratorio y el diseño de investigación es experimental. Se diseñó un sistema de protección, control y monitoreo del sistema de lubricación del molino de bolas Hardinge el cual acciona una alarma o puede parar la operación del molino, se describió el sistema actual, identificando las diferentes variables que intervienen en el proceso las cuales son el flujo, presión y temperatura, se seleccionó la tecnología adecuada para la automatización, se diseñó una Scada y base de datos, que permita al especialista un mejor control y monitoreo de las variables del proceso, se logró tener un mejor control de temperatura del aceite de lubricación usando controlador lógico programable CompactLogix L30ER con el software RSLogix5000.

Palabras Clave: Molino de bolas, Sistema de lubricación, SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos), Automatización.

ABSTRACT

The importance of lubrication and the limitation between the rotating metal parts of a mill is crucial, since this could imply an untimely stop of the mill and the time it can take to give a solution could be extended from gravity, design and implement a system of protection, control and monitoring of the lubrication system of the mill, identify the different variables involved in the process, as well as the appropriate technology for automation, Design a Scada and database, which allows the specialist a better control and monitoring of process variables, Implement a lubrication oil temperature control using a CompactLogix L30ER with RSLogix5000 software. An exploratory level investigation was conducted and the research design is experimental. A system of protection, control and monitoring of the lubrication system of the Hardinge ball mill was designed which triggers an alarm or can stop the operation of the mill, the current system is described, identifying the different variables involved in the process which are the flow, pressure and temperature, select the appropriate technology for automation, design a Scada and database, allow the specialist a better control and monitoring of the process variables, have a better control of lubrication oil temperature using programmer logic controller CompactLogix L30ER with RSLogix5000 software.

Keywords: Ball Mill, Lubrication System, SCADA (Supervision, Control and Data Acquisition), Automation

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En años recientes hemos sido testigos del aumento y crecimiento de las diferentes plantas concentradoras en la industria de la minería de nuestro país debido a la facilidad del proceso de producción y la buena rentabilidad. Actualmente hay una gran competencia entre las plantas de producción y los clientes tienen una buena cantidad de opciones para escoger, de acuerdo con el menor costo y mejor calidad del producto.

Con la finalidad de procesar más tonelaje de mineral se adquiere un molino de bolas de mayor capacidad. El cual viene con un sistema de lubricación con pocas protecciones lo cual puede provocar daños muy graves en las chumaceras del molino de bolas.

Por lo descrito anteriormente tenemos fuertes iniciativas que impulsan y justifican la necesidad de implementar este proyecto de investigación:

- El sistema de lubricación del molino de bolas Hardinge 14'x24' en Planta concentradora de CIA MINERA CASAPALCA no está automatizado, ya que, no se tiene protecciones, control ni monitoreo de las variables del proceso.
- El proceso no va de la mano con la tecnología actual, ya que, en distintas partes de la planta ya se tiene sistemas automatizados en los cuales se usan sensores, controladores lógicos programables, pantallas HMI y actuadores los cuales ayudan a tener protección, control y monitoreo de los sistemas.

- La obtención de datos es dificultosa; la obtención de datos es de forma manual usando pirómetros laser y luego registrando estos datos en un Excel, al implementar este proyecto podremos obtener datos del proceso en forma automática y en tiempo real. También la cantidad de datos a obtener será mucho mayor a la que se pueda obtener a través de su captura manual así mismo estos serán almacenados en una base de datos para su posterior tratamiento.
- La temperatura del aceite no es controlada; ya que, el sistema cuenta con enfriadores los cuales operan continuamente y si ocurriera una elevación de la temperatura no se tendría ningún control sobre esta, al implementar este proyecto se logrará obtener un mejor control de la temperatura del aceite de lubricación.

La investigación se desarrolló en la compañía minera Casapalca S.A. ubicada en la Carretera Central Km. 155 Paraje Piedra Parada, distrito de Chilca provincia de Huarochirí departamento de Lima a 4800 m.s.n.m.

1.1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Tenemos los siguientes problemas:

- ¿Cómo automatizo el sistema de lubricación del molino de bolas Hardinge 14'x24' en Planta concentradora de CIA MINERA CASAPALCA?
- ¿Cómo actualizo la tecnología del sistema de lubricación del molino?
- ¿Cómo obtener datos de las variables del proceso de forma sencilla?
- ¿Cómo controlo la temperatura del aceite?

1.2.HIPÓTESIS GENERAL

Al automatizar el sistema de lubricación se espera maximizar la disponibilidad del molino, ampliando así los tiempos entre mantenimientos.

1.3.HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Con la instrumentación adecuada tendremos la protección, control y monitoreo de las variables del proceso.
- Con el software FactoryTalk y Microsoft Access podremos obtener datos del proceso en forma automática y en tiempo real, los cuales serán más confiables al no depender de acciones humanas. También la cantidad de datos a obtener será mucho mayor a la que se pueda obtener a través de su captura manual.
- Con el uso de un PLC se logrará mantener la temperatura del aceite en el tanque entre 35°C y 45°C.

1.4.OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema protección, control y monitoreo del sistema de lubricación del molino de bolas Hardinge 14'x24' en Planta concentradora de CIA MINERA CASAPALCA.

1.5.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las diferentes variables que intervienen en el proceso, así como la tecnología adecuada para la automatización.

- Aplicar un sistema Scada basado en HMI con Software FactoryTalk y una base de datos Microsoft Access, que permita al especialista un mejor control y monitoreo de las variables del proceso.
- Implementar un control de temperatura del aceite de lubricación usando PLC CompactLogix L30ER con el software RSLogix5000.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

De acuerdo con los análisis obtenidos se concluye que el molino de bolas y las celdas de flotación logran mejorar la operación de la planta concentradora. La molienda y flotación actual no están en condiciones mecánicas ni de diseño para continuar operando con el tonelaje habitual, esto es debido a la falta de una mantención profunda en los equipos, esto provoca fugas constantes en la operación, y por ende, pérdidas operacionales. Con la instalación de un molino con mayor capacidad y celdas de flotación que soporten dicha capacidad, la molienda y flotación son mejoradas, provocando una mayor producción de concentrado de cobre y teniendo mayor control sobre la operación. Para ello se debe realizar un estudio técnico, un registro de los datos operacionales y finalmente un análisis económico para determinar la factibilidad económica de la expansión frente a la variación de diferentes parámetros. En el estudio técnico se procede al diseño, balance de masa, análisis y evaluación de los equipos presentes. En el registro de datos se obtienen los datos llenados por los operadores que fueron contratados para la operación de esta planta. Entre los datos registrados está el porcentaje de sólidos, malleaje rápido en diferentes puntos de interés. Finalmente se registró el peso de la correa en el transcurso de tiempo designado como puesta en marcha (Quintana, 2015).

El molino de bolas está diseñado para ayudar a obtener nuevas aleaciones mecánicas, el diseño parte de la cantidad en peso de material a moler que es de 2 Kg. El molino de bolas tiene un tambor de acero inoxidable, las dimensiones son de 21 cm de

diámetro y 34 cm de longitud ideal para soportar altas temperaturas de molienda, además está diseñado bajo parámetros de molienda como la velocidad crítica a la que debe funcionar el molino, la potencia real la cual debe generar el molino, es capaz de soportar hasta 18 kg los cuales se descomponen en material a moler, 8 kilogramos en peso de los cuerpos moledores y 8 kilogramos en molienda húmeda, la capacidad de soporte del tambor está determinado mediante un software de elementos finos, este tipo de molinos es indispensable el cálculo del sistema de cascada, por lo que en la construcción del molino se añadió 4 rejillas interiores que facilita la obtención del polvo metálico. Para mantener la velocidad crítica de 74 r.p.m., se calcula la relación de transmisión en la que se determina el reductor necesario y el sistema de transmisión mediante cadena. El molino de bolas de acuerdo con la distribución de las bolas es capaz de obtener un tamaño de 20 μm de grano, lo que lo torna ideal para realizar nuevas aleaciones mecánicas (Cabezas, 2017).

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la operacionalidad del molino de bolas tipo “HARDINGE”, el cual consta de Casco, Chaquetas o revestimiento, Rejillas, Cuerpos trituradores, Dispositivos de carga y descarga y el accionamiento o mando del molino, se diferencia del resto de molinos debido a su características; cilíndrica y cónica, esta máquina se la utiliza más en el proceso de remolienda debido a su eficacia al momento de moler. Estos molinos de bolas son más eficientes que los molinos de rueda debido que al momento de moler ocupa toda su dimensión cilíndrica, dando lugar a una efectiva en la remolienda y en la separación de oro capsulado en las menas. La diferencia de un molino de bolas tipo “HARDINGE” con otros tipos de molinos es su efectividad la cual es alrededor de 80 a 90 %. La evaluación del sistema de molienda se la realizó en función de los caudales de entrada y salida de mena y su flujo de recirculación, para lo cual se midió el caudal másico (Kg/min). Los resultados

de la evaluación, nos dio que el sistema de molienda es de un 90 %. Se ha concluido que la eficiencia del sistema de molienda se ve afectado por la densidad del material a moler y la frecuencia con que se cargue las bolas (SALINAS, 2015).

La EMPRESA MINERA YAULIYACU S.A EMYSA, por intermedio de los Supervisores de Operaciones de la Planta Concentradora, ha desarrollado este Manual de MOLIENDA Y CLASIFICACIÓN DE MINERALES, con el objetivo de dar a conocer a todo el personal que labora en la Planta concentradora, los diversos aspectos operativos que comprende esta área del procesamiento de minerales, el manual contiene conceptos básicos de la “Segunda etapa de liberación en el proceso de concentración de minerales”. Se explica problemas típicos y sus posibles soluciones que se presentan en la operación diaria de la Planta concentradora, y que debe poseer el operador para mejorar su rendimiento en el proceso operativo, una aplicación inteligente y consciente de las recomendaciones contenidos en este manual, asegura que Ud. señor operador realice sus funciones con seguridad y eficiencia. Es muy importante que este manual se encuentre siempre al alcance, para consultas, hasta lograr familiarizarse completamente con su contenido, cualquier duda consultar con el autor u otro supervisor (Bravo, 2003).

La realización de mejoras en la automatización e integración de equipos industriales hacia una nueva plataforma SCADA permite desarrollar de manera más efectiva estrategias de control para una operación y mantenimiento eficientes los cuales permitan obtener el mayor rendimiento de los equipos sin paradas por mantenimiento correctivo, con la finalidad de solo realizar mantenimiento preventivo. En vista de esto el siguiente trabajo de tesis se enfoca en el desarrollo de la automatización e integración SCADA del Silo Nro. 5 el cual por tener una operación manual y por tener extensos tiempos de parada y arranque lo cual dificulta el despacho de materia prima hacia las ensacadoras automáticas, lo cual motivo este trabajo de grado. En este texto

recopilamos toda la información referente a la automatización de e integración del Silo 5 así como sus diferentes secuencias de arranque como son la transporte y de extracción, Detalles de la instrumentación como son el uso de un controlador Allen Bradley de la familia Micrologix el cual por su versatilidad tanto en comunicaciones así como su facilidad de integración a las plataformas más modernas de SCADA ,también el uso de detectores de proximidad los cuales permitirán realizar el monitoreo completo de actuadores neumáticos con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de la fluidización de la materia prima hacia los diferentes transportes hacia las tolvas de destino, Así mismo también detallamos el uso transmisores de posición industrial los cuales permitirán realizar el monitoreo de la apertura de las diferentes compuertas a través de un lazo de corriente de 4 a 20mA. También detallaremos la integración SCADA y el uso de la Plataforma Factory Talk View Studio Machine Edition con el cual desarrollaremos las diferentes Pantallas de Visualización HMI del nuevo control del Silo Nro. 5 como son Faceplates para las Compuertas Dosificadoras, Actuadores, Sensores de las misma manera el Banner de Alarmas tanto para fallas como eventos con la finalidad de controlar el arranque y parada del mismo de manera remota con la posibilidad de lograr la optimización de extracción y transporte de Cemento (Escobedo, 2015)

2.2.MOLINOS

La molienda es el último escalón de la fragmentación industrial, sigue a la trituración normalmente, y se caracteriza por el tamaño de salida de los productos que puede estar entre algunos mm y algunas μm . Se persigue, normalmente, la liberación de unas especies mineralógicas con otras hasta aquel tamaño que permita una concentración diferenciada o bien llegar al tamaño de grano exigido por el método posterior de utilización del producto obtenido (Andrea, 2014).

Los molinos son cilindros rotatorios horizontales forrados interiormente con materiales resistentes, cargados en un 30-45% de su volumen con barras o bolas de acero. Dentro de esta masa rotatoria de ejes y bolas, se alimenta continuamente el mineral fresco proveniente de la etapa de chancado, la carga de retorno o carga circulante del hidrociclón (u/f) y agua suficiente para formar la masa de mineral de una plasticidad adecuada, de manera que la mezcla fluya bajo una ligera cabeza hidráulica, hacia el extremo de descarga del molino. Se llaman así a las máquinas en donde se produce la operación de molienda. Existen diversos tipos según sus distintas aplicaciones, los más importantes son:

- De Rulos y Muelas.
- De Discos.
- De Barras.
- De Bolas.
- De Rodillos.

Las de Rulos y Muelas consisten en una pista similar a un recipiente de tipo balde, y un par de ruedas (muelas) que ruedan por la pista aplastando al material. En la antigüedad, para brindar la fuerza necesaria para hacer rodar las muelas por la pista se empleó la molienda manual o impulsada por animales. Más tarde este método fue reemplazado por el molino de viento, donde las aspas del mismo captan y transforman la energía eólica en energía mecánica. Por medio de un sistema de engranajes adecuado se genera el movimiento necesario para moler el grano. Así es como se obtenía en la antigüedad la harina a partir de cereales. La velocidad crítica para un molino y sus elementos moledores es aquella que hace que la fuerza centrífuga que actúa sobre los elementos moledores equilibre el peso de los mismos en cada instante. Cuando esto

ocurre, los elementos moledores quedan “pegados” a las paredes internas del molino y no ejercen la fuerza de rozamiento necesaria sobre el material para producir la molienda. El molino, entonces, deberá trabajar a velocidades inferiores a la crítica (Bravo, 2003).

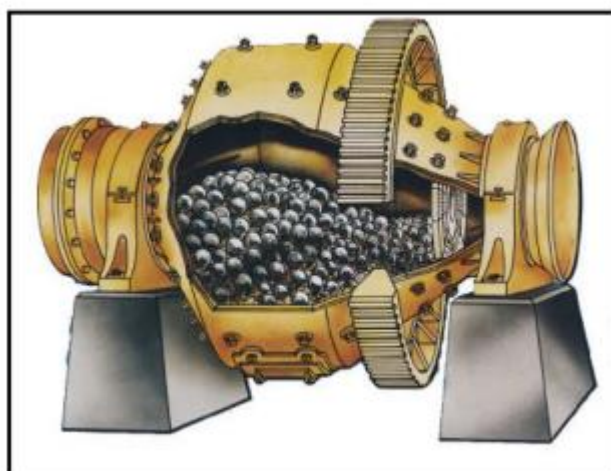
2.2.1. MOLINOS DE BOLAS

El molino de Bolas, análogamente al de Barras, está formado por un cuerpo cilíndrico de eje horizontal, que en su interior tiene bolas libres. El cuerpo gira merced al accionamiento de un motor, el cual mueve un piñón que engrana con una corona que tiene el cuerpo cilíndrico.

Las bolas se mueven haciendo el efecto “de cascada”, rompiendo el material que se encuentra en la cámara de molienda mediante fricción y percusión.

El material para moler ingresa por un extremo y sale por el opuesto. Existen tres formas de descarga: por rebalse (se utiliza para molienda húmeda), por diafragma, y por compartimentado (ambas se utilizan para molienda húmeda y seca).

Figura 2.1: Molino en operación



Fuente: (Festo, 2017)

Se llama así porque en su interior tienen bolas. Generalmente trabajan en circuito cerrado con hidrociclón, aunque pueden igualmente operar en circuito abierto. El tamaño del alimento que pueden recibir es variable y depende de la dureza del mineral. La acción moledora de este tipo de molinos es ejercida por contacto entre las bolas y el mineral mediante acción de golpe y frotamiento efectuado por las cascadas y cataratas producidas por las bolas de diferentes diámetros elevados por las ondulaciones de las chaquetas o forros interiores del molino (Bravo, 2003).

Figura 2.2: Molino de bolas.



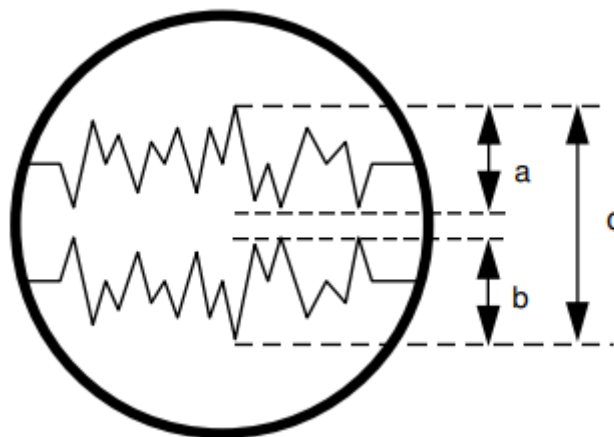
Fuente: (Bravo, 2003)

2.3.SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Básicamente, la lubricación consiste en intercalar entre dos superficies que están dotadas de un movimiento relativo, una película de un material (lubricante) y de un espesor adecuado, a fin de: a) reducir la fricción, es decir la fuerza que se opone al movimiento, ya sea para iniciarlo (fricción estática) o para mantenerlo (fricción dinámica), y que limita la potencia útil que puede obtenerse de un mecanismo. b)

reducir el desgaste mecánico que se produciría en las superficies de trabajo si se produjera el contacto entre ellas. Esto se puede lograr en distintas condiciones y en general durante el ciclo de operación de una máquina se verifica una transición y/o combinación de ellas. Las mejores condiciones de lubricación corresponden a la lubricación hidrodinámica o de película gruesa. En este caso, la película tiene un espesor considerablemente superior a la rugosidad de las superficies lo cual asegura que estas queden convenientemente separadas. Para que esta película pueda soportar totalmente a las cargas aplicadas, se requerirá no sólo que la forma geométrica y velocidad relativa de las superficies favorezcan la formación (Shell, 2016).

Figura 2.3: Vista microscópica de la rugosidad de las superficies.



Fuente: (Shell, 2016)

$c =$ espesor de película

$$a + b \ll c \text{ lubricación hidrodinámica.} \quad (2.1)$$

$$a + b = c \text{ lubricación límite} \quad (2.2)$$

Cuando la película no tiene el espesor suficiente para separar completamente las superficies, es decir que resulta inferior a la rugosidad, la lubricación (límite o de película escasa), es menos eficiente, ya que las superficies de trabajo deben soportar en

gran parte las cargas aplicadas. De todos modos, la fricción será siempre menor que la que se tendría de no estar presente el lubricante, pero aquí la naturaleza química del mismo juega un papel muy importante.

Una combinación de las condiciones anteriores es la mixta o de película fina, y corresponde al caso en que el espesor de película es del mismo orden de magnitud que la rugosidad de las superficies.

Pero, además de las funciones básicas mencionadas, para asegurar el correcto funcionamiento de un mecanismo y prolongar su vida útil, en general se requerirá que el lubricante además cumpla con otras funciones como ser:

- a) Refrigerar las superficies de trabajo.
- b) Mantener su limpieza.
- c) Protegerlas de la acción de agentes agresivos ya sea durante los períodos de funcionamiento o bien de detención del equipo (Shell, 2016).

El rozamiento entre piezas genera gran cantidad de calor que ocasiona:

- Pérdida de energía mecánica.
- Desgaste de las superficies.
- La temperatura alcanzada podría provocar agarrotamiento entre piezas metálicas.

La buena lubricación nos realiza las siguientes funciones:

- Reducir esfuerzos de rozamiento.
- Disminuir desgaste entre piezas.
- Evacuar parte del calor generado.

- Preservar las piezas de la corrosión. (Paz, 2015)

2.4.BOMBA DE ENGRANAJE

Es la encargada de mandar el aceite con la presión y en la cantidad necesaria para asegurar una perfecta lubricación. Recibe el movimiento del motor (generalmente del árbol de levas) con lo que manda más aceite al aumentar las revoluciones del motor. La bomba puede estar situada en el cárter, sumergida en el aceite, o fuente del cárter introducido dentro de él una tubería terminada en un filtro, sumergido en el aceite. En este caso, la bomba es movida directamente por el cigüeñal (Andrino, 2016).

Figura 2.4: Bomba de engranaje para lubricación.



Fuente: (Tuthill, 2019)

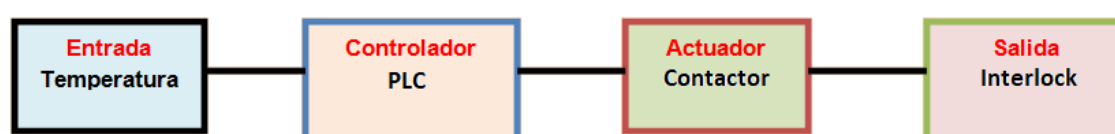
2.5.AUTOMATIZACIÓN

2.5.1. SISTEMAS EN LAZO ABIERTO Y LAZO CERRADO

Una herramienta muy aceptada para el análisis de sistemas es la representación por diagrama de bloques de los elementos del sistema. Esta representación describe la lógica del funcionamiento de una manera secuencial, lo cual permite modelar el sistema y encontrar errores de diseño en el mismo. Consideremos el siguiente diagrama de

bloques de la Figura 9. Este diagrama, al cual denominaremos lazo de control, muestra una lógica de interconexión de bloques que incluye los elementos de control anteriormente vistos. El lazo de control de la Figura 9 es lo que conocemos como un lazo abierto de control. En este tipo de lazos de control la entrada del sistema actúa directamente sobre el controlador, para producir mediante el actuador el efecto deseado en la salida “y”.

Figura 2.5: Modelo de sistema de control en lazo abierto.



Elaboración Propia.

Ejemplos de dicho lazo de control serían sistemas en donde la acción de control es independiente del estado actual del sistema, es decir, en donde existen niveles predeterminados de actuación. Un ejemplo claro de este hecho son las lavadoras industriales. Estas máquinas tienen niveles de actuación tanto para un caso de exigencias nominales (peso inferior o menor al peso ideal), como para sobrecarga del sistema.

El operario selecciona el tipo de desempeño en el panel de instrumentos y no existe una autorregulación respecto al consumo de energía, velocidad del tambor, mezcla de detergente y otros posibles factores que afecten la calidad del lavado.

En el caso de un robot, el controlador envía una señal de voltaje al actuador para que cree un torque y mueva al brazo, es decir, a la planta. De ahí, el encoder lee la información y es posible tener la posición angular. Sin embargo, no hay manera de saber si el robot diverge de su estado deseado. Una carga excesiva en el robot podría llevarlo a divergir de la salida deseada. Para todo fin práctico en un robot, los efectos de

inerencia longitudinal y rotacional son predominantes. Además, se desconoce la carga que cargará el robot (que, de alguna manera, se agrega a la planta). Entonces, este lazo de control es muy impráctico para nuestro deseo de mover al robot.

Es importante mencionar que el controlador no comprueba el valor que toma la salida.

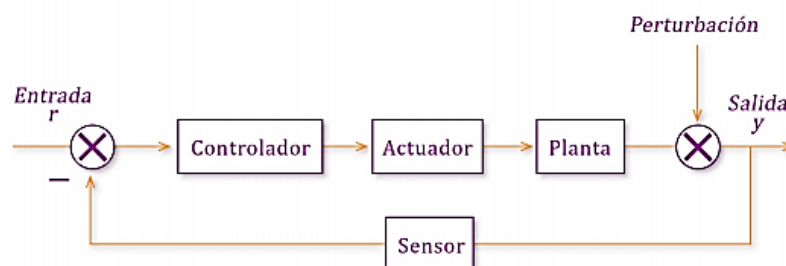
Entonces, este lazo de control puede funcionar en un rango preestablecido. Sin embargo, en caso de perturbaciones mayores, es posible que el desempeño no sea el deseado y que el sistema degrade dicho desempeño al grado de que el sistema no pueda ser recuperado a su punto de operación o a un punto de reposo, independientemente de la señal de actuación ingresada. Dicho de modo coloquial, que “SE PIERDA CONTROL DEL SISTEMA”. Cuando esto sucede, se dice que el sistema es inestable. La noción de estabilidad del sistema dinámico es un objetivo esencial del control de sistemas dinámicos y será revisado posteriormente.

Consideremos la dinámica de otro lazo de control, en la Figura 10. Este lazo de control lo denominamos lazo cerrado de control. El lazo de control cerrado es intuitivo: Necesitamos tomar decisiones de posición (control) basados en nuestra ubicación censada para que el actuador mueva a la planta. El uso de la retroalimentación negativa permite garantizar estabilidad en lazo cerrado.

En la práctica, las mediciones de los sensores deben ser filtradas (ante el ruido o perturbaciones externas, además de errores de calibración del sensor) y la posición no suele ser conocida, sino estimada con herramientas matemáticas tales como los OBSERVADORES DE ESTADO y el FILTRO DE KALMAN (Kalman, 1960 y Stengel 1994). Puedes ver el artículo de Kalman en la barra lateral. Esto será visto en otros cursos avanzados de profesional o en posgrado, pero es necesario que esto sea

entendido para evitar confusiones. En el presente libro nos concretaremos a considerar las variables físicas respecto a la referencia (Ramírez, 2012).

Figura 2.6: Modelo de sistema de control en lazo cerrado.



Fuente: (Ramírez, 2012)

2.5.2. AUTÓMATA PROGRAMABLE (PLC)

Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller), se trata de una computadora, utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas. Sin embargo, la definición más precisa de estos dispositivos es la dada por la NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) que dice que un PLC es: “Instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de E/S analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos”.

El campo de aplicación de los PLCs es muy diverso e incluye diversos tipos de industrias (ej. automoción, aeroespacial, construcción, etc.), así como de maquinaria. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para

múltiples señales de entrada y de salida, amplios rangos de temperatura, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. Los programas para el control de funcionamiento de la máquina se suelen almacenar en baterías copia de seguridad o en memorias no volátiles.

Un PLC es un ejemplo de un sistema de tiempo real duro donde los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado, que de lo contrario no producirá el resultado deseado.

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentran que, gracias a ellos, es posible realizar operaciones en tiempo real, debido a su disminuido tiempo de reacción. Además, son dispositivos que se adaptan fácilmente a nuevas tareas debido a su flexibilidad a la hora de programarlos, reduciendo así los costos adicionales a la hora de elaborar proyectos.

Permiten también una comunicación inmediata con otro tipo de controladores y ordenadores e incluso permiten realizar las operaciones en red. Como ya se ha mencionado previamente, tienen una construcción estable al estar diseñados para poder resistir condiciones adversas sobre vibraciones, temperatura, humedad y ruidos. Son fácilmente programables por medio de lenguajes de programación bastante comprensibles. Sin embargo, presentan ciertas desventajas como la necesidad de contar con técnicos cualificados para ocuparse de su buen funcionamiento.

2.5.3. CONTROLADORES PROGRAMABLES ALLEN-BRADLEY

Los controladores programables Allen-Bradley están desarrollador y soportador Rockwell Automation, son soluciones de control que establecen el estándar: desde el controlador lógico programable (PLC) original inventado en la década del 70 hasta la tecnología incorporada en el controlador programable de automatización (PAC)

escalable, multidisciplinario y habilitado para información. Estos controladores tienen certificación de seguridad y satisfacen las necesidades de aplicaciones SIL 2 y SIL 3. Existen varios tipos y tamaños de controladores para satisfacer necesidades específicas (Allen-Bradley, 2019).

2.5.4. ARQUITECTURA DE CONTROL

La arquitectura de control es el conjunto de elementos involucrados que regulan el comportamiento de un sistema a controlar, (controladores, sensores, actuadores, sistema de supervisión, buses de comunicación, etc.) ésta tendrá éxito en función a la capacidad de adaptarse a las necesidades específicas de cada proceso, por lo tanto, un sistema de control debe: garantizar la estabilidad, ser robusto frente a perturbaciones, tener alta escalabilidad, ser fácilmente implementable, ser cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador y ser tan eficiente como sea posible de acuerdo al criterio preestablecido, puesto que en todas industrias se desea que los productos finales de los procesos sean de calidad, a precio competitivo, suministro a la brevedad de tiempo, todas éstas características influyen mucho en la eficiencia del sistema de control.

Las necesidades productivas de cada industria marcarán las características de su sistema de control. Por otra parte, las tecnologías están cambiando a una enorme velocidad, lo que hace que el predominio de una tecnología de control, durante un determinado período de tiempo, sea más intenso, de tal manera que hay que ser muy objetivo a la hora de implementar una nueva tecnología, normalmente se realizaba un control centralizado que podían gestionar cientos de lazos, al seguir avanzando los procesos y las tecnologías apareció la necesidad del control distribuido dividiéndolas en partes, las cuales eran supervisadas por un sistema superior, que a su vez pasaba la

información a los sistemas informáticos de gestión según la pirámide o niveles de comunicaciones (Wang, 2017).

- SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO

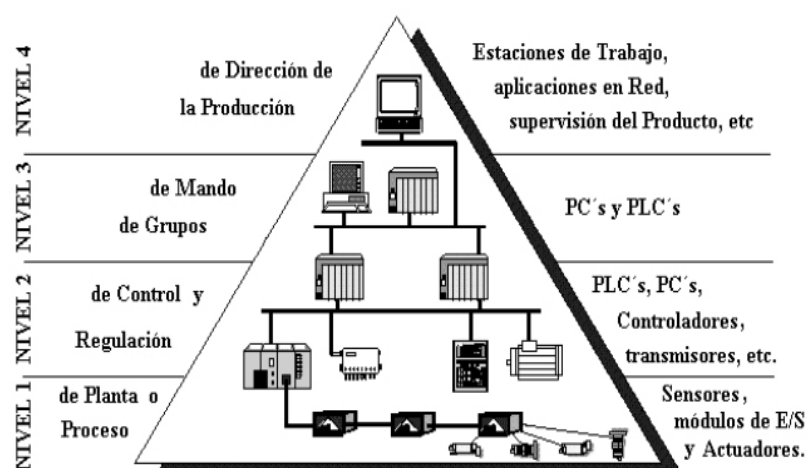
Control distribuido se denomina a la asignación de tareas a varios controladores instalados en zonas estratégicas en la planta como muestra en la Figura, en vez de instalar un controlador central de gran capacidad, los pequeños controladores interconectados vía un sistema de bus de campo. Presentando las siguientes ventajas:

- Programación más sencilla con programas más pequeños.
- Un arreglo más confiable de la estructura del sistema.
- Facilidad para ampliar o modificar el sistema.
- Mayor disponibilidad de información en el sistema debido a la presencia de controladores autónomos.
- Tiempo de reacción muy cortos, independiente de los tiempos de operación de bus.

Aunque muchas veces, de forma errónea, son agrupadas dentro del término "Bus de Campo", las redes de control distribuido son sistemas de comunicaciones completos, dirigidos fundamentalmente a la transmisión de información, que permite la interconexión de múltiples dispositivos de proceso con la inteligencia suficiente como para soportar el protocolo de comunicaciones de la red y para elaborar la información que ésta requiera. Ejemplos de este tipo de redes serían Ethernet/TCP/IP o Industrial Ethernet, la diferencia fundamental respecto a los "Buses de Campo" es que para éste caso no se está realizando un cálculo multiplexado de bits digitales, si no, que se establece una comunicación interactiva entre los diferentes elementos o dispositivos que

componen la red, por ejemplo, el centro de control no sólo podrá parametrizar un dispositivo concreto de la red, si no, que podrá modificar íntegramente el programa que dicho dispositivo ejecuta, transferir ficheros, requerir históricos de datos almacenados, etc.

Figura 2.7: Sistema de control distribuido.



Fuente: (Wang, 2017)

En general las redes de control distribuido son las más utilizadas en los sistemas de supervisión y/o adquisición donde los dispositivos distribuidos disponen de un grado de inteligencia tal que pueden conformar células autónomas de control con su propia capacidad de procesado y almacenamiento de la información y que, por lo tanto, son totalmente independientes de la existencia o no del ordenador de central de proceso (Wang, 2017).

2.5.5. BUSES DE CAMPO

Bus de campo llamado también “Fieldbus” es relacionado con una red de características propias, que nos permite conectar dispositivos de campo ubicados en plantas industriales, con el fin que interactúen entre ellos, en cierta medida es cierto,

pero no es la definición más adecuada. Fieldbus se refiere a tecnologías de comunicación y protocolos usados en automatización y control de procesos industriales. La tarea del bus de campo es comunicar los sensores y actuadores con sistemas inteligentes como los PLC y las computadoras, de manera que la información que ellos puedan brindar, pueda recorrer el sistema de información de toda la planta.

El bus de campo debe cumplir estrictamente con los requerimientos de modularidad, seguridad, flexibilidad, resistencia a interferencias, facilidad de instalación, mantenimiento, programación, además debe cumplir principalmente dos aplicaciones diferentes:

- El control secuencial de las maquinarias o fábricas, donde la protección contra el peligro de explosión no es un factor crítico. Se caracteriza por tiempos de reacción cortos, elevada velocidad de transmisión y longitud de buses de hasta 300 metros.
- El control de procesos, donde la protección contra los peligros de explosión debe ser intrínsecamente segura, es posible tener ciclos de tiempo de 100ms para control y se puede cubrir mayores distancias a 1500 mts (Rubio, 2009).

2.5.6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PLC

a) Ventajas

Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que: La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega, etc.

- Posibilidad de realizar modificaciones sin cambiar el cableado.
- Mínimo espacio de ocupación.

- Menor costo de mano de obra de la instalación.
- Economía de mantenimiento, aumento de la fiabilidad del sistema al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden detectar e indicar averías.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta de funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
- Si por alguna razón la maquina queda fuera de servicio, el autómata queda útil para otra máquina o sistema de producción (Nathan, 2018).

b) Desventajas

En primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a los técnicos, pero hoy en día ese inconveniente está solucionado porque las universidades y/o institutos superiores ya se encargan de dicho adiestramiento.

Pero hay otro factor importante como el costo inicial que puede o no ser un inconveniente, según las características del automatismo en cuestión, dado que el PLC cubre ventajosamente en amplio espacio entre la lógica cableada y el microprocesador es preciso que el proyectista lo conozca tanto en cualidades como sus limitaciones, por tanto, aunque el coste inicial debe tenerse en cuenta a la hora de decidimos por uno u otro sistema, conviene analizar todos los demás factores para asegurarnos una decisión acertada (Nathan, 2018).

La estructura básica de cualquier autómata es la siguiente:

- Fuente de alimentación
- CPU

- Módulos I/O
- Terminal de programación

Periféricos de comunicación.

2.5.7. HMI - INTERFAZ HOMBRE MAQUINA

Los paneles Rockwell HMI de Allen Bradley llevan muchos años dando buenos resultados en las más diversas aplicaciones en todos los sectores.

Esas máquinas que se extienden por toda nuestra planta y nuestra empresa le están diciendo algo. Con el software FactoryTalk® View, puede obtener una historia clara y consistente desde la HMI de nivel de máquina independiente hasta soluciones de visualización distribuidas que cubren toda su empresa. Un único paquete de software cubre los desafíos de HMI en el proceso, lote y aplicación discreta. Las pantallas claras y un lenguaje de programación común, que incluye una gran biblioteca de placas frontales, ayudan a confirmar que obtenga las mejores perspectivas posibles del rendimiento de su máquina. Con los usuarios en múltiples niveles en su organización, todos viendo las mismas vistas de las máquinas, usted acelera la capacidad de administrar la producción que es una historia que todos pueden respaldar (Rockwell, 2019).

Figura 2.8: HMI terminal gráfico.**Fuente:** (Rockwell, 2019)

2.5.8. SWITCH ETHERNET

Los switches Ethernet son los puntos de los nodos de comunicación de su red industrial. Garantizan un intercambio de datos fiable y eficiente y permiten asegurar la solidez de su red. Aquí encontrará los switches adecuados para su aplicación.

Sus ventajas:

- El switch adecuado para cada aplicación: switches no gestionados, switches inteligentes, switches gestionados y switches de capa 3.
- Compatibilidad con diferentes estándares y protocolos de automatización como PROFINET y EtherNet/IP™.
- Switches gigabit para redes de gran tamaño con una alta tasa de transferencia de datos.
- Switches Power over Ethernet para el empleo de cámaras y otros equipos terminales PoE.

Switches no gestionados

Los switches no gestionados de Phoenix Contact destacan por sus funciones estándar, el número de puertos variable y las distintas construcciones. Además de switches para el carril, ofrecemos switches en construcción de 19” para montaje en campo (IP67). Los switches Fast Ethernet y gigabit, con una elevada inmunidad a interferencias, la carcasa de metal robusta y un amplio rango de temperatura, son plenamente aptos para un funcionamiento industrial continuo. Las variantes especiales para Power over Ethernet le permiten una instalación particularmente sencilla de sus equipos terminales. Elija el switch no gestionado adecuado para su aplicación (PHOENIX, 2019).

Figura 2.9: Switches no gestionados.



Fuente: (PHOENIX, 2019).

2.5.9. SENSOR DE PRESIÓN INDUSTRIAL

El rendimiento de los productos está determinado por la solución integrada por cada uno de estos elementos y su combinación. Todos los transmisores de presión de Danfoss tienen la certificación ISO / TS 16949:2009 e ISO 14001:2004.

Un transmisor de presión normal se compone de tres elementos funcionales generales:

- La electrónica.
- El elemento sensor.
- La carcasa.

Figura 2.10: Sensor de presión industrial.

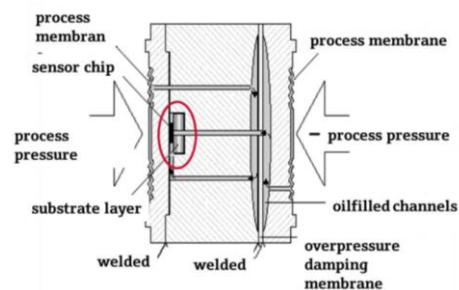


Fuente: (Danfoss, 2013)

- El sensor de presión tipo diafragma relativa el cual nos compensa la presión atmosférica tiene como principio de funcionamiento el uso de un puente de Wheatstone el cual varia su valor de resistencia en proporción a la deformación producida por la presión externa (UTECH, 2018).

Figura 2.11: Principio de funcionamiento Sensor de presión.

Principio de Funcionamiento : Puente Wheatstone



Fuente: (UTECH, 2018)

2.5.10. SENSOR DE TEMPERATURA INDUSTRIAL

Un sensor de temperatura es un sistema que detecta variaciones en la temperatura del aire o del agua y las transforma en una señal eléctrica que llega hasta un sistema electrónico. Esta señal conlleva determinados cambios en ese sistema electrónico para la regulación de la temperatura. También conocido como sonda de temperatura, este sensor se compone principalmente de tres partes. Primeramente, y como es obvio, cuenta con un elemento sensor (cuyos tipos pasaremos a ver en este post). Además de este elemento, se compone de una vaina de material conductor en su interior y un cable que conecta al sistema electrónico en cuestión. Una vez se comprende un poco mejor cómo se lleva a cabo el control de temperatura a través de estos sistemas, es el momento de pasar a ver los tipos de sensores de temperatura existentes en la actualidad (SRC, 2019).

- RTD (Resistance Temperature Detector)

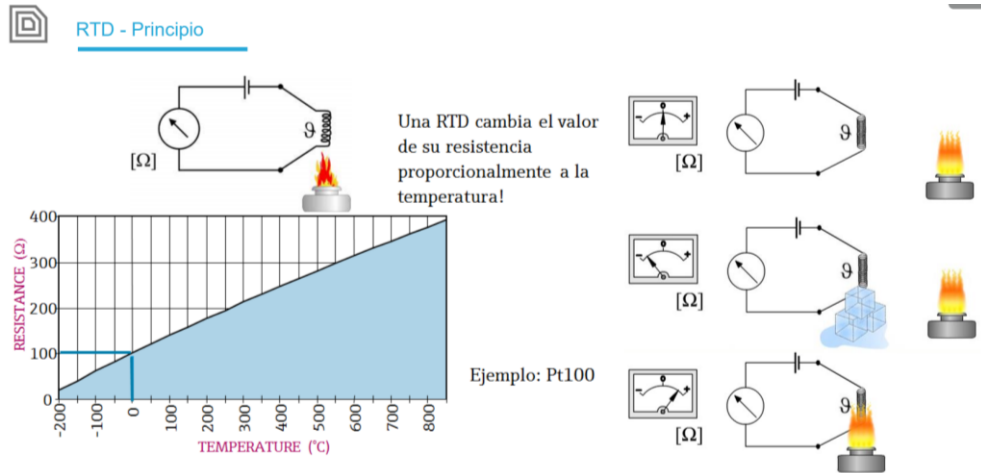
Sensor de temperatura PT100 Un Pt100 es un sensor de temperatura del tipo RTD. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal, pero sí creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde. Un Pt100 es un tipo particular de RTD (Dispositivo Termo Resistivo) Normalmente las Pt100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina), en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal) en el que se indica una variación lineal con coeficiente de temperatura positivo (Lamonde, 2019).

Figura 2.12: Sensor de temperatura industrial.

Fuente: (Lamonde, 2019)

Los PT100 siendo levemente más costosos y mecánicamente no tan rígidos como los termopares, los superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200 °). Los sensores PT100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que la PT100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso. Este comportamiento es una gran ventaja en todo tipo de dispositivos donde una desviación no detectada de la temperatura podría producir algún daño grave. Además, la PT100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión. Dependerá del tipo de conexión para minimizar las pérdidas de señal, a continuación, se los mostramos (Böttcher , 2019).

Figura 2.13: RTD Principio de funcionamiento.

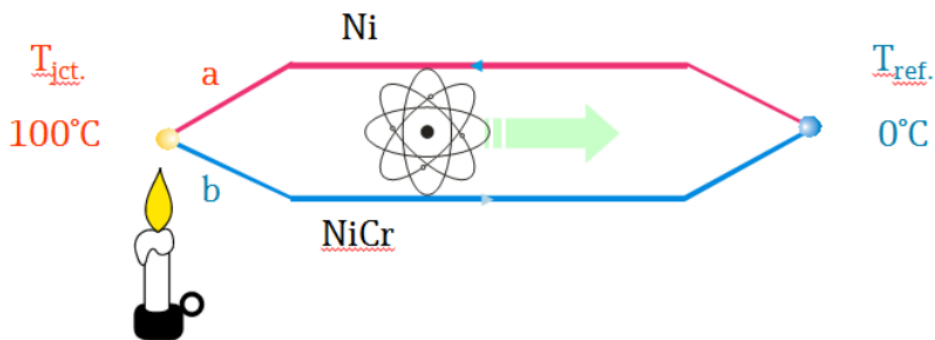


Fuente: (UTECS, 2018)

- Termocupla

Una Termocupla es un sensor de temperatura, que genera un voltaje dependiendo de la temperatura. Este voltaje solo indica la diferencia de temperatura entre la junta fría T_{jct} y el punto de referencia T_{ref} . Esto significa que la temperatura T_{ref} tiene que ser conocida (UTECS, 2018).

Figura 2.14: Termocupla principio de funcionamiento.



Fuente: (UTECS, 2018)

- RTD vs Termocupla

Figura 2.15: RTD VS Termocupla.

	RTD	TC
Measuring range	-200 to +600°C	-250 to +2200°C
Response time	Fast	Very fast
Repeatability	Very good	Fair
Vibration resistance	Good/ very good with new inserts	Very good
Linearity	Good	Fair
Long-term stability	Very good	Fair
Accuracy	High	Medium

Fuente: (UTECH, 2018)

Las diferencias entre un RTD y termocupla pueden describirse como las siguientes:

En cuanto al rango de temperatura, al elegir un sensor de temperatura, la primera consideración debe ser el rango de temperatura de la aplicación. Dado que los RTDs funcionan bien en un rango operativo entre -200 y +600 ° C, son adecuados para una amplia gama de aplicaciones en diferentes industrias. Sin embargo, las termocuplas se destacan en entornos operativos que utilizan temperaturas extremas las cuales van de -200 a 2200 °C. En cuanto a la estabilidad, la estabilidad es importante en aplicaciones donde el objetivo es la operación a largo plazo. Los sensores de temperatura RTD pueden desplazarse con el tiempo dependiendo de sus materiales, construcción y embalaje 0.02 ° C por año. Mientras que los termopares tienen una estabilidad mucho menor de aproximadamente 1-2 ° C por año. La precisión, de un RTD es mucho más exacta que una termocupla. La velocidad de respuesta en un RTD es rápida y en una termocupla es mucho más rápido. La salida de un RTD es en $\Omega/^\circ\text{C}$ y en una termocupla es en $\text{mV}/^\circ\text{C}$ (Servielectra, 2019).

2.5.11. SENSOR DE MEDICIÓN DE FLUJO

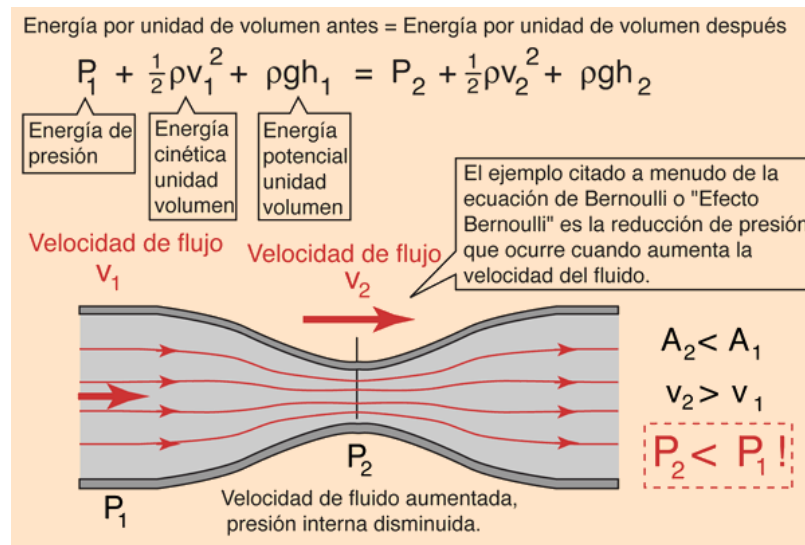
Como una de las tecnologías más comunes para medir caudal en una tubería, la medición de caudal por presión diferencial (caudal por DP) tiene un largo historial de conseguir alta precisión y repetibilidad. El caudal por DP de fluidos de procesos se deriva de la diferencia de presión ocasionada por una restricción diseñada en la tubería. Esta tecnología exclusiva de medida escalable permite tener soluciones integradas para presión, caudal y temperatura y proporciona fiabilidad y mayor productividad de la planta (EMERSON, 2019)

Figura 2.16: Flujometro industrial.



Fuente: (Flow, 2019)

Principio de funcionamiento se basa en la ecuación de Bernoulli, se puede considerar como una apropiada declaración del principio de la conservación de la energía, para el flujo de fluidos. El comportamiento cualitativo que normalmente evocamos con el término "efecto de Bernoulli", es el descenso de la presión del líquido en las regiones donde la velocidad del flujo es mayor. Este descenso de presión por un estrechamiento de una vía de flujo puede parecer contradictorio, pero no tanto cuando se considera la presión como una densidad de energía. En el flujo de alta velocidad a través de un estrechamiento, se debe incrementar la energía cinética, a expensas de la energía de presión (Olmo & Nave, 2018).

Figura 2.17: Flujometro industrial principio de funcionamiento.

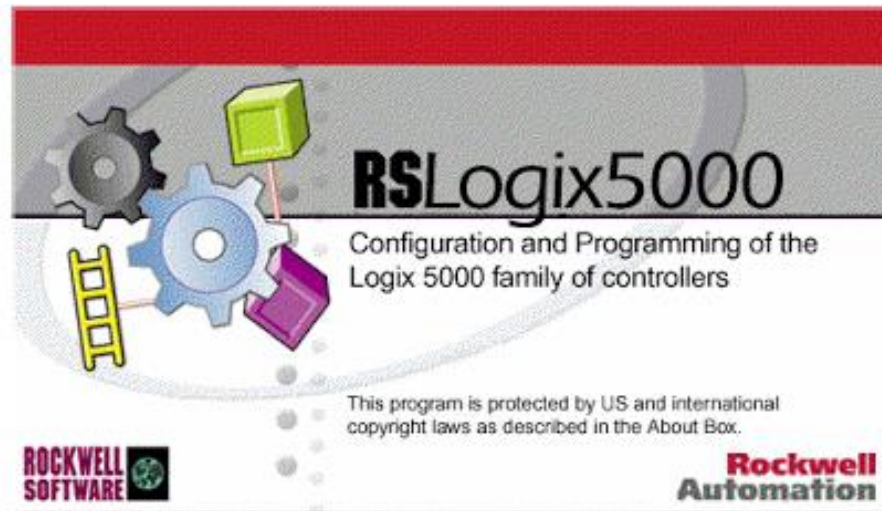
Fuente: (Olmo & Nave, 2018)

2.6.SOFTWARE

2.6.1. RSLOGIX5000 ®

RSLogix 5000 es el software de programación para el tipo de control CompactLogix de Allen-Bradley. RSLogix 5000 Lite Edition permite la programación con lenguaje Ladder, diagrama de bloque de funciones, diagrama de funciones secuenciales y texto estructurado. El entorno Studio 5000® constituye la base para el futuro de las herramientas y capacidades de diseño de ingeniería de Rockwell Automation®. Este entorno Studio 5000 es el lugar donde los ingenieros de diseño desarrollan todos los elementos de sus sistemas de control (Allen, 2018)

Figura 2.18: Pantalla de inicio del RSLogix5000.

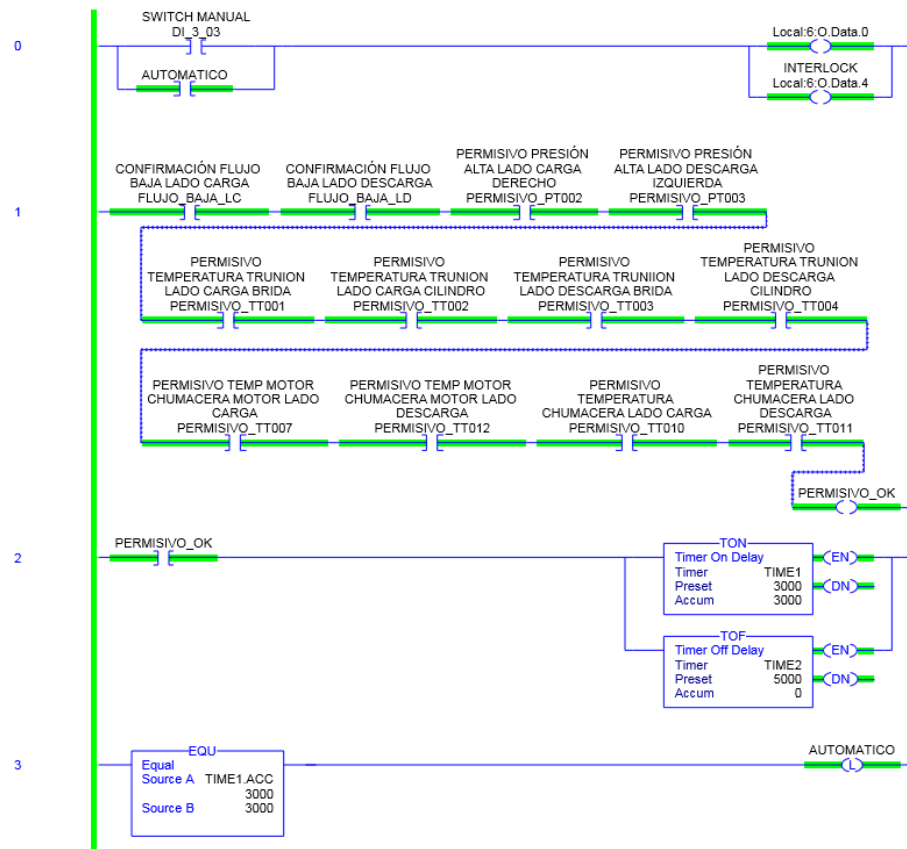


Fuente: (Allen, 2018)

2.6.2. LENGUAJE LADDER

El lenguaje Ladder, diagrama Ladder, diagrama de contactos, o diagrama en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico o ingeniero eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje. Ladder es uno de los varios lenguajes de programación para los controladores lógicos programables (PLCs).

Figura 2.19: Entorno de programación en lenguaje Ladder.



Elaboración Propia.

Lo primero que he de decir es que todo esto entra dentro de la forma de programar de cada uno. Yo te voy a contar esta forma, que la puedes adaptar, copiar literalmente o crear una nueva desde cero. Es una forma de hacerlo, nada más. No es palabra de Dios, ni mucho menos (Nathan, 2018).

El lenguaje Ladder se organiza como peldaños en una escalera y pone instrucciones en cada peldaño. Hay dos tipos básicos de instrucciones:

- Instrucción de entrada: una instrucción que verifica, compara o examina condiciones específicas en su máquina o proceso.

- Instrucción de salida: una instrucción que toma alguna acción, como encender un dispositivo, apagar un dispositivo, copiar datos o calcular un valor (Rockwell, 2018).

Las ventajas del lenguaje Ladder son:

- Es universal. Lo va a entender todo el mundo y todo es estándar con la programación de escalera normal.
- No necesita un software especial de pago como es Grafcet.
- A mi juicio más fácil de seguir si está bien estructurado.
- Muy compacto. Más que los diagramas de bloques, por ejemplo.

2.6.3. FACTORYTALK ® VIEW STUDIO FOR MACHINE EDITION

El software FactoryTalk® View Machine Edition (ME) es una aplicación HMI versátil que proporciona una solución dedicada y potente para dispositivos de interfaz de operador a nivel de máquina. Como un elemento integral de la solución de visualización de Rockwell Automation, FactoryTalk View Machine Edition, proporciona gráficos superiores, administración de usuarios en tiempo de ejecución, cambio de idioma y tiempo de puesta en marcha más rápido a través de un entorno de desarrollo común. FactoryTalk View Machine Edition permite una interfaz de operador consistente en múltiples plataformas, incluidas las soluciones de escritorio PanelView™ Plus y Windows, y consta de:

FactoryTalk View Studio: software de configuración para desarrollar y probar aplicaciones HMI. FactoryTalk View ME Station: una solución HMI tradicional "independiente" que proporciona una interfaz de operador integrada que ejecuta la misma aplicación HMI en PanelView™ Plus 7, PanelView Plus 6, terminal

MobileView™, computadoras industriales Rockwell Automation u otra computadora personal industrial (Rockwell, 2019)

Figura 2.20: Pantalla de inicio de FactoryTalk.



Fuente: (Rockwell, 2019)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LISTADO DE MATERIALES HARDWARE Y SOFTWARE

Tabla 3.1: Materiales para tablero.

ÍTEM	CANT	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO
1	1	Tablero auto soportado	Rittal, ABB	-----
2	1	1769-L30ER, CompactLogix 5370 L3 Controllers, 2 MB, DualPort Ethernet DLR, USB	Rockwell	1769-L30ER
3	1	1769-PA4, Fuente de Alimentación de expansión Compact I/O	Rockwell	1769-PA4
4	1	1769-ECR, RIGTH END CAP	Rockwell	1769-ECR
5	1	1769-IF16, Módulo de 16 entradas análogas	Rockwell	1769-IF16
6	1	1769-IF8, Módulo de 8 entradas análogas	Rockwell	1769-IF8
7	2	1769-IQ16, Módulo de 16 entradas digitales 24 VDC Sink/Source	Rockwell	1769-IQ16
8	1	1769-OV16, Módulo de 16 salidas digitales 24 VDC Sink/Source	Rockwell	1769-OV16
9	1	1769-OW16, Módulo de 16 salidas de relé	Rockwell	1769-OW16
10	1	Panel View Plus7 1000 Keypad/Touch P-B	Rockwell	2711P- B10C22D9P
11	100	Borneras de 4mm	PHOENIX CONTACT	-----
12	1	Fuente de alimentación de 24 VDC 5A	PHOENIX CONTACT	2866310
13	1	Switch ethernet de 8 puertos	PHOENIX CONTACT	2832771
14	1	Interruptor termo magnético 3X100 Amp	SCHNEIDER	-----
15	4	Interruptor termo magnético 3X32 Amp	SCHNEIDER	-----
16	4	Interruptor termo magnético 2X4 Amp	SCHNEIDER	-----
17	4	Contacto 32 Amp con bobina 220 VAC	Schneider	LC1-D32

18	7	Contactador 9 Amp con bobina 220 VAC	Schneider	LC1-D9
19	4	Relé térmico 23-32 Amp	Schneider	LRD32
20	5	Relé térmico 7-10 Amp	Schneider	LRD14
21	16	RELAY 24VDC	Schneider	RXM2AB2BD
22	1	LIFELINE PARADA DE EMERGENCIA	ALLEN BRADLEY	-----
23	1	UPS 2 KVA	GENERAL ELECTRIC	-----
24	4	RIEL DIN SIMÉTRICO	-----	-----
25	1	TRANSFORMADOR DE 1KVA 440V/220V	EPLI	-----
26	1	TERMOSTATO 1NA	ABB	EN0101K
27	1	SWITCH DE LIMITE	ABB	1SBV011712R 1211
28	1	SELECTOR MODULAR DE 3 POSICIONES M-0-A DE 1 POLOS, NEMA 4	SQUARE D	9001KS43BH 13
29	18	PULSADOR MODULAR, NEMA 4, CONTACTO NO/NC	SQUARE D	9001KR1UH1 3
30	10	PORTALÁMPARAS COMPACTAS CON LED INCLUIDO, VERDE - 230VAC	ABB	1SFA619403R 5232
31	1	LAMPARA FLUORESCENTE PARA TABLERO	APPLE	-----
32	1	-V1, V2, 2 VENTILADOR + FILTRO+ REJILLA (323 x 323mm)	RITUAL	-----

Elaboración Propia.

Tabla 3.2: Materiales para instrumentación.

ÍTEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO
1	4	TRANSMISOR DE PRESIÓN 4-20 MA, 30 VDC, 100 BAR, TIPO DIAFRAGMA	DANFOSS	MBS-4510-2011- 1CB12
2	1	TRANSMISOR DE PRESIÓN 4-20 MA, 30 VDC, 10 BAR , TIPO DIAFRAGMA	DANFOSS	MBS-4510-2011- 1CB12

3	4	FLUJÓMETRO 0-25 GLM	FLOW MON	FMG25 BMP 3EE 1cS 8F10 S3 D1
4	4	SENSOR DE TEMPERATURA INFRARROJO -20 A 100 °C	CALEX	PC21LT-0
5	9	SENSOR DE TEMPERATURA RTD PT100 0-100°C	DANFOSS	MBT 5252
6	1	CIRCULINA		-----
7	1	SIRENA		-----

Elaboración Propia.

Tabla 3.3: Materiales eléctricos.

ÍTEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO
1	4	MOTOR ELÉCTRICO 25HP 1765RPM	WEG	160L
2	4	MOTOR ELÉCTRICO 5HP 1735RPM	WEG	100L
3	1	RESISTENCIA 2000 WATS	-----	-----
4	1	VENTILADOR	-----	-----

Elaboración Propia.

Tabla 3.4: Software Usado.

ÍTEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO
1	1	RSLOGIX 5000	ROCKWELL AUTOMATION	V20.0
2	1	FACTORYTALK VIEW STUDIO FOR MACHINE EDITION	ROCKWELL AUTOMATION	V9.0
3	1	MICROSOFT ACCESS	MICROSOFT OFFICE	V14
4	1	MICROSOFT WINDOWS 7	MICROSOFT WINDOWS	V7

Elaboración Propia.

3.2 DISEÑO, NIVEL Y TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación es experimental, porque es un tipo de investigación que utiliza la lógica y los principios encontrados en las ciencias y que serán implementados en la empresa minera CIA CASAPALCA. La esencia de esta concepción de experimento es que requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados. Los experimentos pueden ser llevados a cabo en el laboratorio o en la vida real. Aquí se involucran un número relativamente pequeño de personas o equipos y abordan una pregunta bastante enfocada. Los experimentos son más efectivos para la investigación explicativa y frecuentemente están limitados a temas en los cuales se puede manipular la situación en la cual las personas se hallan.

3.2.2 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación se refiere a la profundidad del conocimiento que se busca lograr con la investigación, por tanto, el nivel de la presente investigación es exploratorio, señalando que las investigaciones exploratorias buscan abrir nuevos caminos en el desarrollo del conocimiento humano. Y la presente investigación busca abrir nuevos caminos hacia la automatización de procesos industriales.

3.2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

El universo finito o población está dado por el número total de molinos en CIA Casapalca, es decir, 3. Por lo tanto para hallar la muestra con un error del 5% (0.05), con un nivel de confianza del 90%, una probabilidad de ocurrencia o éxito de 0.9 y una probabilidad de no ocurrencia o fracaso de 0.1; se procede a hallar la muestra con la fórmula para calcular el tamaño de muestra cuando se conoce el tamaño de la población y es la siguiente:

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (N-1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q} \quad (3.1)$$

En donde:

N = tamaño de la población

Z_{α} = nivel de confianza

p = probabilidad de éxito o proporción esperada

q = probabilidad de fracaso

d = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).

Si tenemos los valores N=3, Z_{α} =1.645 (nivel de confianza 90%), p=0.9, q=0.1 y d=0.05

La muestra resulta con el valor de 2.93. Es decir que sería necesario realizar la investigación por lo menos en 3 molinos en CIA Casapalca para obtener los resultados deseados.

Sin embargo, se considerará un muestreo no probabilístico al tener todos los molinos las mismas normas generales de gestión, administración y mantenimiento que hace que se tome como caso estudio al molino Hardinge en la planta concentradora de CIA Casapalca. La muestra no servirá para hacer generalizaciones, pero sí para el estudio exploratorio, se ha elegido a los individuos utilizando diferentes criterios relacionados con las características de la investigación y está determinado por el autor.

Figura 3.21: Molino Hardinge y Molino Allis Challmer.

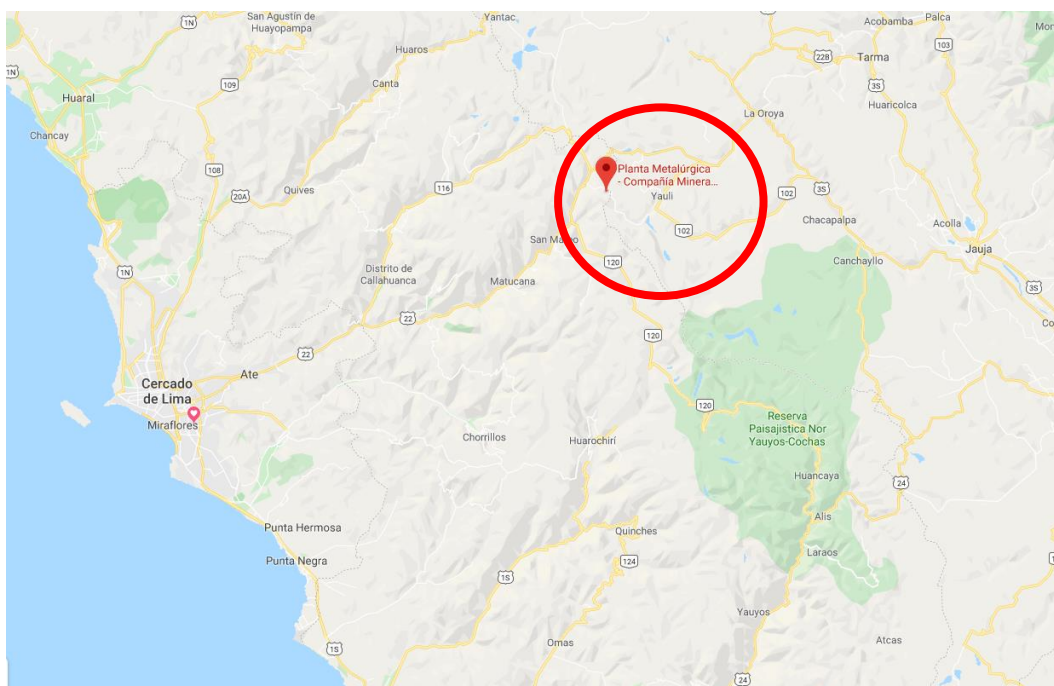


Elaboración Propia.

3.3 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se desarrollará en la Región: Lima; Provincia: Huarochirí; Distrito: Chilca. Las coordenadas geográficas son $11^{\circ}40'32''S$, $76^{\circ}12'07''W$ y 4839msnm.

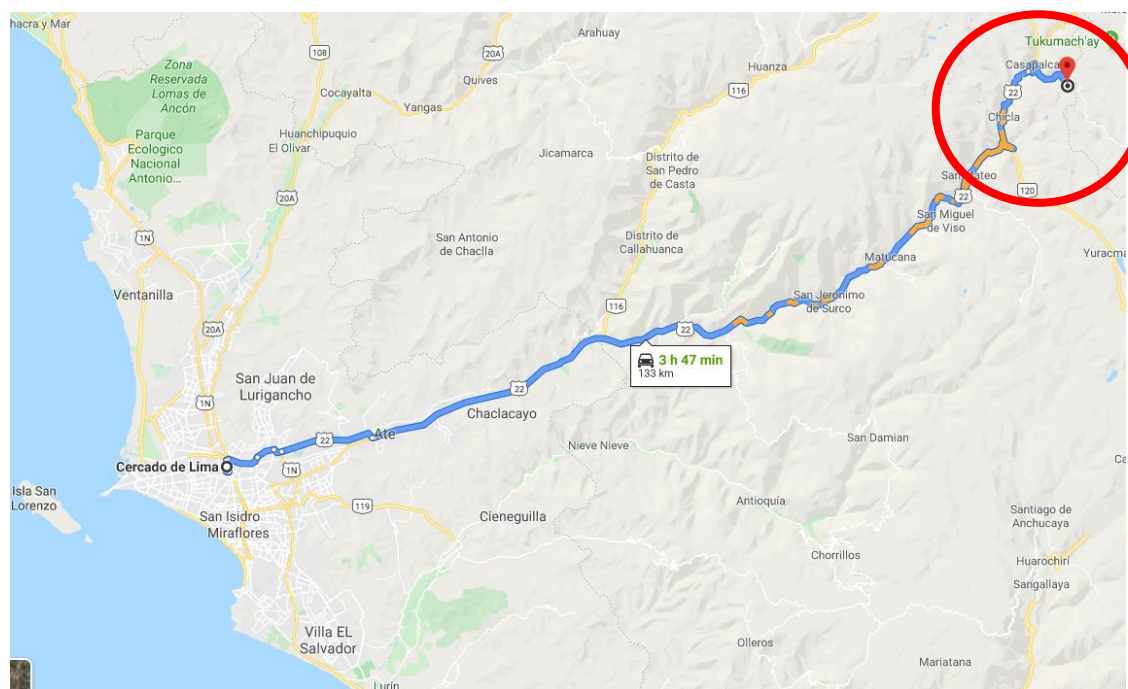
Figura 3.22: Ubicación de la planta concentradora.



Elaboración Propia.

La planta concentradora de la Compañía Minera Casapalca está a una distancia de 133 Km del mercado de Lima.

Figura 3.23: Ruta para llegar a planta concentradora.



Elaboración Propia.

Figura 24: Etapas del procesamiento de mineral.

Elaboración Propia.

Se muestra en la imagen la ubicación detallada de los procesos.

1 - Cancha de mineral.

2 - Chancado.

3 – Molienda (donde se desarrolla la investigación).

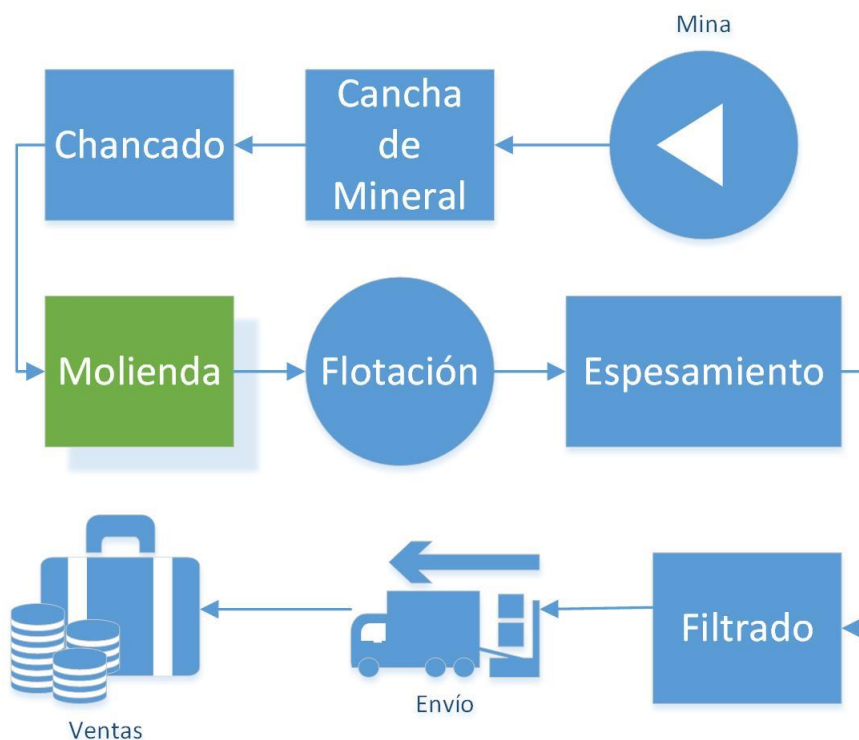
4 - Flotación.

5 - Espesamiento.

6 - Filtrado.

A continuación, se puede observar el diagrama de flujo de las etapas del procesamiento del mineral.

Figura 25: Diagrama de flujo de las etapas del procesamiento de mineral.



Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

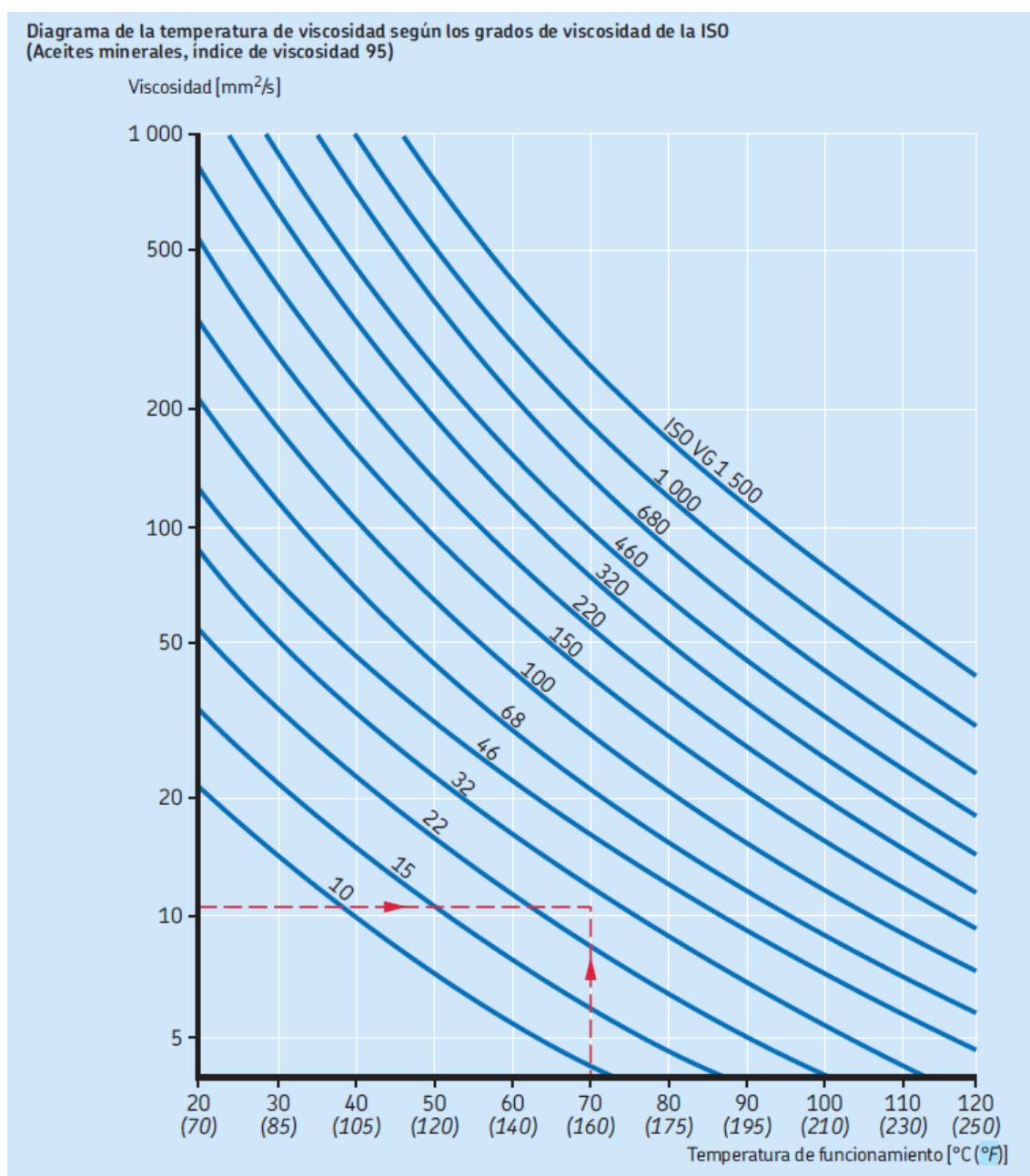
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 PROCESO DE DISEÑO

Con respecto a las condiciones de lubricación, la relación de viscosidad, la eficacia de un lubricante viene determinada fundamentalmente por el grado de separación entre las superficies de contacto de rodadura. Para que se forme una película de lubricante adecuada, este debe tener una viscosidad mínima cuando la aplicación alcance su temperatura de funcionamiento. La condición del lubricante se describe según la relación de viscosidad, como la relación entre la viscosidad real y la viscosidad nominal necesaria para una lubricación adecuada cuando el lubricante se encuentra a una temperatura de funcionamiento normal. Se obtiene mediante el siguiente cálculo: la viscosidad nominal, requerida para una lubricación adecuada, puede determinarse usando el diámetro medio del rodamiento y la velocidad de giro del rodamiento.

Si, por experiencia, se conoce la temperatura de funcionamiento, o si se puede determinar de otra manera, la viscosidad correspondiente a la temperatura de referencia estandarizada internacionalmente de 40 °C (105 °F) se puede obtener del siguiente diagrama o se puede calcular.

Figura 26: Diagrama de la temperatura de viscosidad según los grados de viscosidad de la ISO.



Fuente: (SKF, 2015).

La tabla a continuación indica los grados de viscosidad de acuerdo con la norma ISO 3448 y muestra la gama de viscosidad para cada clase a 40 °C (105 °F). Determinados tipos de rodamientos, como los rodamientos de rodillos a rótula, los

rodamientos de rodillos cónicos y los rodamientos axiales de rodillos a rótula, suelen tener una temperatura de funciona funcionamiento superior a la de otros tipos de rodamientos, como los rodamientos rígidos de bolas y los rodamientos de rodillos cilíndricos, en condiciones de funcionamiento similares. (SKF, 2015).

Tabla 4.5: Clasificación de viscosidad de acuerdo a la norma ISO 3448.

Clasificación de viscosidad de acuerdo con la norma ISO 3448			
Grado de viscosidad	Viscosidad cinemática límite a 40 °C		
	media	mín.	máx.
–	mm ² /s		
ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
ISO VG 3	3,2	2,88	3,52
ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
ISO VG 10	10	9,00	11,0
ISO VG 15	15	13,5	16,5
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90,0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1 000	1 000	900	1 100
ISO VG 1 500	1 500	1 350	1 650

Fuente: (SKF, 2015).

De las anteriores tablas podemos determinar que la temperatura adecuada de trabajo para que la viscosidad del lubricante este entre su mínimo y máximo debería ser de 35°C a 45°C.

4.1.1 PLAN DEL PROYECTO

Un plan de proyecto es un conjunto de acciones estimadas para alcanzar un objetivo determinado. Para ello, debe desarrollarse a la par con la empresa minera Casapalca. Así este se convertirá en un documento formal y aprobado que servirá de guía tanto para la ejecución como para el control del proyecto. Los principales usos del plan de proyecto son documentar las suposiciones decisiones de planificación, facilitar la comunicación entre el desarrollador (tesista) y la empresa (CIA MINERA CASAPALCA), y documentar el alcance, costo y cronograma.

A su vez esta es una descripción de cómo y cuándo los objetivos de un proyecto deben ser alcanzados, mostrando los principales productos, hitos, actividades y recursos requeridos en el proyecto. El desarrollador crea el plan de gestión del proyecto a partir de las aportaciones de este al proyecto como también lo hace la empresa, tratándose de ajustar a las perspectivas de ambos. El plan debe ser acordado y aprobado por la empresa y el desarrollador. Y este para ser un plan de proyecto completo debe describir la ejecución, gestión y control del proyecto. Esta información se puede proporcionar haciendo referencia a otros documentos que se producirán.

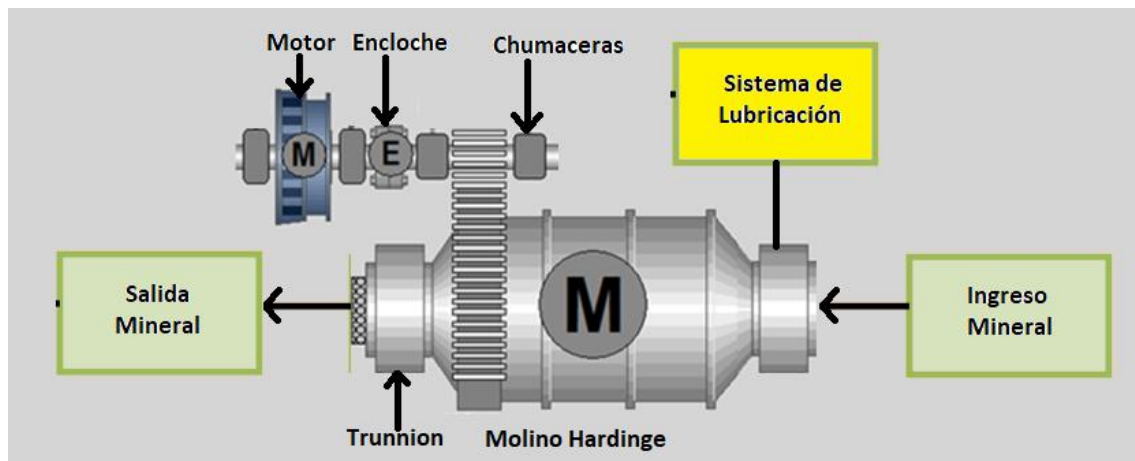
Las fases que se especificaron en el proceso para lograr la protección, control y monitoreo, los entregables en cada fase son productos y resultados. Los enfoques multifase incluyen dos partes, la primera supervisa el inicio de los ciclos de trabajo, y la segunda finaliza cada fase.

4.1.2 DIAGRAMA DE PROCESOS

El diagrama muestra el mecanismo completo, para el sistema de lubricación del molino de bolas Hardinge 17'x24', se puede apreciar el sistema completo del flujo del lubricante, así como los sensores de temperatura RTD e infrarrojos de rangos 0 a 100C

y -20 a 100C respectivamente, también los flujómetros FlowMon, y los motores eléctricos de 25 HP 1765RPM y de 5 HP 1735RPM, y los transmisores de presión de 4-20 MA, de 100 bar y 10 bar de tipo diafragma.

Figura 27: Diagrama de procesos.



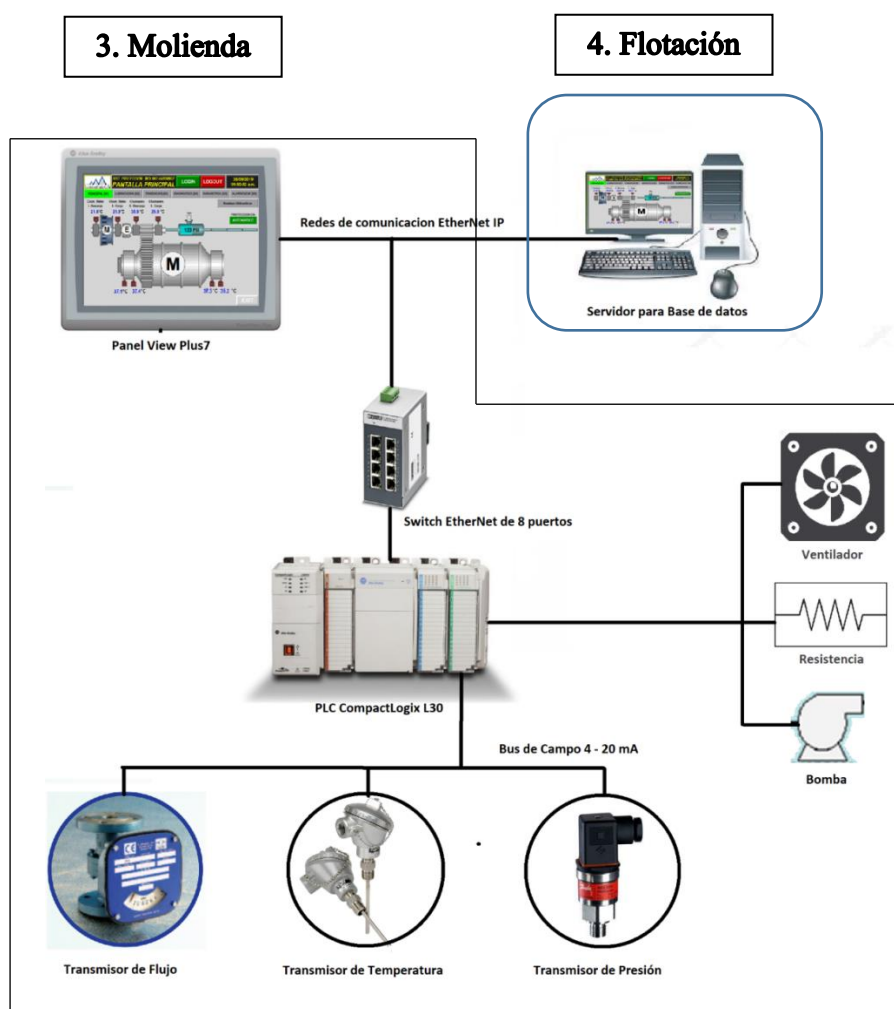
Elaboración Propia.

4.2 ESTRUCTURA DE LA AUTOMATIZACIÓN

La estructura de la automatización tiene como base la instrumentación tanto entradas como salidas en cual podemos apreciar los sensores que convierten las variables físicas como el flujo, temperatura y presión en variables eléctricas como es de 4-20mA, esta señal ingresa por el módulo de entradas analógicas (1769-IF16) del PLC CompactLogix L30 este procesa la señal y esta la envía para su visualización en el Panel View Plus7 1000 Keypad/Touch P-B y el servidor, en el servidor se tiene una base de datos enlazada con el PLC la cual almacena información cada minuto del estado de las distintas variables. Mencionar que también se cuenta con una red de comunicación EtherNet IP la cual se comunica con toda la red industrial de la planta, nos da la facilidad de conectarse desde cualquier punto y obtener la información

deseada. Dependiendo de las entradas el PLC toma decisiones en sus salidas pudiendo este controlar el ventilador, la resistencia, las bombas, circulina y sirena.

Figura 28: Estructura de la Automatización.



Elaboración Propia.

4.3 SISTEMA DE LUBRICACIÓN

4.3.1 TANQUE DE ACEITE

- El tanque de aceite es de 265 galones de capacidad, con dos compartimientos para el retorno de aceite y la succión de aceite hacia las bombas.
- La succión del aceite cuenta con filtros de malla metálica (200 μ m), en la parte inferior con conexiones de 1- 1/2".

- El tanque cuenta con una tapa en la parte superior acondicionada, con orificio de 2'' para el llenado de aceite limpio. Cuenta además con un segundo orificio para colocar un filtro respiradero a base de sílice, que absorbe la humedad interna contenida dentro del tanque.
- El tanque cuenta con un calentador de aceite, conexión de 2'', de 440 voltios monofásico de 2000 watts. Contralado a través de un pirómetro digital. La función es mantener el aceite a una temperatura de 30 C durante las heladas, o para iniciar el arranque del molino, cuando el aceite se haya enfriado.
- El tanque cuenta con drenajes de aceite de 1'' y de ½'' accionados a través de válvulas de bola.
- El tanque cuenta con un transmisor de temperatura que censa la temperatura de retorno que provienen de los trunnions del molino (lado descarga). Adicionalmente otro 2do sensor que mide la temperatura a la salida del tanque.
- El tanque cuenta con entradas de ¾'' para la línea de alivio de presión.
- El tanque cuenta con una línea de 1'' para la recirculación del aceite dentro del tanque.
- Cuenta con líneas de retorno de aceite de 3''.

4.3.2 SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE TRUNNIONS Y CHUMACERAS (BAJA PRESIÓN)

El aceite que retorna de los trunnions y chumaceras del molino, ingresa al tanque de aceite en un compartimiento de acondicionamiento, donde se elimina burbujas de aire y se sedimenta el particulado grueso (contaminantes).

- El sistema de recirculación trabaja con Motores eléctricos de 5 HP, 4 polos 60 Hz.

- El sistema cuenta con una bomba de Standby con motor eléctrico de 5 HP, 4 polos 60 Hz.
- Las bombas de Baja se encienden una (01) hora antes de arrancar al molino, durante el cual el aceite recirculara por todo el circuito.
- Las bombas cuentan con un tubo de succión y un filtro de aspiración de malla metálica (200um) para evitar succionar impurezas.
- La succión de aceite también es controlada a través de una válvula de cierre tipo bola de 1-1/2.
- El aceite es bombeado por ambas bombas, y se unen en una misma línea común la cual ingresa a una batería de filtros.
- El sistema cuenta con una válvula de Alivio de presión en línea, para evitar alguna Sobre presurización de la línea y evitar los daños. Se acciona a una presión seteada de 120 PSI, la cual tiene una derivación hacia el tanque de aceite. El diámetro de la derivación es de 3/4'.
- El aceite que sale de los filtros fluye a través de un enfriador de temperatura, su ratio de eficiencia es de 25 °C. La temperatura de ingreso al enfriador es de 45 °C y la temperatura de salida será de 20 °C.
- La temperatura del aceite de la central de lubricación es medida en dos puntos. Mediante dos transmisores de temperatura, los cuales se ubican, dentro del tanque de aceite (temperatura de retorno). Y el segundo, a la salida del pulmón de distribución de aceite (temperatura de salida).
- El enfriador de aceite tiene en el ingreso una válvula de derivación del aceite, hacia el pulmón de distribución del aceite.

- El flujo de aceite que se dirige a los trunnions del molino (lado descarga y carga del molino) es regulado por unas válvulas de cierre. Y monitoreado por un transmisor de flujo (flujómetro) con señales de alarma, por flujo mínimo 2 gpm.
- En cada línea de salida del aceite de Baja Presión, puede fluir de 0 a 10 gpm, el cual es controlado mediante una llave de bola.

4.3.3 SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE ALTA PRESIÓN

Para levantar trunnions del molino 0-30 GPM: este sistema consiste en recircular el aceite generando altas presiones para levantar el molino antes del arranque del mismo. El aceite ingresa por la parte inferior de los trunnions con el objeto de levantar el molino (0.13 a 0.19 mm).

- Las bombas de aceite son de engranajes, especiales para generar altas presiones sacrifican el flujo, pero generan altas presiones.
- El sistema cuenta con dos bombas y dos motores eléctricos. Estos motores tienen la siguiente característica, motores de 25 HP, 440 voltios de 60 Hz.
- Las bombas utilizan salidas independientes, las cuales se conectan tanto en el lado Carga como en el Descarga del molino.
- Cada línea de salida de la bomba cuenta con válvulas de alivio las cuales se encuentran seteadas para funcionar a los 3000 PSI.
- La presión que se genera en cada línea es controlada por un transmisor de presión que envía la señal a un panel de control.
- Se ha colocado manómetros de alta presión (0 a 10,000 psi) en todas las líneas.
- Las bombas pueden generar flujos de 0 a 30 gpm a presiones de 3,000 psi.

- En las líneas de succión de aceite de las bombas, se ha colocado filtros de malla metálica tipo Y.
- Las bombas de aceite de alta presión, arrancan y permanecerán encendidas.
- Las bombas solo funcionan en el arranque del molino. Cuando el molino se encuentra en pleno funcionamiento, las bombas de alta presión se apagan.
- El sistema cuenta con un sistema de enfriamiento de recirculación continúa compuesto por una bomba eléctrica de 05 gpm un enfriador de 60 gpm con un gradiente de temperatura de 14 C, trabaja independientemente con un RTD pt 100 y su controlador de temperatura ubicado dentro del mismo tanque de aceite.

4.3.4 ENCLAVAMIENTO PARA EL ARRANQUE DEL MOLINO:

- El sistema cuenta con un panel view para arranque de motores, controlado por un PLC.
- El PLC puede trabajar en dos opciones: Una de arranque manual, cada equipo se enciende manualmente e independiente desde el panel view, pero siempre respetando el orden de resistencia eléctrica, bomba de Baja, bomba de Alta. De lo contrario no arrancaran los equipos (están enclavados en ese orden).
- La segunda opción, el PLC trabaja con una lógica de encendido cuyo orden es el siguiente: primero se enciende la resistencia eléctrica que se encuentra en el tanque, una vez que la temperatura del aceite pase los 20°C da pase y enciende la bomba de Baja presión, luego de 15 minutos se enciende la bomba de Alta presión.
- Se sugiere para el arranque del molino enclavarlo al encendido de la bomba de Alta presión.

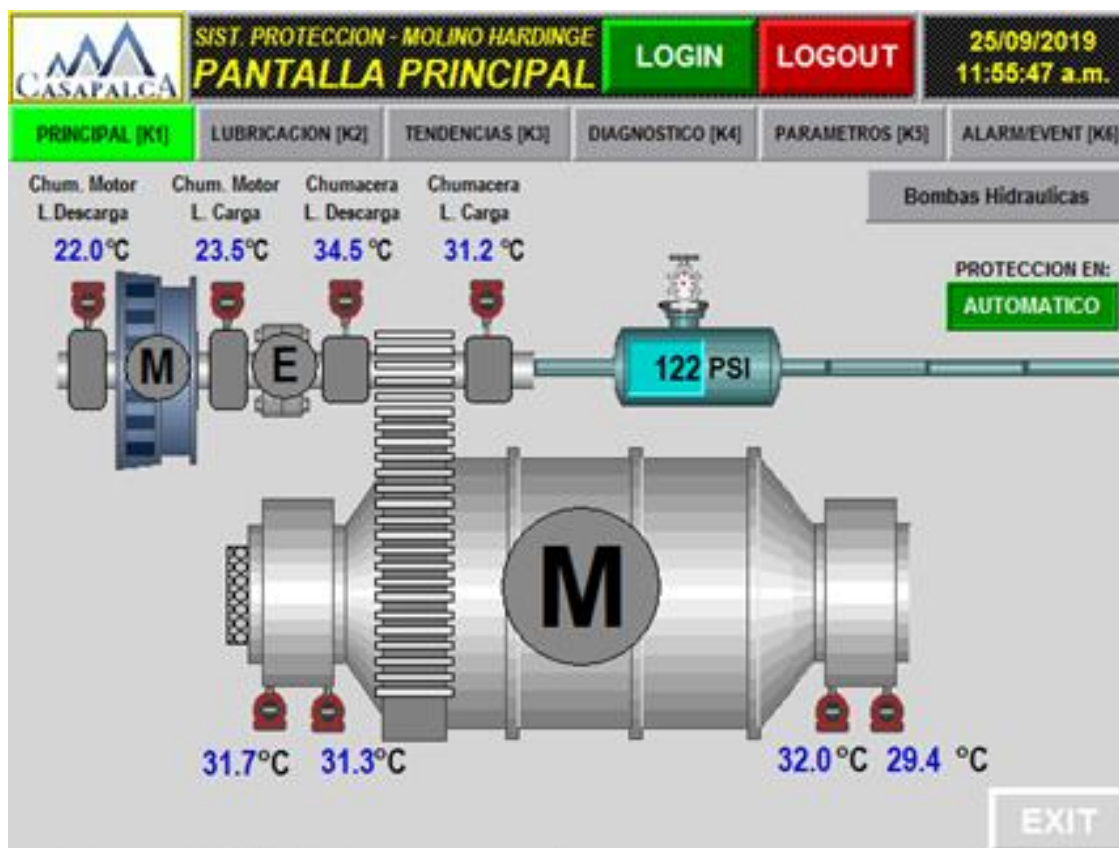
4.3.5 ENCLAVAMIENTO PARA LA PARADA DEL MOLINO:

- El sistema cuenta con una pantalla para las señales de alarma, controlado por un PLC.
- El PLC controla las siguientes señales de alarma: Los flujómetros unidades colocadas en la línea de Baja presión, a la entrada en los dos trunnions respectivamente (Carga y descarga de Mineral) las alarmas están configuradas de la siguiente manera si el flujo desciende menos de 7 gpm sonara una alarma y se encenderá la circulina, si el flujo desciende menos de los 5 gpm parara automáticamente el molino.
- Los RTD leen la temperatura del aceite tanto de Retorno del trunnion hacia el tanque de aceite como la temperatura de salida del aceite, de las bombas de baja hacia el trunnion del molino, las cuales al igual que el flujo estas están configuradas de la siguiente manera si la temperatura en algún punto de lectura es mayor a 45°C activará la sirena y circulina, si la temperatura pasa los 50°C detendrá el funcionamiento del molino.
- Los transmisores de presión de igual manera están enclavado con el encloche del molino en este caso se lectura la presión en el sistema de alta presión el cual se desciende menos de 250PSI activa la sirena y circulina, si desciende menos de 200PSI se desenclocha el molino.
- La presión del aire para el encloche también esta monitoreado en este caso si la presión de aire es menor a 105PSI activa la sirena y circulina, si la presión desciende por debajo de los 90PSI se desenclocha el molino.

4.4 HUMAN-MACHINE INTERFACE (HMI)

4.4.1 SCADA MOLINO PARADO

Figura 29: SCADA Pantalla principal Molino parado.



Elaboración Propia.

En la Pantalla “Principal”: Se diseñó el siguiente diagrama tomando en referencia las temperaturas de las chumaceras (Chumacera del Motor Lado Descarga, Chumacera del Motor Lado Carga, Chumacera del Molino Lado Carga, Chumacera del Molino Lado Descarga), la carga ingresa por el lado derecho (la carga que va a moler el molino), con agua, y sale por la izquierda (lado descarga), Los indicadores rojos (haciendo referencia a los PT100) son reflejos de los pirómetros, en rango grados Celsius.

La “E” hace referencia al encloche, ahora está “PARADO”, por esa razón tiene una coloración plomo oscuro, y los tres están en el mismo estado (Motor, encloche y molino), para esta coloración se siguieron las normas ANSI/ISA 101.

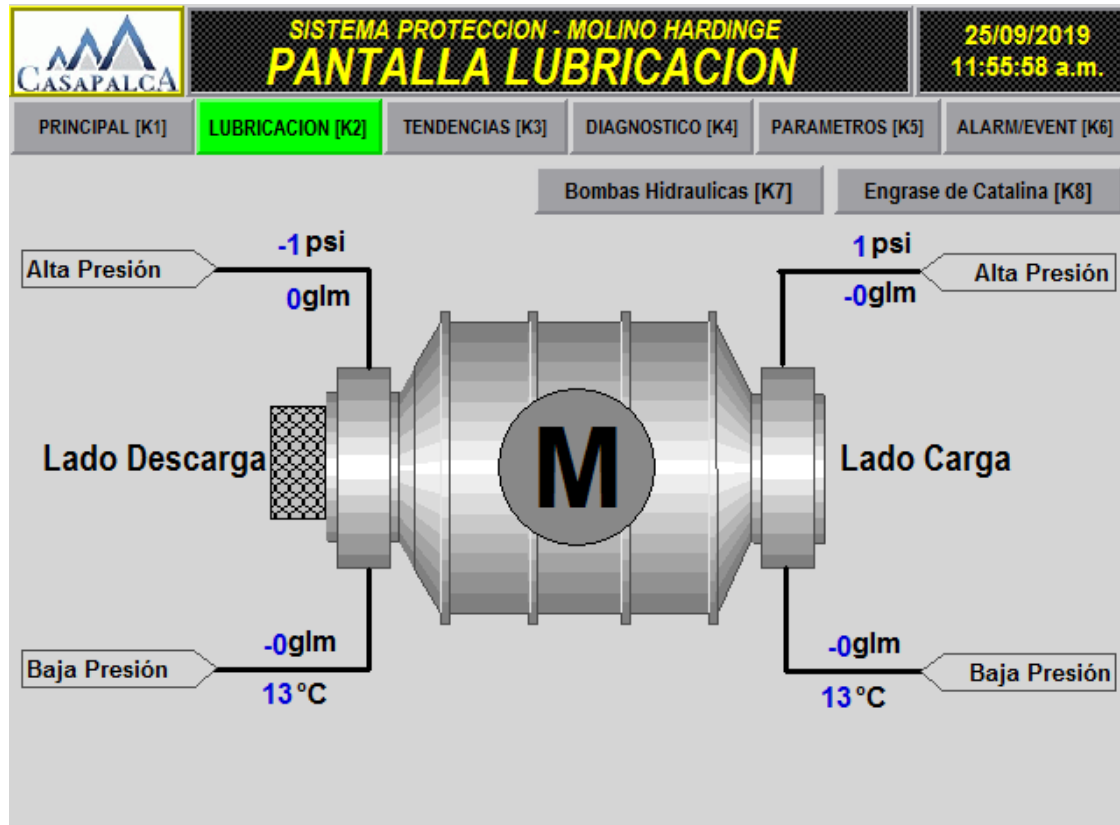
A su vez, se puede apreciar el trunnion (situado en los extremos del molino), este es el punto donde gira el molino, y también esta monitorizado, se colocó dos sensores, ya que el trunnion es un poco largo y puede variar su temperatura en sus extremos, tanto del lado carga y descarga.

El tanque celeste, representa al pulmón de aire del encloche, que generalmente se encuentra entre los valores de 115 y 125 psi, ahí se colocó un sensor de presión, esta presión tiene la finalidad de que el encloche cierre, es decir cuando el mecanismo inicia, el encloche embriaga (gira), pero todavía no se conecta con el molino, la parte interna del encloche está girando, y cuando se quiere iniciar el molino, este se activa con un botón, para meter el aire y se junte el mecanismo del motor con la del molino, cambiando de color (de gris a blanco).

También se colocó un botón de automático, situado en el margen medio-superior en el lado derecho ; cuando este se encuentra fijado en automático, se está monitorizando constantemente la temperatura en las chumaceras, en los trunnions, y cuando supera la temperatura permitida sonara una alarma o cesara los procesos que se estén llevando a cabo, pero se tiene la posibilidad de desactivar, para que actúe en forma “Manual”, puede darse la posibilidad que un sensor falle, y mande una lectura errónea, y como resultado, hacer que el molino pare, pues si es un sensor dañado no debería afectar a que el mecanismo siga funcionando normalmente.

Se verifica con un pirómetro que la temperatura, este realmente en el rango correcto, y a continuación se pasa a modo “Manual”, y se arranca el molino para que siga procesando, mientras se aprovecha para cambiar el sensor.

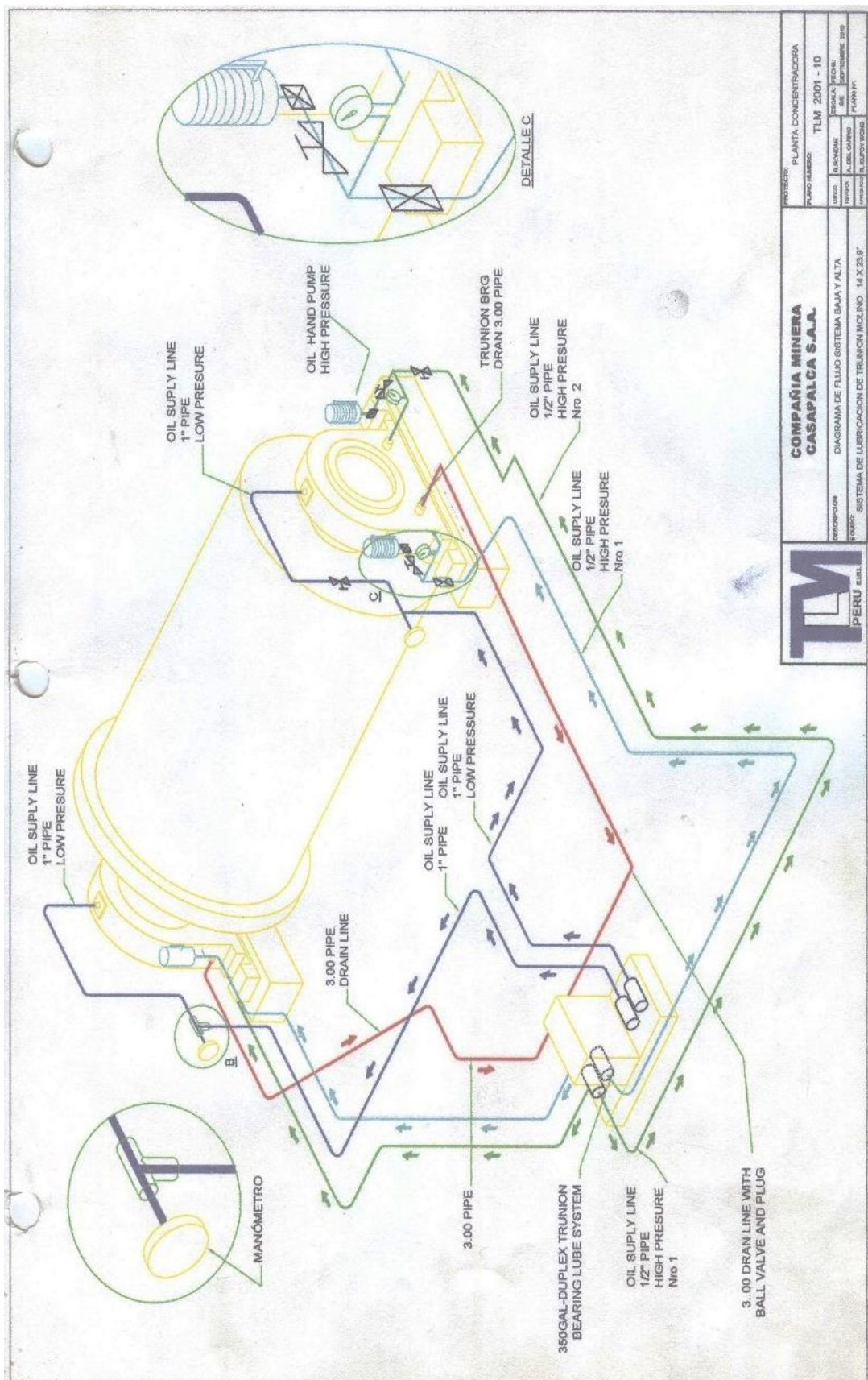
Figura 30: Pantalla de lubricación del molino.



Elaboración Propia.

En la Pantalla de “Lubricación”: En este grafico se muestra el flujo del lado de alta presión y los valores de las presiones (alta y baja), así como temperaturas de los trunnions. A continuación, se explica la razón de la monitorización de cada una de estas.

Figura 31: Diagrama de flujo sistema baja y alta.



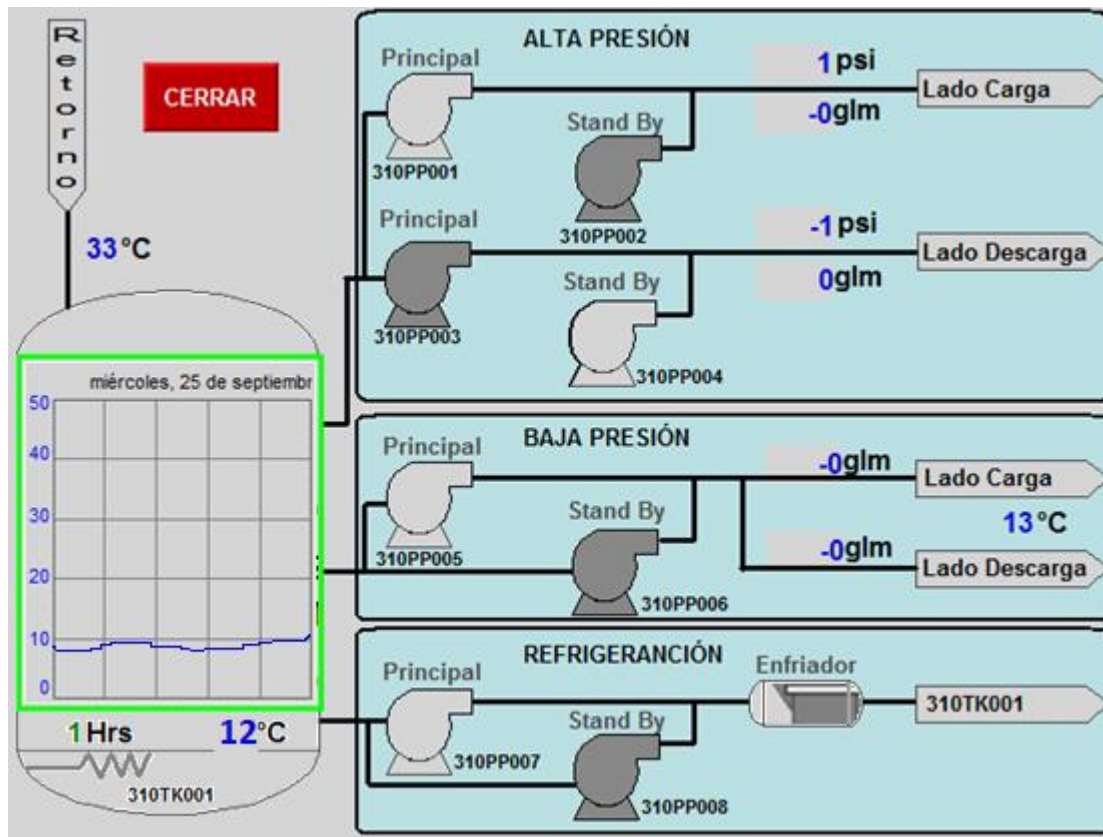
		COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.A.	
		DIAGRAMA DE FLUJO SISTEMA BAJA Y ALTA	
PROYECTO: PLANTA CONCENTRADORA		PLANTA: TLM 2001 - 10	
TITULO: SISTEMA DE LUBRICACION DE TRUNION MOLINO 14 X 23 1/2"		AREA:	
AUTORES:		FECHA:	
ASESORADO POR:		APROBADO POR:	

Fuente: (TLM, 2010).

En el gráfico se muestra el molino con sus trunnions, la línea de alta presión del lubricante (línea verde), entra por debajo, y su función es formar una película (separación) debajo del trunnion para que el molino no choque metal con metal, pues cuando el mecanismo está en reposo estos se juntan (cae el molino, y se encuentra metal con metal), y la línea de regreso (color rojo) retorna el lubricante al tanque, el tanque es uno para todos los procesos, solo varía las bombas, que hacen más presión en ambos lados de los trunnions; también se tiene la línea de baja presión del lubricante, que cumplen son usados en lubricación y refrigeración, al contrario de “Alta presión” este entra por la parte superior, rociándose, y este lubricante también retorna al mismo tanque, donde pasará por la parte de refrigeración para que el lubricante no esté a por encima del valor permitido, por el tema de fricción, giro del molino, el lubricante no baja de un cierto valor, y por lo tanto la resistencia ya no está activa, la temperatura se comporta durante el día de distinta forma, al mediodía la temperatura sube y en la noche esta disminuye.

También la línea de baja presión del lubricante entra al trunnion, así como a las cuatro chumaceras; las chumaceras como ejes donde se encuentran los rodamientos, necesitan de lubricación, y se usa también el mismo lubricante para estos. Para la línea de alta presión del lubricante, es necesario conocer los valores de las presiones, para que se forme la separación ya mencionada, y si esta no es un valor promedio (400PSI-700PSI), no se debería poder arrancar el molino, en cambio en la línea de baja presión, lo importante es que solo haya flujo (7gpm-30gpm), y es por esa la razón de la medición de flujo y temperatura.

Figura 32: Pantalla de Sistema de lubricación.



Elaboración Propia.

En la pantalla “Unidad hidráulica”: En el SCADA, cuando el molino es arrancado, se tiene que revisar, la temperatura del tanque (lubricante); el elemento 310TK001 es la codificación del tanque en la parte baja tiene una resistencia, que, en la gráfica, tiene una coloración roja, cuando está activa, y coloración gris, cuando no está activa, y esto con la finalidad, de que el lubricante debe tener una temperatura mínima de 20°C si no el lubricante no podrá ingresar. Cuando la temperatura del lubricante supera 40°C, en el mecanismo existe un ventilador, que disminuye su temperatura, a su vez también se hace consideraciones, de tiempo (mediodía, noche) para variar su comportamiento.

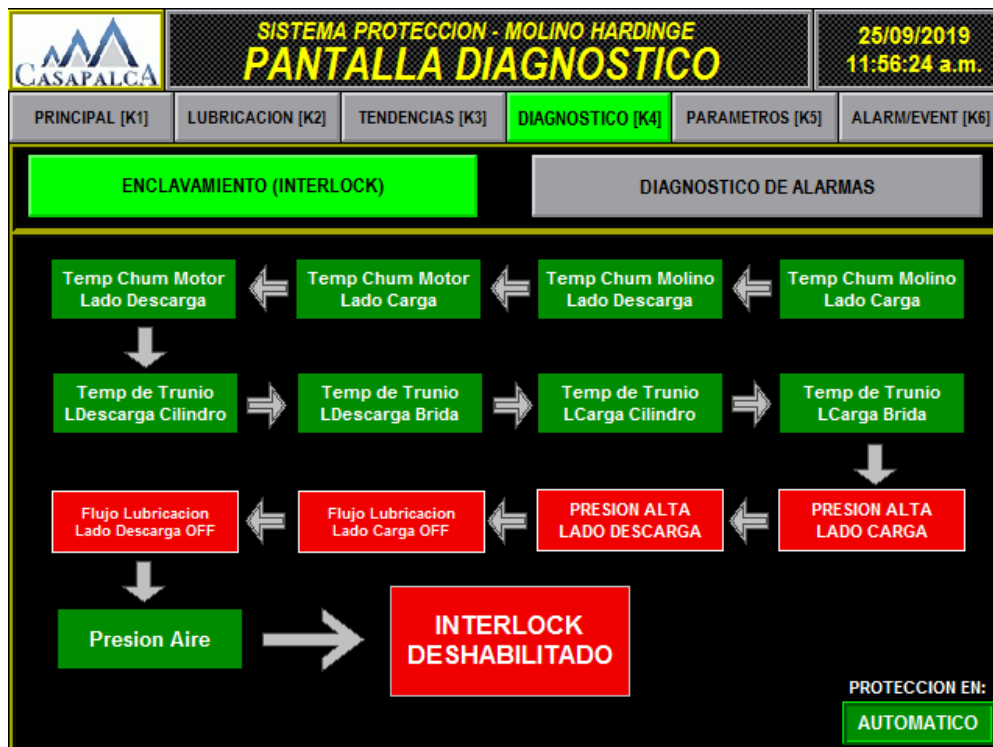
En el tanque, en la parte superior se muestra el retorno, y la temperatura a la cual regresa el lubricante; el valor de temperatura del tanque se encuentra en el mismo. En el

tanque se muestra una tendencia de la temperatura en un periodo de 1 hora esto se tomo del estándar ANSI/ISA101, de la escala de 0 a 50°C, generalmente se encuentra entre 20°C y 40°C.

Se muestra que, del mismo tanque, sale las líneas para alta presión, baja presión y refrigeración, en “alta presión” se muestran cuatro bombas, no trabajan a la vez, solo trabajan dos, las que están habilitadas son de color gris oscuro, y las que están deshabilitadas son gris claro similar al color del fondo esto siguiendo lo indicado por el estándar ANSI/ISA101; se tiene dos bombas por línea, por un caso de tolerancia a fallas, si falla una bomba, la otra puede entrar en su lugar.

La etapa de refrigeración controla la temperatura del mecanismo, por lo tanto, siempre se encuentra en funcionamiento, y a su vez también tiene dos bombas, este extrae lubricante, lo enfría y lo regresa al mismo tanque.

Figura 33: Pantalla de diagnóstico.



Elaboración Propia.

En la Pantalla de “Diagnostico”: Se muestra los enclavamientos (interlocks) que hace los valores del mecanismo dependientes unos de los otros, ya que las presiones y los flujos no reúnen los valores permitidos para el funcionamiento, el interlock se encuentra deshabilitado.

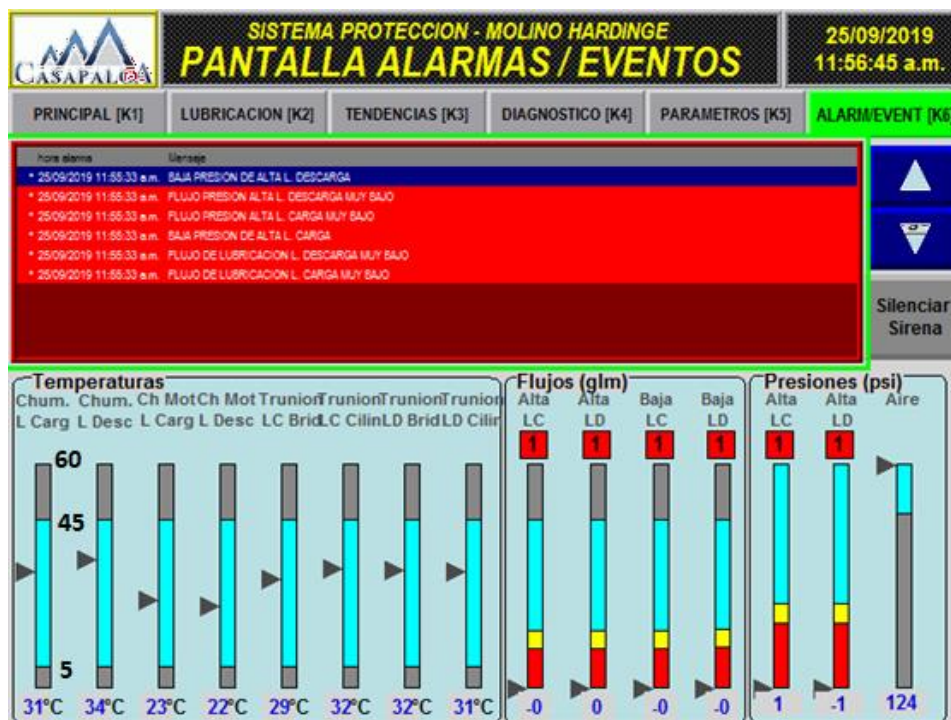
Figura 34: Pantalla de Alarmas.



Elaboración Propia.

En la Pantalla de “Alarmas”: Por consecuencia, de la anterior tableta, las presiones y flujos se encuentran en valores prohibidos para el funcionamiento, el sistema de alarma se encuentra activa.

Figura 35: Pantalla de alarmas y eventos.

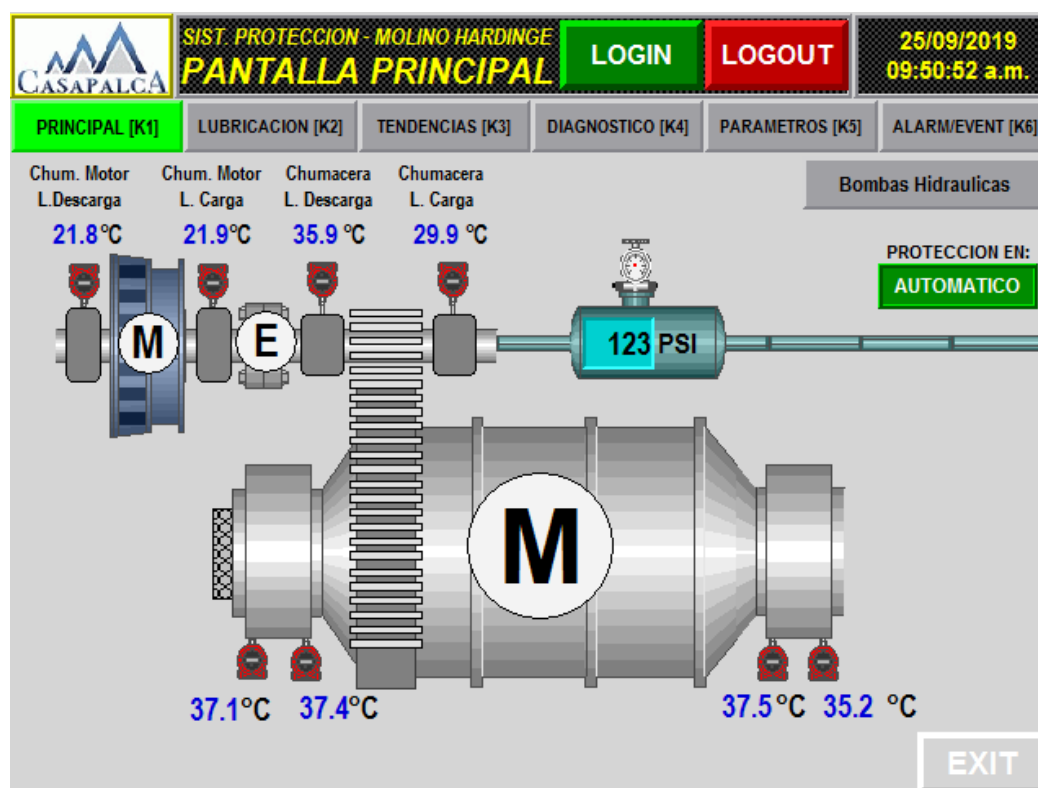


Elaboración Propia.

En la Pantalla de “Alarm/Event”: En el gráfico, ya que el molino este “parado”, los flujos y presiones, deberían estar en cero, y estos son valores prohibidos para el funcionamiento, y es la razón que se encuentran en cuadrado rojo de nivel 1, que significa, el cese de todo proceso del mecanismo. Además, se muestra un cuadro de incidencias, con hora y descripción de la razón de los contratiempos el cual se almacena para un posterior análisis.

4.4.2 SCADA MOLINO ARRANCADO

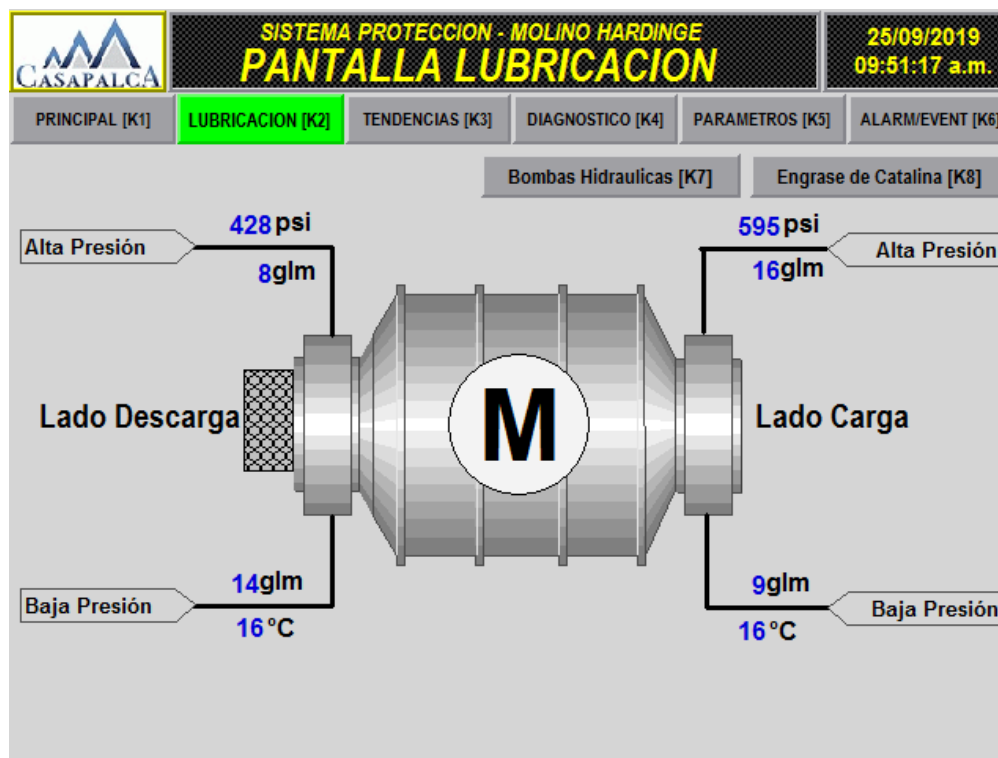
Figura 36: Pantalla principal molino arrancado.



Elaboración Propia.

En la Pantalla “Principal”: Usando la norma ISA para el uso de colores en los instrumentos, se denoto al motor, el encloche, y el molino con las siglas M,E,M respectivamente, así como se puede apreciar en el gráfico, los elementos están encendidos (tienen un fondo blanco), es decir el molino está girando.

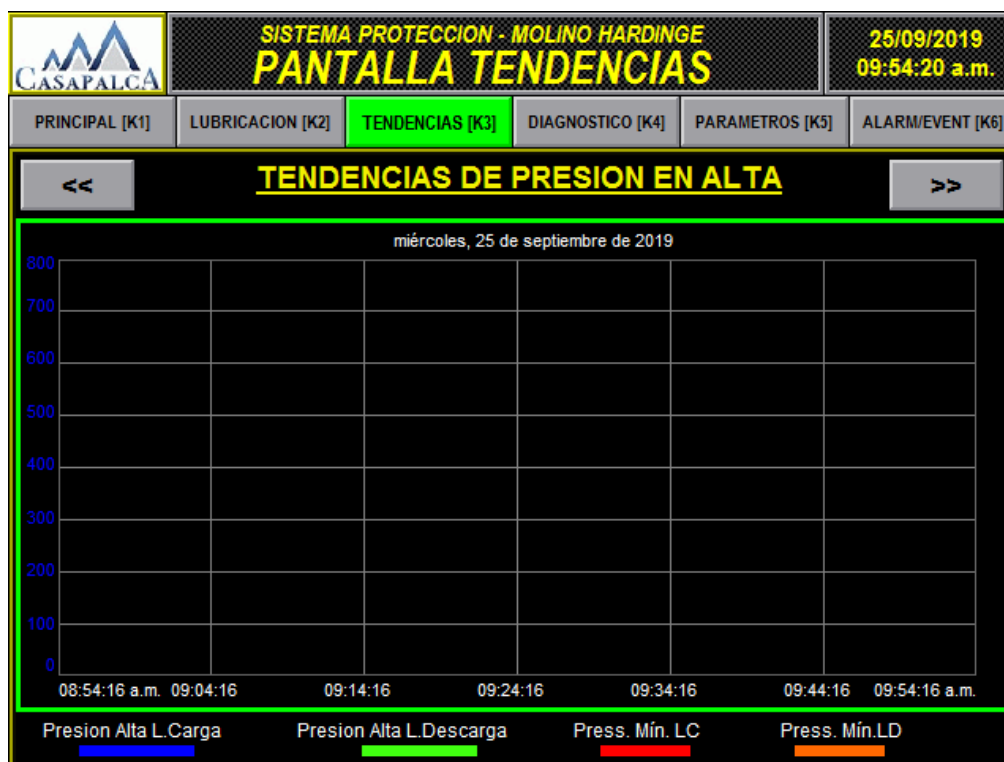
Figura 37: Pantalla de Lubricación.



Elaboración Propia.

En la Pantalla de “Lubricación”: Aquí se reflejó valores de las presiones, tanto en el lado carga (lado derecho), como en el lado descarga (lado izquierdo), de los dos tipos, alta presión y baja presión, midiendo en caudal volumétrico en galones por minuto (gpm) y midiendo la presión en Libras por pulgada cuadrada (psi). Las temperaturas son las mismas pues es el mismo punto.

Figura 38: Pantalla de tendencias.

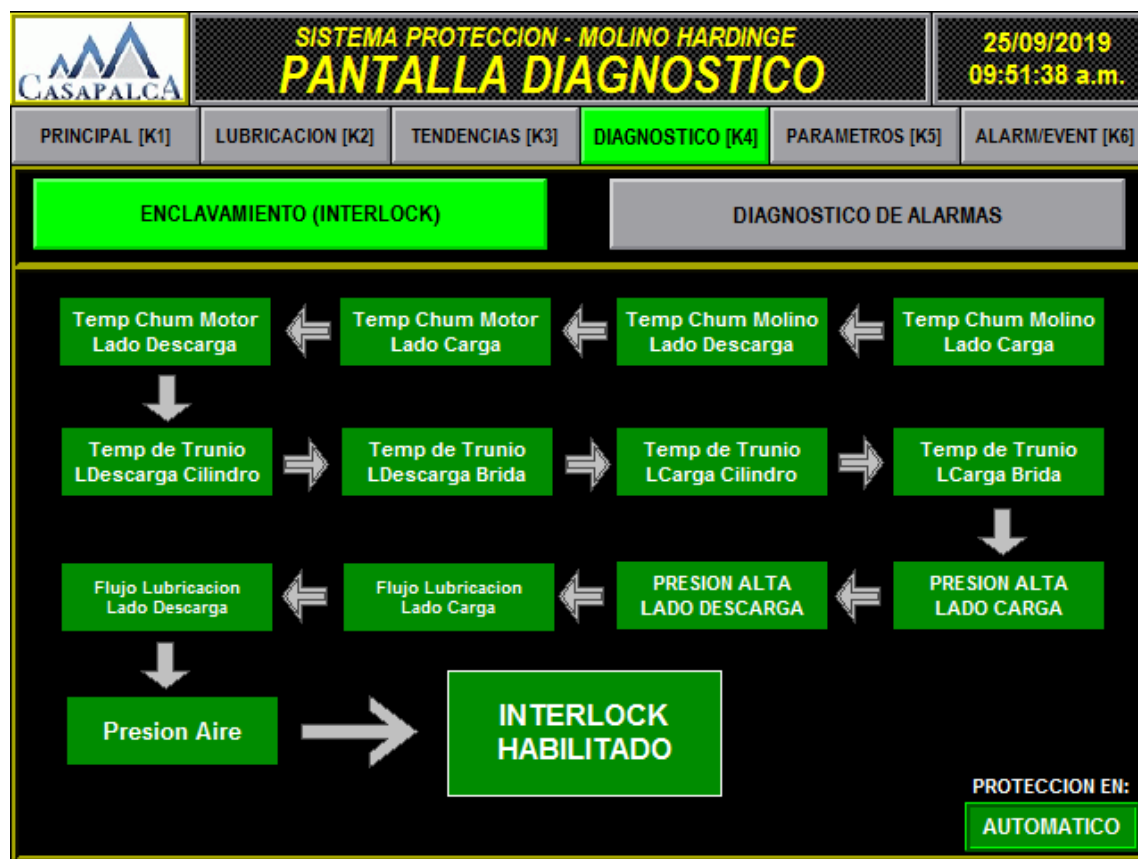


Elaboración Propia.

En la Pantalla de “Tendencias”: Aquí se colocó el cuadro de historial, el cual puede mostrar en el rango de una hora los valores de los procesos en diferentes colores; Presión Alta Lado Carga (azul), Presión Alta Lado Descarga(verde), Presión Baja Lado Carga(rojo), Presión Baja Lado Descarga(anaranjado).

En la tableta de “Tendencias [K3]”: De la misma manera esta tableta muestra valores de las temperaturas del aceite en las chumaceras del motor y del molino, en el rango de una hora; Chumacera del Motor Lado Carga (Turquesa), Chumacera del Motor Lado Descarga (Celeste), Chumacera del Molino Lado Carga (Anaranjado), Chumacera del Molino Lado Descarga (Ocre).

Figura 39: Pantalla con Interlock habilitado.



Elaboración Propia.

En la Pantalla “Diagnostico”: Aquí se colocó interlocks, haciendo que la revisión de las características (presiones, temperaturas, flujos) sean mutuamente dependientes. Haciendo esto para prevenir estados no deseados o malfuncionamientos en todo el proceso, evaluando así el sistema al arrancarlo.

Figura 40: Pantalla de alarmas sin problemas.



Elaboración Propia.

En la Pantalla de “Diagnostico”: Aquí se colocó un sistema de diagnóstico de alarmas, y así concluir que el sistema no tiene fallas ni malfuncionamientos y detectar fácilmente donde es el inconveniente.

Figura 41: Pantalla de Configuración de parámetros.

PRINCIPAL [K1]		LUBRICACION [K2]		TENDENCIAS [K3]		DIAGNOSTICO [K4]		PARAMETROS [K5]		ALARMEVENT [K6]	
Temp Chumacera Motor Lado Carga		TEMP. TRUNIO L CARGA CILINDRO		PRESION ALTA LADO CARGA (PSI)		Silenciar Sirena					
Temp Alarma:	45 °C	Temp Alarma:	45 °C	Press Alarma:	250						
Temp Parar:	50 °C	Temp Parar:	50 °C	Press Parar:	200					Flujo de aceite ALTA L. Carga	
Temp Chumacera Motor Lado Descarga		TEMP. TRUNIO L CARGA BRIDA		PRESION ALTA LADO DESCARGA (PSI)		Flujo Alarma:		5.0 GPM			
Temp Alarma:	45 °C	Press Alarma:	45 °C	Press Alarma:	250					Flujo de aceite ALTA L. Descarga	
Temp Parar:	50 °C	Press Parar:	50 °C	Press Parar:	200					Flujo Alarma:	
Temp Chumacera Molino Lado Carga		TEMP. TRUNIO L DESC. CILINDRO		PRESION DE AIRE (PSI)		Flujo Aceite BAJA Lado Carga					
Temp Alarma:	45 °C	Temp Alarma:	45 °C	Press Alarma:	105	Flujo Alarma:		7.0 GPM			
Temp Parar:	50 °C	Temp Parar:	50 °C	Press Parar:	90	Flujo Habilitar:		5.0 GPM			
Temp Chumacera Molino Lado Descarga		TEMP. TRUNIO L DESCARGA BRIDA				Flujo Aceite BAJA Lado Descarga					
Temp Alarma:	45 °C	Press Alarma:	45 °C			Flujo Alarma:		7.0 GPM			
Temp Parar:	50 °C	Press Parar:	45 °C			Flujo Habilitar:		5.0 GPM			

Elaboración propia.

En la pantalla de “Parámetros”: En esta tableta, se diseñó para poder configurar los valores de las alarmas cuadro de color amarillo, rojo es para el cese completo de procesos, el cual encausa un interlock para este fin, y el amarillo es utilizado para sonar la alarma. Al ser esta pantalla de suma importancia para la operación de las alarmas se colocó un “LogIn” esto significa que para poder modificar los parámetros de esta pantalla se deberá estar logeado con un usuario y contraseña que solo tendrán acceso personal autorizado.

Tabla 4.6: Parámetros de variables de proceso.

Parámetro	Condición	Alarma	Desembrague
Temperatura (T)	T > 45 °C	X	
	T > 50 °C		X
Presión (P)	P < 250 psi	X	
	P < 200 psi		X
Flujo (F)	F < 7 gpm	X	
	F < 5 gpm		X

Elaboración Propia.

Figura 42: Pantalla de alarma y eventos del sistema de protección.



Elaboración Propia.

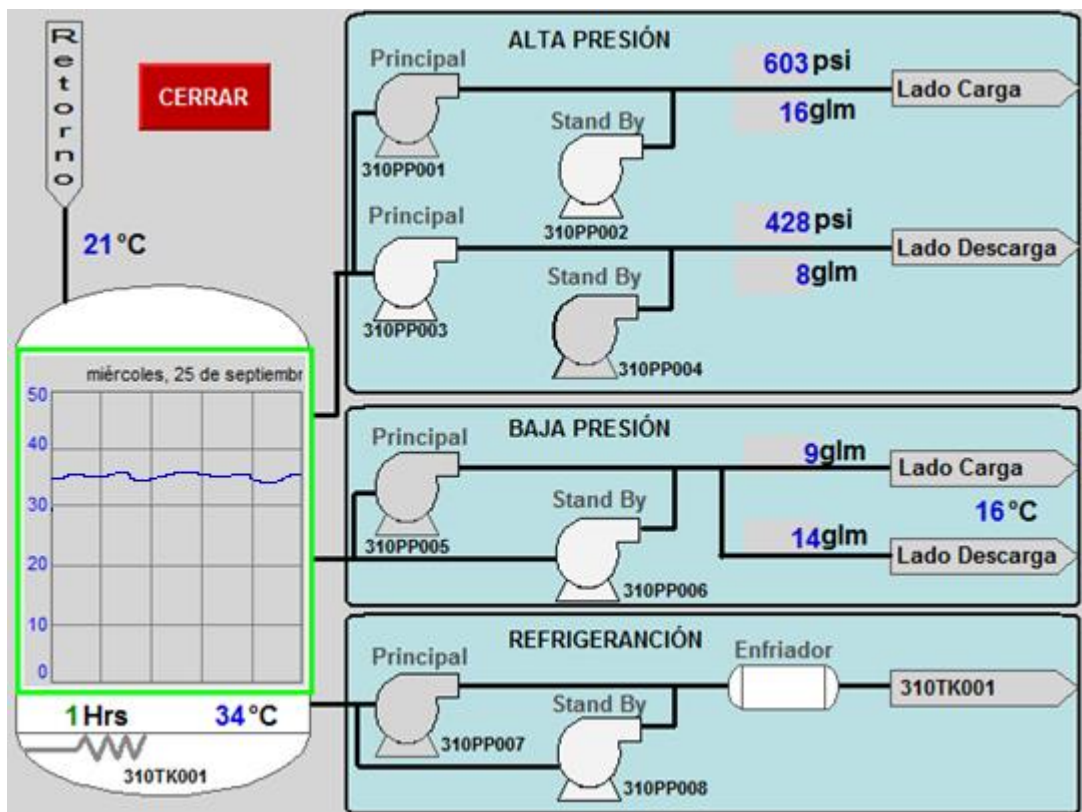
En la pantalla “Alarm/Event [K6]”: En esta tableta se colocaron, barras de nivel, para una mejor visualización y reconocimiento, también se colocaron simbologías, como;” cuadrado” de nivel 1, y a su vez aparece un cuadrado en la parte

superior de las barras de nivel, indicando que todo proceso debe cesar, ya que están en un rango peligroso o prohibido. Y también está “Triangulo” que representa las alarmas de nivel 2, que indica con una alarma (sirena) que los valores, no están en un rango permitido. En el gráfico de las barras de nivel, se encuentra en estado turquesa, ya que todo está en un rango normal (sin alarmas).

Cuando la torre de nivel pasa a nivel 1 “cuadrado (rojo)”, el interlock de la parte superior lo deshabilita (para el molino, por el desencloche).

4.4.3 SCADA DE LUBRICACIÓN Y ENFRIAMIENTO

Figura 43: Sistema de lubricación.

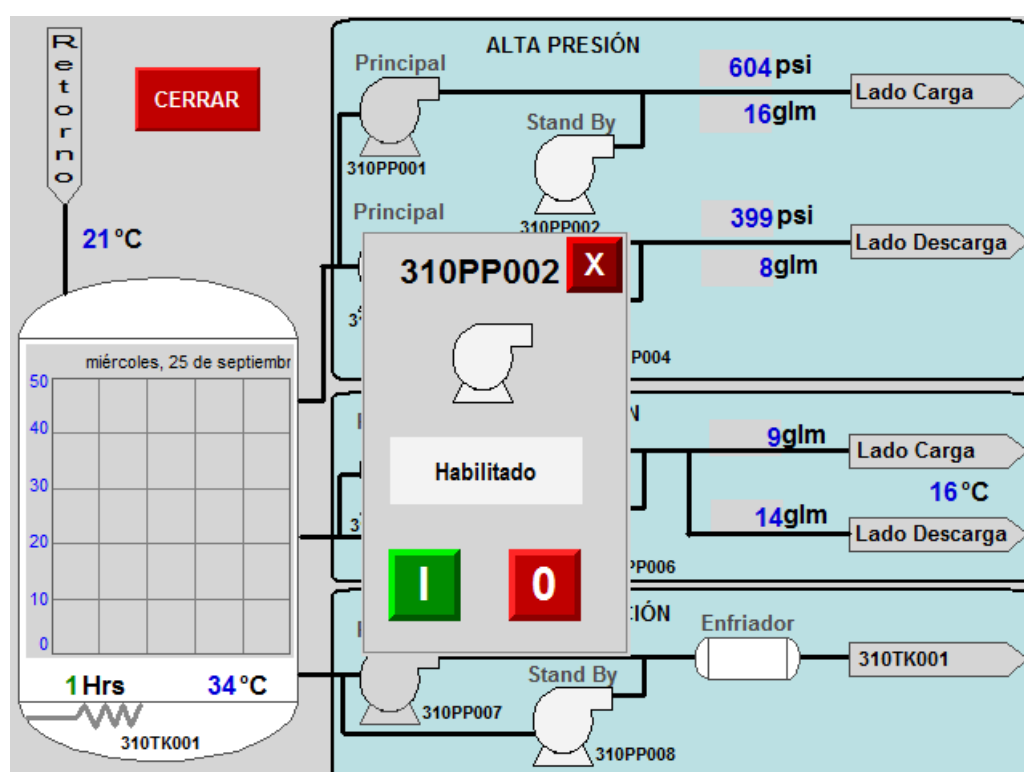


Elaboración Propia.

En el diseño se colocó, valores del caudal volumétrico, y las presiones, y se siguió el estándar ANSI/ISA 101 para instrumentos habilitados, no habilitados o que ya estén en funcionamiento; los motores que están de color igual que el fondo, están deshabilitados, y los motores que están de color blanco, ya se encuentran en funcionamiento.

4.4.4 ARRANQUE DE MOTORES DE BOMBAS

Figura 44: Detalle de motor habilitado.

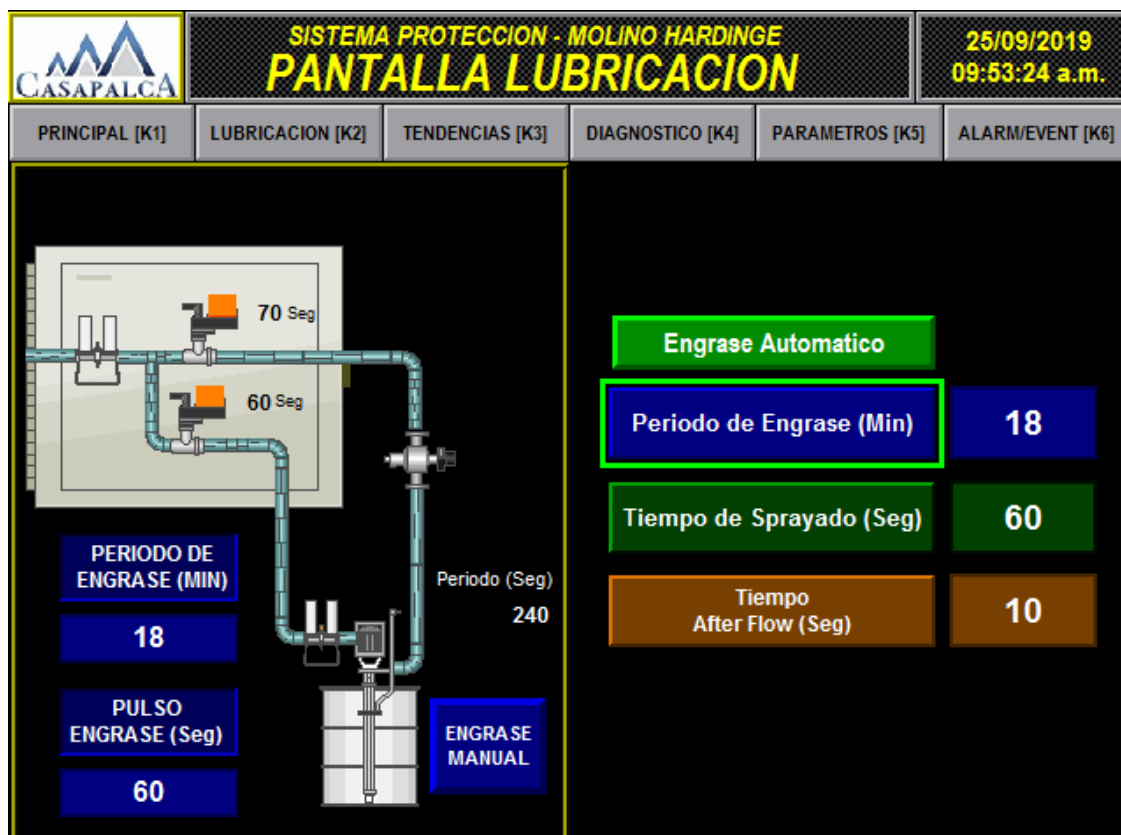


Elaboración Propia.

El diseño incluye, que al hacer click en el motor, se puede configurar el estado de este, como arrancar, parar, habilitar, o deshabilitar.

4.4.5 SCADA COMPLEMENTARIAS

Figura 45: Sistema de engrase.



Elaboración Propia.

Se diseñó adicionalmente, controles complementarios de engrase (con el fin de engrasar, las juntas entre los piñones que giran y se juntan con el engranaje de todo el molino, por medio mangueras de pequeño diámetro), estos controles son para modificar los periodos (de engrase, sprayado) en los cuales se realiza esta acción.

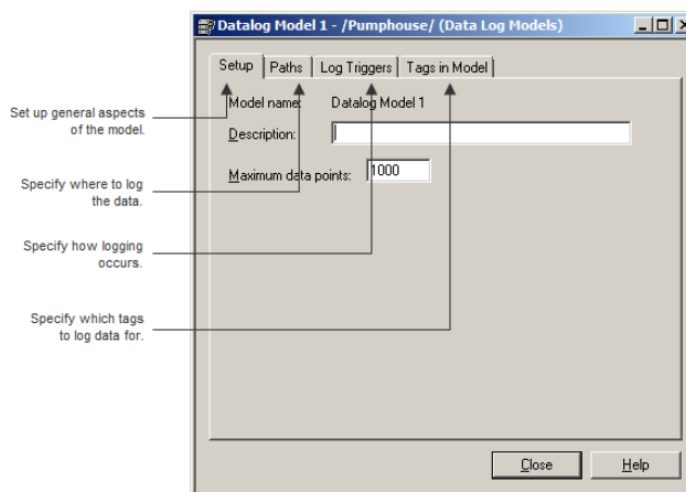
4.5 ALMACENAMIENTO DE DATOS DEL SISTEMA

Para el almacenamiento en una base de datos se realizó el enlace entre los softwares de FactoryTalk y el Microsoft Access.

Usando el DataLog del FactoryTalk Editor de modelo de registro de datos para crear uno o más modelos de registro de datos. Cada modelo de registro de datos es un

archivo almacenado en la carpeta del editor. Tú puede abrir y trabajar en múltiples modelos al mismo tiempo.

Figura 46: FactoryTalk Pantalla DataLog.



Elaboración Propia.

Logrando obtener un archivo en Access.

Figura 47: Archivo de Base de datos.

📁 Symbols	6/09/2019 11:06	Carpeta de archivos	
📄 00000001.cbk	10/07/2019 15:06	Archivo CBK	4 KB
📄 00000001.csc	6/09/2019 19:00	Archivo CSC	4 KB
📄 alarm.cfg	3/06/2019 16:28	Archivo CFG	4 KB
📄 app.ver	3/11/2019 17:17	Archivo VER	1 KB
📄 appedit.lok	3/11/2019 17:05	Archivo LOK	1 KB
📄 applogic.lbk	14/06/2019 17:26	Archivo LBK	1 KB
📄 applogic.lgc	26/08/2019 17:57	Archivo LGC	1 KB
📄 AppStg.stg	6/06/2019 10:50	Archivo STG	3 KB
📄 CHANCA	6/09/2019 09:40	Archivo JPG	23 KB
📄 CICLON	6/06/2019 16:09	Archivo JPG	2 KB
📄 COLORES.PAL	4/06/2019 08:34	Archivo PAL	2 KB
⚙️ db	3/11/2019 17:16	Opciones de confi...	5 KB
📄 DB_SCADA_PLANTA	6/11/2019 14:46	Microsoft Access ...	5 KB
📄 DB_SCADA_PLANTA	8/12/2019 10:38	Microsoft Access ...	625,156 KB
📄 DB_SCADA_PLANTA_Backup	3/07/2019 10:06	Microsoft Access ...	4,196 KB

Elaboración Propia.

4.6 HISTORIAL DE VARIABLES DE PROCESOS

Al tener una base de datos abrimos el archivo generado en Microsoft Access.

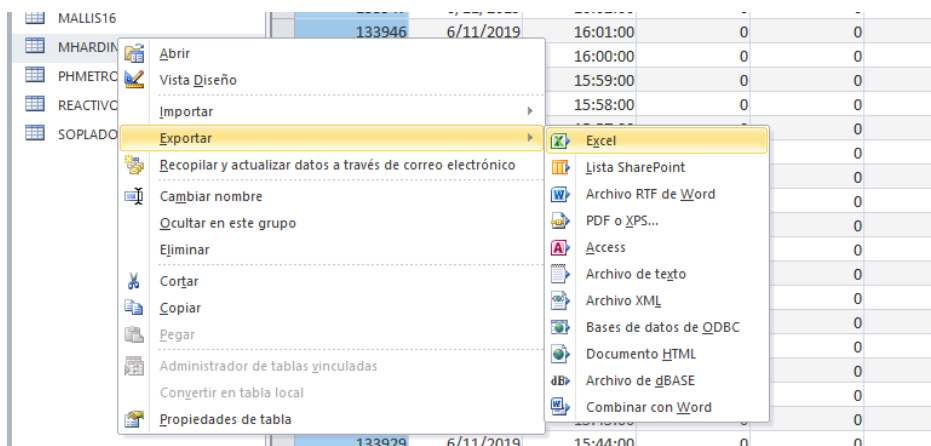
Figura 48: Base de datos en Access.

ID	FECHA	HORA	MOLINO_EN	PT_005	TT_001	TT_002	TT_003	TT_004	TT_007	TT_010	TT_011	TT_012	RUN_310PP1	RUN_310PP1	FAULT_310P	FAULT_310P	V_310PP0
133961	6/11/2019	16:18:00	0	0	3	3	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133966	6/11/2019	16:15:00	0	0	3	3	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133959	6/11/2019	16:14:00	0	0	3	3	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133958	6/11/2019	16:13:00	0	0	3	3	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133957	6/11/2019	16:12:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133956	6/11/2019	16:11:00	0	0	3	3	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133955	6/11/2019	16:10:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133954	6/11/2019	16:09:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133953	6/11/2019	16:08:00	0	0	3	3	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133952	6/11/2019	16:07:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133951	6/11/2019	16:06:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133950	6/11/2019	16:05:00	0	0	3	3	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133949	6/11/2019	16:04:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133948	6/11/2019	16:03:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133947	6/11/2019	16:02:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133946	6/11/2019	16:01:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133945	6/11/2019	16:00:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133944	6/11/2019	15:59:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133943	6/11/2019	15:58:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133942	6/11/2019	15:57:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133941	6/11/2019	15:56:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133940	6/11/2019	15:55:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133939	6/11/2019	15:54:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133938	6/11/2019	15:53:00	0	0	3	3	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133937	6/11/2019	15:52:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133936	6/11/2019	15:51:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133935	6/11/2019	15:50:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133934	6/11/2019	15:49:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133933	6/11/2019	15:48:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133932	6/11/2019	15:47:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133931	6/11/2019	15:46:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133930	6/11/2019	15:45:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133929	6/11/2019	15:44:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133928	6/11/2019	15:43:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133927	6/11/2019	15:42:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133926	6/11/2019	15:41:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133925	6/11/2019	15:40:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133924	6/11/2019	15:39:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0
133923	6/11/2019	15:38:00	0	0	3	4	3	3	4	4	4	3	0	0	0	0	0

Elaboración Propia.

Al tener la data lo que se realiza es exportarlo a Excel para su procesamiento de la siguiente manera, haciendo click derecho en el archivo deseado, luego click en exporta luego Excel.

Figura 49: Exportando Base de datos de Access a Excel.

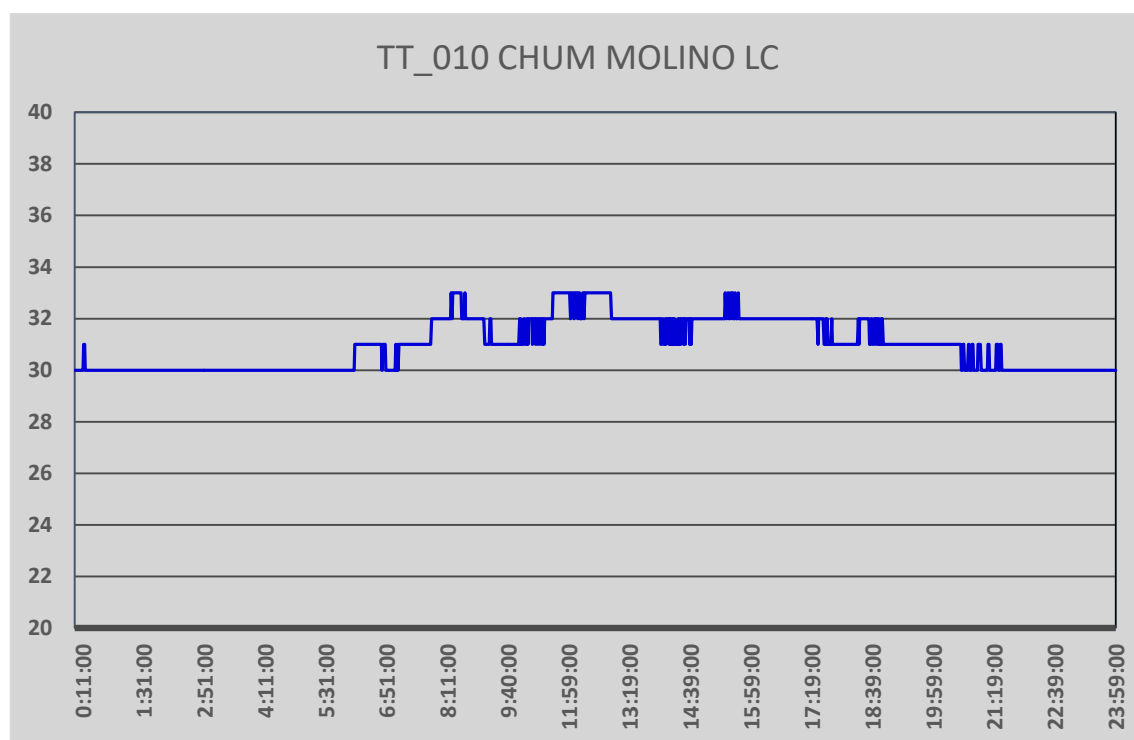


Elaboración Propia.

Una vez en excel se generan las tendencias como por ejemplo.

En la siguiente grafica tenemos el comportamiento de la tempera en la Chumacera del molino lado carga esta grafica nos muestra el comportamiento de la temperatura en un día completo (27/10/2019).

Figura 50: Grafica en Excel de la temperatura de la chumacera en un día.

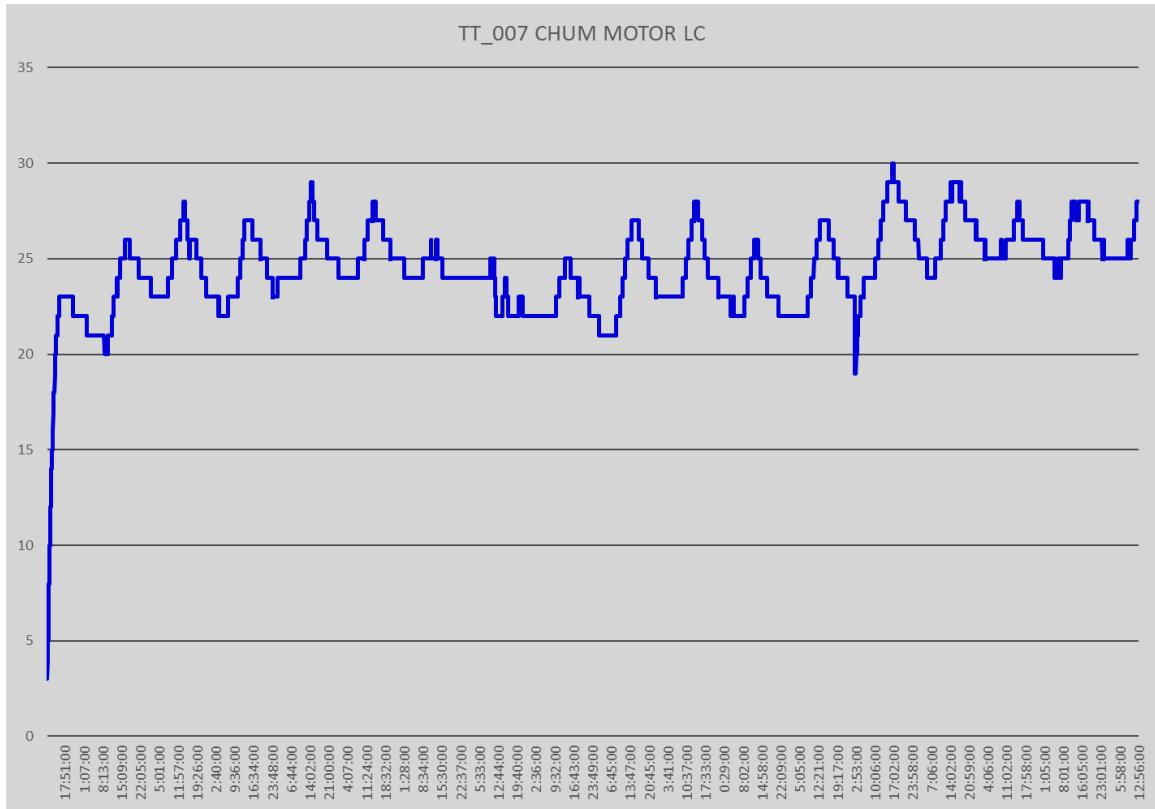


Elaboración Propia.

Donde podemos analizar que la temperatura se mantiene entre 30°C y 34°C lo cual es adecuado según lo planteado en la hipótesis. Esto nos indica que el control de la temperatura esta dentro de lo deseado.

También podemos realizar un análisis completo de un mes y obtenemos el siguiente resultado.

Figura 51: Grafica en Excel de la temperatura de la chumacera en un mes.

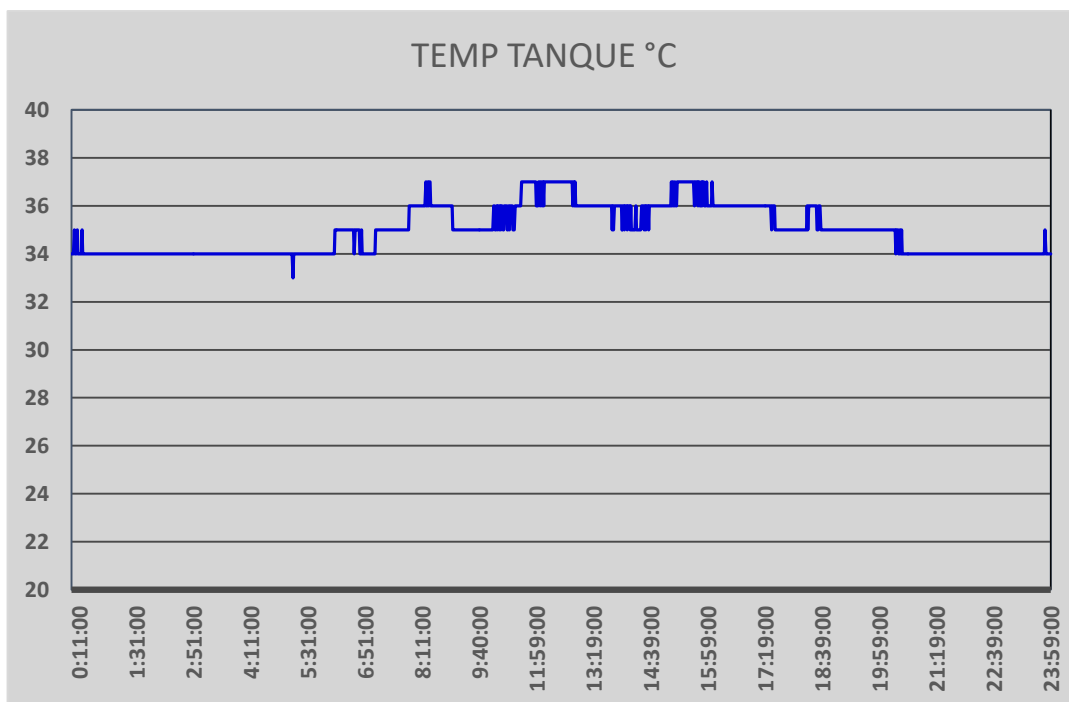


Elaboración Propia.

En la anterior imagen podemos notar el comportamiento de la temperatura durante el mes de octubre la cual se mantiene dentro de los parámetros deseados. A inicios de mes se estuvo en parada de planta por esa razón la temperatura empieza muy baja.

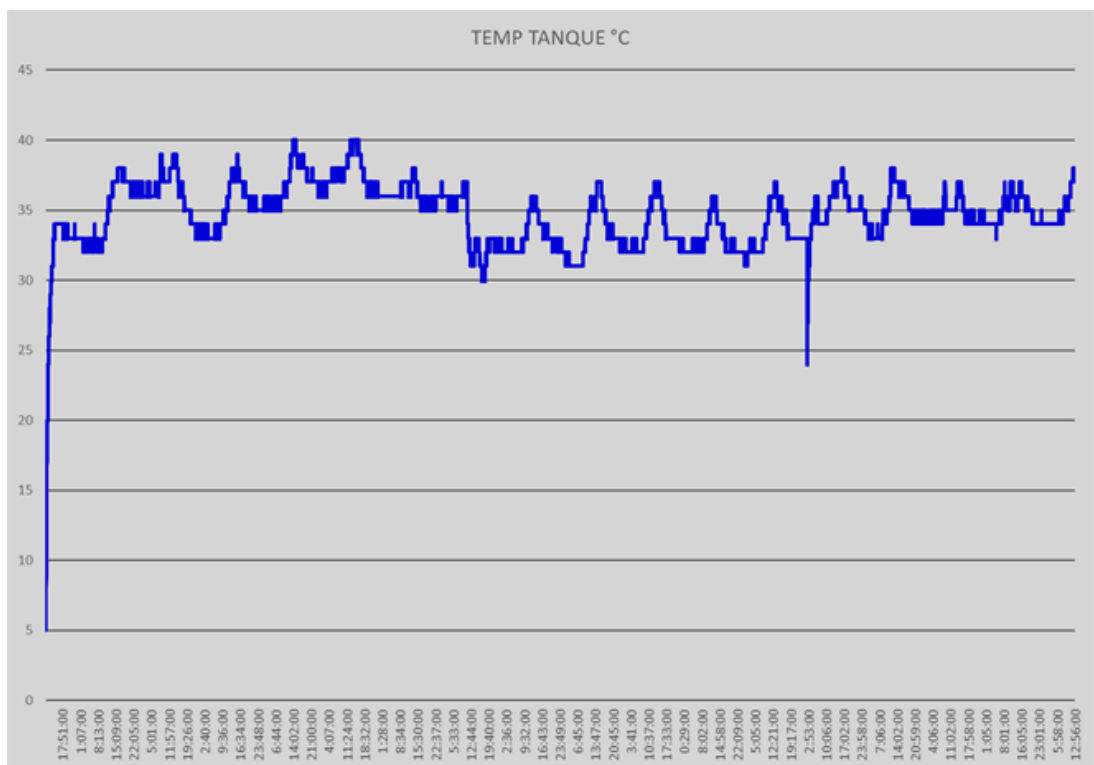
En el tanque de aceite también se analizó el comportamiento de la temperatura en un día y un mes respectivamente obteniéndose el siguiente resultado.

Figura 52: Grafica en Excel de la temperatura del aceite en el tanque en un día.



Elaboración Propia.

Figura 53: Grafica en Excel de la temperatura del aceite en el tanque en un mes.



Elaboración Propia.

4.7 DISCUSIÓN

Antes de la automatización se contaba con un visualizador de temperatura de tanque el cual no ayudaba con el control, no se tenía protecciones por flujo y presión. Se instaló sensores de flujo, presión y temperatura los cuales son procesados por un PLC y visualizados en un PanelView.

Antes de la automatización la toma de datos era de forma manual usando pirómetros y midiendo en las distintas chumaceras el valor era anotadas y posteriormente ingresadas a un Excel este proceso se realizaba una vez por semana, con la automatización este proceso se realiza de forma automática guardándose estos datos cada minuto y siendo almacenados en una base de datos en Microsoft Access.

Quintana Silva en el año 2015 indica que: el operador adicionalmente puede ver las temperaturas de los devanados del motor, las temperaturas del descanso del motor, las temperaturas del descanso del molino, las temperaturas de los aceites de lubricación y las temperaturas del tanque que tienen las bombas de alta y baja para ambos descansos del molino; y establece fallas que desconectan el embrague, no detienen motor ni sistema de lubricación, y son: cuando la temperatura de los descansos del molino supera los 60. También determina las fallas que desconectan el embrague, detienen motor y el sistema de lubricación, y son: si la temperatura de los descansos del motor del molino supera los 55 °C (Quintana, 2015).

En esta investigación el operador también puede ver las temperaturas en diferentes partes del molino, en el tanque de lubricación, en los sistemas de bombas de alta y baja presión y en caso de fallas se puede desconectar también el embrague, la diferencia con la tesis de Quintana del 2015, es que las temperaturas umbrales son

diferentes porque la maquinaria también es diferente y se encuentra en distintos ambientes.

Cabezas Casco en el año 2017 indica que: la temperatura de trabajo del molino oscila entre 25° a 60° con lo que obtenemos la viscosidad de trabajo tomando en cuenta las especificaciones del manual de rodamientos en el cual obtiene un valor de $30 \text{ mm}^2/\text{s}$, y también obtiene un grado de viscosidad que da como resultado $32 \text{ mm}^2/\text{s}$ (Cabezas, 2017).

En esta investigación se toma en cuenta también la viscosidad de trabajo según las especificaciones del manual de rodamientos, pero a diferencia de la tesis de Cabezas del 2017, no se profundiza en los cálculos de la viscosidad del lubricante porque no es parte de los objetivos de investigación.

Salinas Yadaicela en el año 2015 indica que: en la operación, siempre debemos prestar atención a la temperatura del rodamiento. La temperatura no superará el $50 \sim 65^{\circ}\text{C}$. Además, siempre prestar atención a los motores, tensión, corriente, temperatura, sonido, etc., y prestar atención a los sistemas de lubricación. La temperatura del depósito de aceite no excederá de $35 \sim 40^{\circ}\text{C}$, la presión a la tubería debe mantenerse en $1,5 \sim 2,0 \text{ kg} / \text{cm}^2$ (SALINAS, 2015).

Según la evaluación y los resultados obtenidos de esta investigación, se determina la viscosidad óptima para el correcto funcionamiento del molino y usando las especificaciones del manual de los rodamientos SKF, se hallan las temperaturas óptimas de funcionamiento entre 35°C y 45°C . Quintana Silva indica que se desconecta el embrague cuando los descansos del motor llegan a 60°C lo que difiere de esta investigación por factores específicos y externos al sistema, por ejemplo, el medio ambiente en el cuál se encuentran y el proceso que se lleva a cabo para nuestro caso se

limita a 50°C. Por otra parte Cabezas Casco indicó que la temperatura de trabajo es de 25 °C a 60 °C, pero se entiende que es la temperatura del sistema completo y no de un solo elemento, por lo que también hay una variación; incluso Salinas Yadaicela indica que la temperatura no superará 50 °C a 65 °C, que son valores altos pero nuevamente se puede determinar que no se trata de algún elemento en específico sino del sistema entero, también se refiere a que la temperatura del depósito de aceite no excederá de 35 °C a 40 °C, en esta investigación si hay una concordancia en cuanto a la temperatura del depósito de aceite, considerando que el aceite circula también a lo largo de todo el sistema de lubricación, que a la vez atraviesa casi todo el sistema estructural del molino de bolas.

CONCLUSIONES

Se diseñó un sistema de protección, control y monitoreo del sistema de lubricación del molino de bolas Hardinge 14'x24' en Planta concentradora de CIA MINERA CASAPALCA, obteniendo valores del flujo, presión y temperatura del aceite del molino aceptables ya que el flujo se encuentra entre 6gpm y 30gpm, la presión esta entre 400PSI y 700PSI, la temperatura esta entre 35°C y 45°C, donde el sistema de protección puede parar el funcionamiento del molino en caso de que se superen los umbrales de flujo, presión y temperatura; y finalmente el monitoreo permite obtener constante información para tomar decisiones de manera automática o manual.

Se describió el sistema actual, identificando las diferentes variables que intervienen en el proceso las cuales son el flujo, presión y temperatura, se seleccionó la tecnología adecuada para la automatización. Las variables de flujo, presión y temperatura fueron consideradas para un mejor monitoreo ya que si uno de estas variables trabajase fuera de su rango podría dañar los componentes del molino y perjudicar el proceso; se logró determinar que la temperatura es un indicador de recalentamiento y fricción dentro de las estructuras del molino, por lo tanto, es importante controlar estas variables.

Se aplicó un Scada basado en HMI con Software FactoryTalk y una base de datos en Microsoft Access, que permita al especialista un mejor control y monitoreo de las variables del proceso, la Interfaz Gráfica del Usuario (HMI) amigable fácil de entender ya que esta se rige a lo indicado en el estándar ANSI/ISA 101.

Se logró tener un mejor control de temperatura del aceite de lubricación usando PLC CompactLogix L30ER con el software RSLogix5000. Como se observó en la

imagen la temperatura en promedio por mes no sobrepaso los 40°C , ya que esta se mantuvo entre 35°C y 45°C .

RECOMENDACIONES

Es posible describir el sistema actual con una metodología que permita realizar el mismo proceso para estudios parecidos, considerando la ubicación geográfica de la investigación, se puede usar la metodología expuesta en otros procesos en la misma minera.

Para posteriores trabajos considerar agregar la base de datos al sistema SAP con el que cuenta la empresa para aprovechar de mejor manera los datos guardados por el sistema SCADA.

Se puede tener un mejor control instalando electroválvulas a la salida del tanque hacia las bombas, aprovechando el PLC instalado e implementando electroválvulas, esto evitará algún error al momento de arrancar las bombas. No se implementó este sistema porque el tiempo que se tuvo para la implementación no fue suficiente.

Considerar instalar un sensor de nivel en el tanque del aceite para un posterior monitoreo de nivel bajo de aceite.

REFERENCIAS

- Allen Bradley. (2018). *Manual de referencia Instrucciones generales de los controladores Logix 5000*. EEUU: Rockwell Automation.
- Allen-Bradley. (2019). *Rockwell Automation*. Obtenido de <https://ab.rockwellautomation.com/es/Programmable-Controllers>
- Andrea Blanco, E. (2014). *Tecnología Mineralúrgica*. Opencourseware.
- Andrino Cebrián, J. A. (2016). *MECÁNICA Y ENTRETENIMIENTO SIMPLE DEL AUTOMOVIL*. España: Dirección General de Tráfico Ministerio del Interior.
- Böttcher , J. (2019). *Sensoren für Temperatur, Feuchte und Gaskonzentrationen: Kompendium Messtechnik und Sensorik, Teil 10*. Germany: Books on Demand.
- Bravo Galvez, A. C. (2003). *Manual De Molienda Y Clasificación*. Huancayo, Perú: Empresa Minera Yauliyacu S.A.
- Cabezas, E. A. (2017). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLINO DE BOLAS PARA APLICACIONES DE PULVIMETALURGIA EN LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO*. Ecuador: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA.
- Danfoss. (2013). *Transmisor de presión para aplicaciones generales industriales. Tipo MBS 3000 y MBS 3050*. Danfoss, 6.

- EMERSON. (2019). *EMERSON*. Obtenido de <https://www.emerson.com/es-es/automation/measurement-instrumentation/pressure-measurement/about-differential-pressure-dp-flow-measurement>
- Escobedo Ticona, M. A. (2015). DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN E INTEGRACIÓN. Arequipa, Perú.
- Festo. (2017). *Automatización industrial Sistemas de aprendizaje y servicios para la formación técnica*. Festo Didactic SE.
- Flow. (2019). *Flow Mon*. Obtenido de http://www.flow-mon.com/resource/66/Flow_Mon_Catalogue.html
- Hollifield , B., & Perez , H. (2015). *Maximize Operator Effectiveness: High Performance HMI Principles and Best Practices*. Houston: PAS .
- Lamonde. (2019). *Lamonde for automation PROGRAMMABLE CONTROLLERS*. Obtenido de <https://www.lamonde.com/products/programmable-controllers.html>
- Lima Yanque, M. H. (2016). CONTROL Y MONITOREO DE LA CARGA DE MINERAL EN LOS MOLINOS DE BOLAS EN UN PROCESO DE MOLIENDA CONVENCIONAL - CASO PLANTA CONCENTRADORA DECOBRE. 235-236. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín.
- Nathan, C. (2018). *PLC Programming Using RSLogix 500: A Practical Guide to Ladder Logic and the RSLogix 500 Environment*. United States of America: Nathan Clark.
- Olmo, M., & Nave, R. (2018). *hyperphysics*. Obtenido de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/pber.html>

Paz Sierra, C. (Enero de 2015). *Acerca de nosotros: Prezi*. Obtenido de Prezi:

<https://prezi.com/cm4ngixtlpcp/tema-5-sistemas-de-lubricacion-y-refrigeracion/>

PHOENIX CONTACT. (2019). *PHOENIX CONTACT*. Obtenido de

https://www.phoenixcontact.com/online/portal/pi?ldmy&urile=wcm:path:/pies/web/main/products/subcategory_pages/Ethernet_Switches_P-08-10-16/4cb56824-e6ba-418c-b000-2a2991f94f81

Quintana, N. (2015). ESTUDIO DE PUESTA EN MARCHA PARA MOLINO DE

BOLAS Y PLANTA DE FLOTACIÓN EN MINERA CERRO NEGRO.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO.

Ramírez Mendoza, R. A., & Morales Menéndez, R. (2012). *Sistemas de control moderno. Volumen I: sistemas de tiempo continuo*. ITESM.

Rockwell Automation. (2018). *Logix 5000 Controllers Ladder Diagram*.

Rockwell Automation Software. (2019). *Rockwell Automation*. Obtenido de

<https://www.rockwellautomation.com/global/products/factorytalk/overview.page?pagetitle=FactoryTalk-View-Machine-Edition&docid=683370aec566b3806a742752ef9b53b6>

Rockwell, A. (24 de November de 2019). *Rockwell Automation*. Obtenido de

https://www.rockwellautomation.com/es_PE/overview.page

Rubio Calin, J. M. (2009). *Buses Industriales y de Campo. Prácticas de Laboratorio*. Marcombo.

SALINAS, F. A. (2015). EVALUACION OPERACIONAL DE UN SISTEMA DE

MOLIENDA MOLINO DE BOLAS HARDINGE PARA MANTENER LA

EFICIENCIA Y LA CLASIFICACIÓN DEL MINERAL EN LA EMPRESA

MINALTA S.A. DEL CANTÓN ZARUMA, PROVINCIA DE EL ORO EN EL
AÑO 2014. Ecuador: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA.

Servielectra. (2019). *Servielectra*. Obtenido de <https://servielectra.com.ve/diferencia-entre-termocuplas-y-rtd/>

Shell. (2016). *Lubricación y Lubricantes*. Centro Técnico Shell.

Siemens. (2019). SIMATIC HMI devices Basic Panels 2nd Generation Operating Instructions. Germany: Siemens AG.

SKF. (Octubre de 2015). Rodamientos SKF. Estados Unidos de América: Grupo SKF.

SRC. (2019). *SRC*. Obtenido de <https://srcsl.com/tipos-sensores-temperatura/>

TLM Perú. (2010). Sistema de Lubricacion Molino de Bolas. Perú.

Tuthill. (24 de November de 2019). *Tuthill 1000 Series Lubrication Pumps : 1000 Series Lubrication Pump*. Obtenido de <https://www.tuthillpump.com/index.cfm/products/productdetail/?p=4&ps=16>

UTEC. (2018). Tecnologías de medición de presión. Lima.

UTEC. (2018). Tecnologías de medición de temperatura. Lima, Perú.

Wang, L. (2017). *From Plant Data to Process Control: Ideas for Process Identification and PID Design*. CRC Press.

ANEXOS

ANEXO A - LISTADO DE SEÑALES Y ACTUADORES

Núm.	Modulo	Tipo	Voltaje	Tag PLC	NO/NC	Rango	Descripción
1769 L30ER							
Module 01 - 1769-IF16 - Analog 16 Chan. Input							
1	1	16 Analog Input	4-20 mA	Local:1:I.Ch00Data		0-100 bar	PRESIÓN ALTA LADO CARGA IZQUIERDA
2	1	16 Analog Input	4-20 mA	Local:1:I.Ch01Data		0-100 bar	PRESIÓN ALTA LADO CARGA DERECHO
3	1	16 Analog Input	4-20 mA	Local:1:I.Ch02Data		0-100 bar	PRESIÓN ALTA LADO DESCARGA IZQUIERDA
4	1	16 Analog Input	4-20 mA	Local:1:I.Ch03Data		0-100 bar	PRESIÓN ALTA LADO DESCARGA DERECHA
5	1	16 Analog Input	4-20 mA	Local:1:I.Ch04Data		0-30 GPM	FLUJO BOMBA ALTA LADO DESCARGA
6	1	16 Analog Input	4-20 mA	Local:1:I.Ch05Data		0-30 GPM	FLUJO BOMBA ALTA LADO CARGA
7	1	16 Analog Input	4-20 mA	Local:1:I.Ch06Data		0-25 GPM	FLUJO LUBRICACIÓN BAJA LADO CARGA
8	1	16 Analog Input	4-20 mA	Local:1:I.Ch07Data		0-25 GPM	FLUJO LUBRICACIÓN BAJA LADO DESCARGA
9	1	16 Analog Input	4-20 mA	Local:1:I.Ch08Data		-20 - 100 °C	TEMPERATURA TRUNION LADO CARGA BRIDA
10	1	16 Analog Input	4-20 mA	Local:1:I.Ch09Data		-20 - 100 °C	TEMPERATURA TRUNION LADO CARGA CILINDRO
11	1	16 Analog Input	4-20 mA	Local:1:I.Ch10Data		-20 - 100 °C	TEMPERATURA TRUNION LADO DESCARGA BRIDA
12	1	16 Analog Input	4-20 mA	Local:1:I.Ch11Data		-20 - 100 °C	TEMPERATURA TRUNION LADO DESCARGA CILINDRO
13	1	16 Analog Input	4-20 mA	Local:1:I.Ch12Data		0-100 °C	TEMPERATURA CATALINA LADO CILINDRO
14	1	16 Analog Input	4-20 mA	Local:1:I.Ch13Data		0-100 °C	TEMPERATURA CATALINA LADO MOTOR
15	1	16 Analog Input	4-20 mA	Local:1:I.Ch14Data		0-150 PSI	PRESIÓN AIRE
16	1	16 Analog Input	4-20 mA	Local:1:I.Ch15Data		0-100 °C	TEMPERATURA CHUMACERA MOTOR LADO CARGA
Module 02 - 1769-IF8 - Analog 08 Chan. Input							
1	2	8 Analog Input	4-20 mA	Local:2:I.Ch00Data		0-100 °C	TEMPERATURA 1 MOTOR
2	2	8 Analog Input	4-20 mA	Local:2:I.Ch01Data		0-100 °C	TEMPERATURA 2 MOTOR
3	2	8 Analog Input	4-20 mA	Local:2:I.Ch02Data		0-100 °C	TEMPERATURA CHUMACERA LADO CARGA
4	2	8 Analog Input	4-20 mA	Local:2:I.Ch03Data		0-100 °C	TEMPERATURA CHUMACERA LADO DESCARGA
5	2	8 Analog Input	4-20 mA	Local:2:I.Ch04Data		0-100 °C	TEMPERATURA CHUMACERA MOTOR LADO DESCARGA
6	2	8 Analog Input	4-20 mA	Local:2:I.Ch05Data		0-100 °C	TEMPERATURA DE ACEITE A RETORNO AL TANQUE
7	2	8 Analog Input	4-20 mA	Local:2:I.Ch06Data		0-100 °C	TEMPERATURA DE ACEITE A SALIDA DEL TANQUE
8	2	8 Analog Input	4-20 mA	Local:2:I.Ch07Data		0-100 °C	TEMPERATURA DE ACEITE EN TANQUE
Module 03 - 1769-IQ16- Digital Inputs 16 - 10/30 VDC							
1	3	16 x Digital Inputs	24 VDC	Local:3:I.Data.0			CONFIRMACIÓN DE MOTOR ENCENDIDO
2	3	16 x Digital Inputs	24 VDC	Local:3:I.Data.1			CONFIRMACIÓN DE EMBRIAGUE
3	3	16 x Digital	24 VDC	Local:3:I.Data.2			UPS

4	3	16 x Digital Input	24 VDC	Local:3:I.Data.3		MANUAL
5	3	16 x Digital Input	24 VDC	Local:3:I.Data.4		SWITCH ALTA TEMPERATURA TANQUE DE ACEITE
6	3	16 x Digital Input	24 VDC	Local:3:I.Data.5		SWITCH ALTA TEMPERATURA RETORNO DE ACEITE
7	3	16 x Digital Input	24 VDC	Local:3:I.Data.6		SWITCH ALTA TEMPERATURA DE SALIDA DE ACEITE
8	3	16 x Digital Input	24 VDC	Local:3:I.Data.7		CONFIRMACIÓN DE ARRANQUE BOMBA DE BAJA
9	3	16 x Digital Input	24 VDC	Local:3:I.Data.8		CONFIRMACIÓN DE ARRANQUE BOMBA ENFRIAMIENTO
10	3	16 x Digital Input	24 VDC	Local:3:I.Data.9		
11	3	16 x Digital Input	24 VDC	Local:3:I.Data.10		
12	3	16 x Digital Input	24 VDC	Local:3:I.Data.11		
13	3	16 x Digital Input	24 VDC	Local:3:I.Data.12		
14	3	16 x Digital Input	24 VDC	Local:3:I.Data.13		
15	3	16 x Digital Input	24 VDC	Local:3:I.Data.14		
16	3	16 x Digital Input	24 VDC	Local:3:I.Data.15		
Module 04 - 1769-IQ16- Digital Inputs 16 - 10/30 VDC						
1	4	16 x Digital Inputs	24 VDC	Local:4:I.Data.0		CONFIRMA RESISTENCIA CALENTADOR
2	4	16 x Digital Inputs	24 VDC	Local:4:I.Data.1		CONFIRMACIÓN ARRANQUE BOMBA ALTA LADO CARGA PRINCIPAL
3	4	16 x Digital Input	24 VDC	Local:4:I.Data.2		CONFIRMACIÓN ARRANQUE BOMBA ALTA LADO CARGA STAND BY
4	4	16 x Digital Input	24 VDC	Local:4:I.Data.3		CONFIRMACIÓN ARRANQUE BOMBA ALTA LADO DESCARGA PRINCIPAL
5	4	16 x Digital Input	24 VDC	Local:4:I.Data.4		CONFIRMACIÓN ARRANQUE BOMBA ALTA LADO DESCARGA STAND BY
6	4	16 x Digital Input	24 VDC	Local:4:I.Data.5		CONFIRMACIÓN ARRANQUE BOMBA BAJA PRINCIPAL
7	4	16 x Digital Input	24 VDC	Local:4:I.Data.6		CONFIRMACIÓN ARRANQUE BOMBA BAJA STAND BY
8	4	16 x Digital Input	24 VDC	Local:4:I.Data.7		VALV. BOMBA ALTA LADO CARGA PRINCIPAL
9	4	16 x Digital Input	24 VDC	Local:4:I.Data.8		VALV. BOMBA ALTA LADO CARGA STAND BY
10	4	16 x Digital Input	24 VDC	Local:4:I.Data.9		VALV. BOMBA ALTA LADO DESCARGA STAND BY
11	4	16 x Digital Input	24 VDC	Local:4:I.Data.10		VALV. BOMBA ALTA LADO DESCARGA PRINCIPAL
12	4	16 x Digital Input	24 VDC	Local:4:I.Data.11		VALV. BOMBA BAJA PRINCIPAL
13	4	16 x Digital Input	24 VDC	Local:4:I.Data.12		VALV. BOMBA BAJA STAND BY
14	4	16 x Digital Input	24 VDC	Local:4:I.Data.13	NC	BOTÓN ENGRASE MANUAL
15	4	16 x Digital Input	24 VDC	Local:4:I.Data.14		INGRESO AGUA DE REFRIGERACIÓN
16	4	16 x Digital Input	24 VDC	Local:4:I.Data.15		PARADA DE EMERGENCIA GENERAL PLANTA
Module 05--1769-OV16-16 Digital Outputs 24 VDC						
1	5	16 x Digital Output	24 VDC	Local:5:O.Data.0		BOMBA ALTA LADO CARGA STAND BY/PRINCIPAL
2	5	16 x Digital Output	24 VDC	Local:5:O.Data.1		ENCIENDE BOMBA ALTA LADO CARGA PRINCIPAL

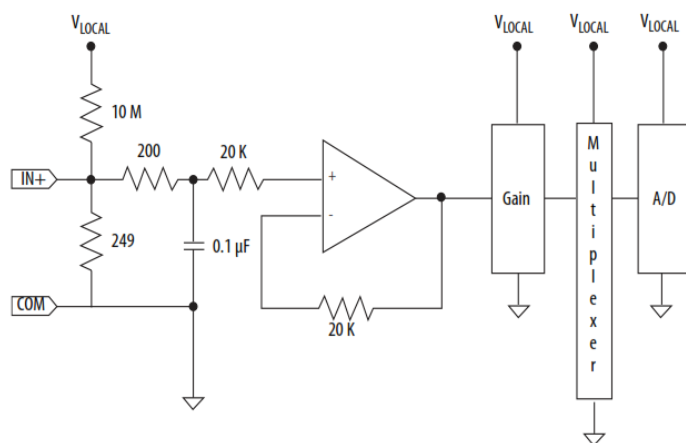
3	5	16 x Digital Output	24 VDC	Local:5:O.Data.2			ENCIENDE BOMBA ALTA LADO CARGA STAND BY
4	5	16 x Digital Output	24 VDC	Local:5:O.Data.3			BOMBA ALTA LADO DESCARGA STAND BY/PRINCIPAL
5	5	16 x Digital Output	24 VDC	Local:5:O.Data.4			ENCIENDE BOMBA ALTA LADO DESCARGA PRINCIPAL
6	5	16 x Digital Output	24 VDC	Local:5:O.Data.5			ENCIENDE BOMBA ALTA LADO DESCARGA STAND BY
7	5	16 x Digital Output	24 VDC	Local:5:O.Data.6			BOMBA BAJA LUBRICACIÓN STAND BY/PRINCIPAL
8	5	16 x Digital Output	24 VDC	Local:5:O.Data.7			ENCIENDE BOMBA BAJA LUBRICACIÓN PRINCIPAL
9	5	16 x Digital Output	24 VDC	Local:5:O.Data.8			ENCIENDE BOMBA BAJA LUBRICACIÓN STAND BY
10	5	16 x Digital Output	24 VDC	Local:5:O.Data.9			ENCIENDE BOMBA REFRIGERACIÓN PRINCIPAL
11	5	16 x Digital Output	24 VDC	Local:5:O.Data.10			ENCIENDE BOMBA REFRIGERACIÓN STAND BY
12	5	16 x Digital Output	24 VDC	Local:5:O.Data.11			ENCIENDE VENTILADOR
13	5	16 x Digital Output	24 VDC	Local:5:O.Data.12			ENCIENDE RESISTENCIA DE CALEFACCIÓN
14	5	16 x Digital Output	24 VDC	Local:5:O.Data.13			HABILITA SISTEMA DE ENGRASE DE CATALINA
15	5	16 x Digital Output	24 VDC	Local:5:O.Data.14			CIRCULINA
16	5	16 x Digital Output	24 VDC	Local:5:O.Data.15			LIBRE
Module 06--1769-OW8-08 Digital Relay Outputs							
1	6	8 x RelayOutput	AC/DC	Local:5:O.Data.0			LED INTERLOCK
2	6	8 x RelayOutput	AC/DC	Local:5:O.Data.1			SIRENA EMERGENCIA PLANTA
3	6	8 x RelayOutput	AC/DC	Local:5:O.Data.2			BOMBA GRASA
4	6	8 x RelayOutput	AC/DC	Local:5:O.Data.3			AFTER FLOW
5	6	8 x RelayOutput	AC/DC	Local:5:O.Data.4			INTERLOCK
6	6	8 x RelayOutput	AC/DC	Local:5:O.Data.5			
7	6	8 x RelayOutput	AC/DC	Local:5:O.Data.6			
8	6	8 x RelayOutput	AC/DC	Local:5:O.Data.7			

ANEXO B – ESPECIFICACIONES DE MODULOS

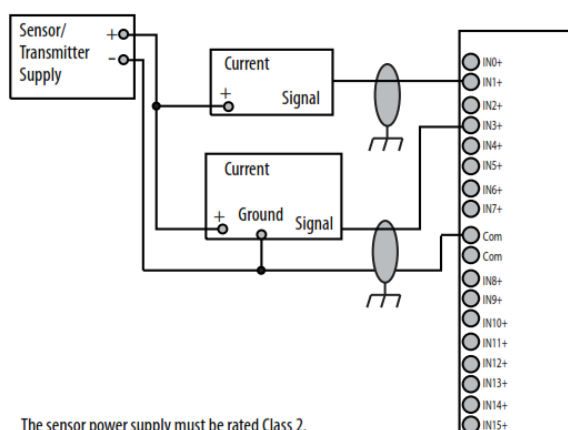
1769-IF16C

Compact current analog input module

Simplified Input Circuit Diagram



1769-IF16C Sensor/Transmitter Inputs



The sensor power supply must be rated Class 2.

Table 25 - Technical Specifications - 1769-IF16C

Attribute	1769-IF16C
Inputs	16 single-ended
Input range	0...20 mA 4...20 mA
Full scale range ⁽¹⁾	0...21 mA 3.2...21 mA
Current draw @ 5.1V	190 mA
Current draw @ 24V	70 mA
Heat dissipation, max	4.0 W
Converter type	Sigma Delta
Resolution ⁽²⁾	16 bits (unipolar) 15 bits plus sign (bipolar)
Rated working voltage ⁽³⁾	30V AC/30V DC

Table 25 - Technical Specifications - 1769-IF16C

Attribute	1769-IF16C
Common mode voltage range ⁽⁴⁾	±10V DC max per channel
Common mode rejection	> 60 dB @ 50 and 60 Hz with the 16 Hz filter selected
Input impedance	249 Ω
Accuracy ⁽⁵⁾	±0.5% full scale @ 25 °C (77 °F)
Accuracy drift with temperature	±0.0045% per °C
Nonlinearity	±0.03%
Repeatability ⁽⁶⁾	±0.03%
Module error	1.25%
Overload at input terminals, max ⁽⁷⁾	±28 mA continuous, ±7.6V DC
Isolation voltage	500V AC or 710V DC for 1 minute (qualification test), group to bus 30V AC/30V DC working voltage (IEC Class 2 reinforced insulation)
Weight, approx	281 g (0.62 lb)
Dimensions (HxWxD), approx	118 x 35 x 87 mm (4.65 x 1.38 x 3.43 in.) Height with mounting tabs 138 mm (5.43 in.)
Slot width	1
Module location	DIN rail or panel mount
Power supply	1769-PA2, 1769-PB2, 1769-PA4, 1769-PB4
Power supply distance rating	8 modules
Terminal screw torque	0.68 N•m (6 lb•in)
Retaining screw torque	0.46 N•m (4.1 lb•in)
Wire size	(22...14 AWG) solid (22...16 AWG) stranded
Wire type	Cu-90 °C (194 °F)
Replacement terminal block	1769-RTBN18 (1 per kit)
Replacement door label	1769-RL2 series B (2 per kit)
Replacement door	1769-RD (2 per kit)
Vendor ID code	1
Product type code	10
Product code	47
Input words	22
Output words	2
Configuration words	98
Enclosure type rating	None (open-style)

- (1) The over- or under-range flag comes on when the normal operating range (over/under) is exceeded. The module continues to convert the analog input up to the maximum full scale range. The flag automatically resets when within the normal operating range.
- (2) Resolution is dependent upon your filter selection. The maximum resolution is achieved with either the 50 or 60 Hz filter selected.
- (3) Rated working voltage is the maximum continuous voltage that can be applied at the input terminal, including the input signal and the value that floats above ground potential. For example, a 10V DC input signal and 20V DC potential above ground at the input terminal.
- (4) For proper operation, both the plus and minus input terminals must be within ±10V DC of analog common.
- (5) Includes offset, gain, nonlinearity, and repeatability error terms.
- (6) Repeatability is the ability of the input module to register the same reading in successive measurements for the same input signal.
- (7) Damage can occur to the input circuit if this value is exceeded.

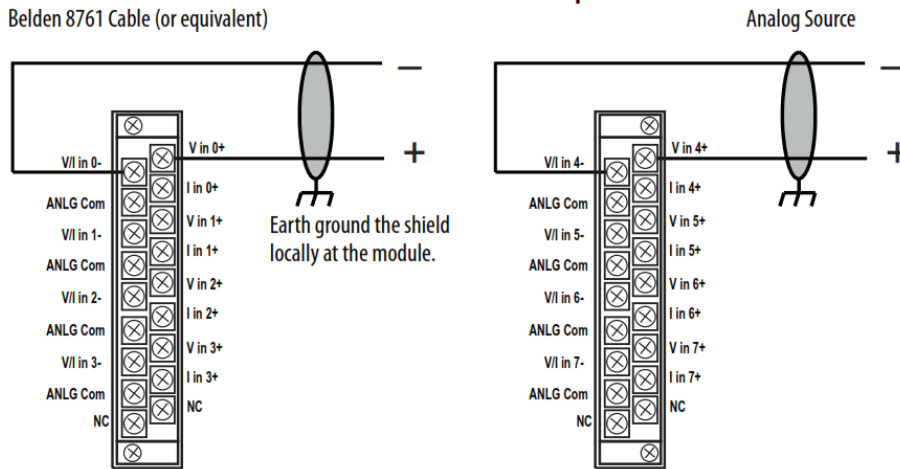
Table 26 - Response Speed - 1769-IF16C

Filter Frequency	Step Response	Update per Input Pari	Update per Module
16 Hz	1550 ms	200 ms	1600 ms
50 Hz	500 ms	70 ms	560 ms
60 Hz	420 ms	60 ms	480 ms
315 Hz	90 ms	15 ms	120 ms
1365 Hz	35 ms	5 ms	40 ms

1769-IF8

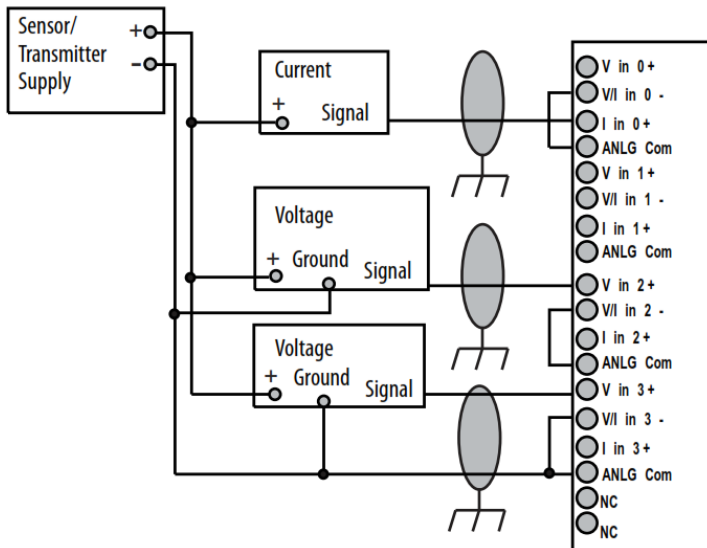
Compact voltage/current analog input module

1769-IF8 Differential Inputs



1769-IF8 Single-ended Sensor/Transmitter Inputs

The sensor power supply must be rated Class 2.



Wiring for channels 4...7 are identical.

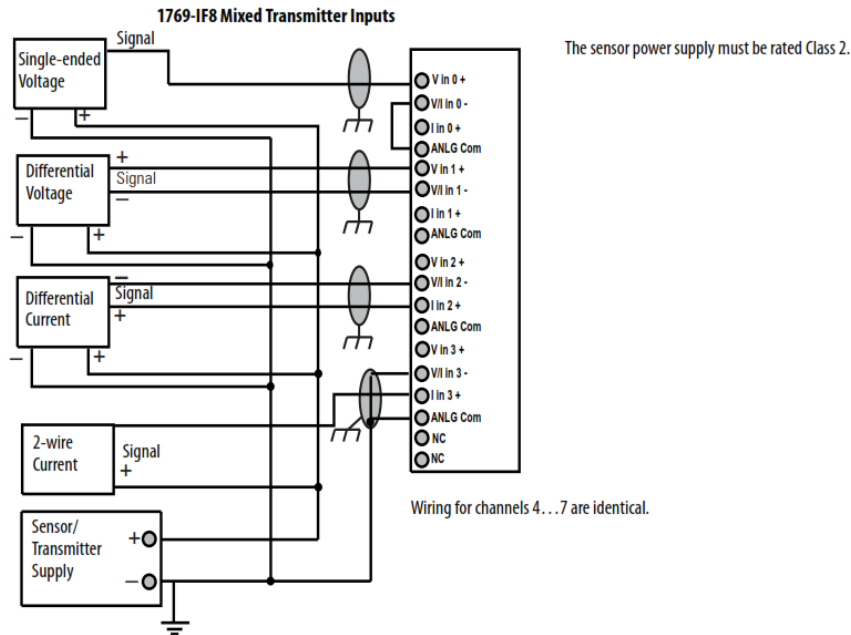


Table 22 - Technical Specifications - 1769-IF8

Attribute	1769-IF8
Inputs	8 differential or single-ended
Input range	±10V 0...10V 0...5V 1...5V 0...20 mA 4...20 mA
Full scale range ⁽¹⁾	±10.5V -0.5...10.5V -0.5...5.25V 0.5...5.25V 0...21 mA 3.2...21 mA
Current draw @ 5.1V	120 mA
Current draw @ 24V	70 mA
Converter type	Delta Sigma
Heat dissipation, max	3.24 W
Resolution ⁽²⁾	16 bits (unipolar) 15 bits plus sign (bipolar)
Rated working voltage ⁽³⁾	30V AC/30V DC
Common mode voltage range ⁽⁴⁾	±10V DC max per channel
Common mode rejection	> 60 dB @ 50 and 60 Hz with the 10 Hz filter selected
Normal mode rejection ratio	-50 dB @ 50 and 60 Hz with the 10 Hz filter selected
Input impedance	Voltage: 220 kΩ Current: 250 Ω
Accuracy ⁽⁵⁾	Voltage: ±0.2% full scale @ 25 °C (77 °F) Current: ±0.35% full scale @ 25 °C (77 °F)

Attribute	1769-IF8
Accuracy drift with temperature	Voltage: $\pm 0.003\%$ per °C Current: $\pm 0.0045\%$ per °C
Nonlinearity	$\pm 0.03\%$
Repeatability ⁽⁶⁾	$\pm 0.03\%$
Module error	Voltage: $\pm 0.3\%$ Current: $\pm 0.5\%$
Overload at input terminals, max ⁽⁷⁾	Voltage: $\pm 30V$ DC continuous, 0.1 mA Current: ± 32 mA continuous, $\pm 7.6V$ DC
Isolation voltage	500V AC or 710V DC for 1 minute (qualification test), group to bus 30V AC/30V DC working voltage (IEC Class 2 reinforced insulation)
Weight, approx	450 g (0.99 lb)
Dimensions (HxWxD), approx	118 x 52.5 x 87 mm (4.65 x 2.07 x 3.43 in.) Height with mounting tabs 138 mm (5.43 in.)
Slot width	1.5
Module location	DIN rail or panel mount
Power supply	1769-PA2, 1769-PB2, 1769-PA4, 1769-PB4
Power supply distance rating	8 modules
Terminal screw torque	0.68 N•m (6 lb•in)
Retaining screw torque	0.46 N•m (4.1 lb•in)
Wire size	(22...14 AWG) solid (22...16 AWG) stranded
Wire type	Cu-90 °C (194 °F)
Replacement terminal block	1769-RTBN18 (1 per kit)
Replacement door label	1769-RL2 series B (2 per kit)
Replacement door	1769-RD (2 per kit)
Vendor ID code	1
Product type code	10
Product code	38
Enclosure type rating	None (open-style)

- (1) The over- or under-range flag comes on when the normal operating range (over/under) is exceeded. The module continues to convert the analog input up to the maximum full scale range. The flag automatically resets when within the normal operating range.
- (2) Resolution is dependent upon your filter selection. The maximum resolution is achieved with either the 50 or 60 Hz filter selected.
- (3) Rated working voltage is the maximum continuous voltage that can be applied at the input terminal, including the input signal and the value that floats above ground potential. For example, a 10V DC input signal and 20V DC potential above ground at the input terminal.
- (4) For proper operation, both the plus and minus input terminals must be within $\pm 10V$ DC of analog common.
- (5) Includes offset, gain, nonlinearity, and repeatability error terms.
- (6) Repeatability is the ability of the input module to register the same reading in successive measurements for the same input signal.
- (7) Damage can occur to the input circuit if this value is exceeded.

Table 23 - Response Speed - 1769-IF8

Filter Frequency	Update Time Per Channel	Update Time Per Module
10 Hz	100 ms	400 ms
50 Hz	30 ms	120 ms
60 Hz	30 ms	120 ms
250 Hz	9 ms	36 ms
500 Hz	6 ms	24 ms

1769-IQ16

Compact 24V DC sink/source input module

1769-IQ16

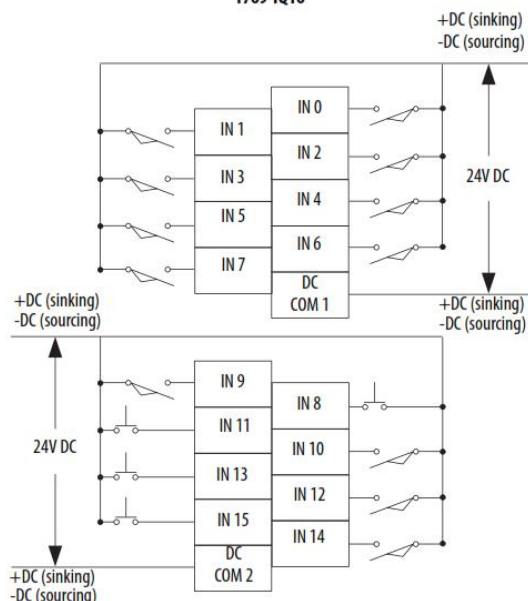


Table 35 - Technical Specifications - 1769-IQ16

Attribute	1769-IQ16
Inputs	16 (8 points/group)
Voltage category	24V DC sink/source
Operating voltage range	10...30V DC @ 30 °C (86 °F) 10...26.4V DC @ 60 °C (140 °F)
Input delay, on	8 ms
Input delay, off	8 ms
Current draw @ 5.1V	115 mA
Heat dissipation, max	3.55 W
Off-state voltage, max	5V DC
Off-state current, max	1.5 mA
On-state voltage, min	10V DC
On-state current, min	2 mA
Inrush current, max	250 mA
Input impedance, nom	3 kΩ
Isolation voltage	Verified by one of the following dielectric tests: 1200V AC for 1 s or 1697V DC for 1 s, input point to bus and group to group 75V DC working voltage (IEC Class 2 reinforced insulation)
Weight, approx	270 g (0.60 lb)
Dimensions (HxWxD), approx	118 x 35 x 87 mm (4.65 x 1.38 x 3.43 in.) Height with mounting tabs 138 mm (5.43 in.)
Slot width	1

Table 35 - Technical Specifications - 1769-IQ16

Attribute	1769-IQ16
Module location	DIN rail or panel mount
Power supply	1769-PA2, 1769-PB2, 1769-PA4, 1769-PB4
Power supply distance rating	8 modules
Terminal screw torque	0.68 N•m (6 lb•in)
Retaining screw torque	0.46 N•m (4.1 lb•in)
Wire size	(22...14 AWG) solid (22...16 AWG) stranded
Wire type	Cu-90 °C (194 °F)
IEC input compatibility	Type 1+
Replacement terminal block	1769-RTBN18 (1 per kit)
Replacement door label	1769-RL1 (2 per kit)
Replacement door	1769-RD (2 per kit)
Vendor ID code	1
Product type code	7
Product code	67
Enclosure type rating	None (open-style)

Table 36 - Certifications - 1769-IQ16

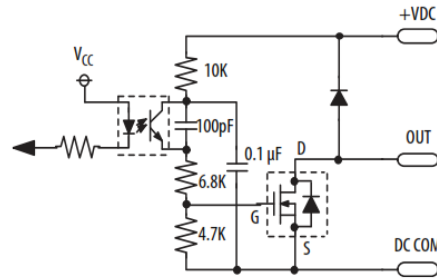
Certification ⁽¹⁾	1769-IQ16
c-UL	C-UL certified (under CSA C22.2 No. 142) UL 508 listed Class I, Division 2 Group A,B,C,D Hazardous Locations (UL 1604, C-UL under CSA C22.2 No. 213)
CE	CE compliant for all applicable directives
C-Tick	Australian Radiocommunications Act, compliant with: • AS/NZS CISPR 11; Industrial Enclosure

(1) When marked. See the Product Certification link at <http://www.rockwellautomation.com/global/certification/overview.page> for Declarations of Conformity, Certificates, and other certification details.

1769-0V16

Compact solid-state 24V DC sink output module

Simplified Output Circuit Diagram



1769-0V16

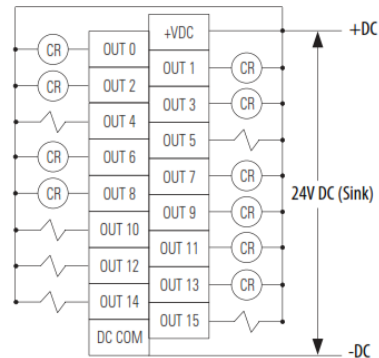


Table 88 - Technical Specifications - 1769-0V16

Attribute	1769-0V16
Outputs	16 (16 points/group)
Voltage category	24V DC sink
Operating voltage range	20.4...26.4V DC
Output delay, on	0.1 ms
Output delay, off	1.0 ms
Current draw @ 5.1V	200 mA
Heat dissipation, max	2.06 W
Off-state leakage current, max ⁽¹⁾	1.0 mA @ 26.4V DC
On-state current, min	1.0 mA
On-state voltage drop, max	1.0V DC @ 1 A
Current per point, max	0.5 A @ 60 °C (140 °F) 1.0 A @ 30 °C (86 °F)
Current per module, max	4.0 A @ 60 °C (140 °F) 8.0 A @ 30 °C (86 °F)
Surge current ⁽²⁾	2.0 A for 10 ms, repeatable every 2 s
Isolation voltage	Verified by one of the following dielectric tests: 1200V AC for 1 s or 1697V DC for 1 s, output point to bus 75V DC working voltage (IEC Class 2 reinforced insulation)
Weight, approx	280 g (0.61 lb)

Slot width	1
Module location	DIN rail or panel mount
Power supply	1769-PA2, 1769-PB2, 1769-PA4, 1769-PB4
Power supply distance rating	8 modules
Terminal screw torque	0.68 N•m (6 lb•in)
Retaining screw torque	0.46 N•m (4.1 lb•in)
Wire size	(22...14 AWG) solid (22...16 AWG) stranded

92

Rockwell Automation Publication 1769-TD006F-EN-P - September 2015

1769 Compact I/O Modules Specifications

Table 88 - Technical Specifications - 1769-0V16

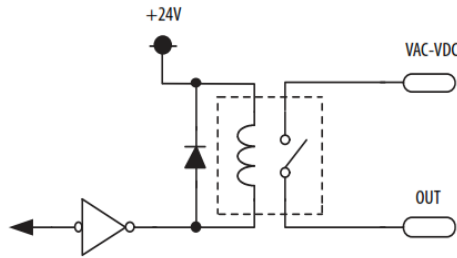
Attribute	1769-0V16
Wire type	Cu-90 °C (194 °F)
Replacement terminal block	1769-RTBN18 (1 per kit)
Replacement door label	1769-RL1 (2 per kit)
Replacement door	1769-RD (2 per kit)
Vendor ID code	1
Product type code	7
Product code	72
Enclosure type rating	None (open style)

- (1) To limit the effects of leakage current through solid-state outputs, a loading resistor can be connected in parallel with your load. Use a 5.6 kΩ, 1/2 W resistor for transistor outputs, 24V DC operation.
 (2) Use a 1N4004 diode reverse-wired across the load for transistor outputs switching 24V DC inductive loads.

1769-0W16

Compact AC/DC relay contact module

Simplified Output Circuit Diagram



1769-0W816

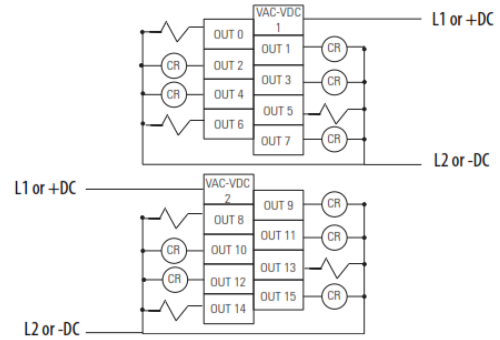


Table 98 - Technical Specifications - 1769-0W16

Attribute	1769-0W16
Outputs	16 normally open (8 points/group)
Operating voltage range	5...265V AC 5...125V DC
Delay, on	10 ms
Delay, off	10 ms
Current draw @ 5.1V	205 mA
Current draw @ 24V	180 mA
Heat dissipation, max	4.75 W
Off-state leakage, max	0 mA
On-state current, min	10 mA @ 5V DC
Current per point, max	2.5 A
Current per module, max	20 A
Isolation voltage	Verified by one of the following dielectric tests: 1836V AC for 1 s or 2596V DC for 1 s, output point to bus 265V AC working voltage (IEC Class 2 reinforced insulation) Verified by one of the following dielectric tests: 1836V AC for 1 s or 2596V DC for 1 s, group to group 265V AC working voltage (basic insulation) 150V AC working voltage (IEC Class 2 reinforced insulation)
Weight, approx	450 g (0.99 lb)
Dimensions (HxWxD), approx	118 x 52.5 x 87 mm (4.65 x 2.07 x 3.43 in.) Height with mounting tabs 138 mm (5.43 in.)

Table 98 - Technical Specifications - 1769-0W16

Attribute	1769-0W16
Replacement terminal block	1769-RTBN18 (1 per kit)
Replacement door label	1769-RL1 (2 per kit)
Replacement door	1769-RD (2 per kit)
Vendor ID code	1
Product type code	7
Product code	85
Enclosure type rating	None (open style)

Table 99 - Relay Contact Ratings - 1769-0W16

Volts, max	Continuous Amps per Point, max	Amperes ⁽¹⁾		Voltamperes		NEMA ICS 2-125
		Make	Break	Make	Break	
240V AC	2.5 A	7.5 A	0.75 A	1800VA	180VA	C300
120V AC		15 A	1.5 A			
125V DC	1.0 A	0.22 A ⁽²⁾		28VA		R150
24V DC	2.0 A	1.2 A ⁽²⁾		28VA		—

(1) If you connect surge suppressors across your external inductive load, you extend the life of the relay contacts.

(2) For DC voltage applications, the make/break ampere rating for relay contacts can be determined by dividing 28VA by the applied DC voltage. For example, 28VA/48V DC = 0.58 A. For DC voltage applications less than 48V, the make/break ratings for relay contacts cannot exceed 2 A.

Table 100 - Certifications - 1769-0W16

Certification ⁽¹⁾	1769-0W16
c-UL	C-UL certified (under CSA C22.2 No. 142) UL 508 listed Class I, Division 2 Group A,B,C,D Hazardous Locations (UL 1604, C-UL under CSA C22.2 No. 213)
CE	CE compliant for all applicable directives
C-Tick	C-Tick compliant for all applicable directives Australian Radiocommunications Act, compliant with: • AS/NZS CISPR 11; Industrial Enclosure

(1) When marked. See the Product Certification link at <http://www.rockwellautomation.com/global/certification/overview.page> for Declarations of Conformity, Certificates, and other certification details.

ANEXO C – ESPECIFICACIONES PANEL VIEW

Rockwell Automation LISTEN. THINK. SOLVE.™

Allen-Bradley

Configuration Results

Product: 2711P-B10C22D9P
Description: PanelView Plus 7 Performance Terminal, Keypad/TouchScreen, 10 SVGA, TFT Color, Ethernet DLR, 24V DC, Windows CE OS License Pro, Performance Model



Representative Photo Only (actual product may vary based on configuration selections)

Selected Components

Selected Components

Catalog Number	Qty	Product Description	Supplementary Documents
2711P-B10C22D9P	1	PanelView Plus 7 Performance Terminal, Keypad/TouchScreen, 10 SVGA, TFT Color, Ethernet DLR, 24V DC, Windows CE OS License Pro, Performance Model	<ul style="list-style-type: none"> ● Product Details and Certifications ● Photo ● 2-Dimensional Drawing (DXF or DWG) ● 2-Dimensional Drawing (PDF) ● 3D STP Model (STEP)

Contact your [Rockwell Automation Distributor or sales representative](#) for local pricing.

[Modify](#)

[Cancel](#)

[E Mail](#)

[Locations](#) | [Contact Us](#) | [Legal Notices](#)
 Copyright © 2018 Rockwell Automation, Inc. All Rights Reserved.

ANEXO D – SWITCH INDUSTRIAL

Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH SF 8TX - 2832771

Tenga en cuenta que los datos indicados aquí proceden del catálogo en línea. Los datos completos se encuentran en la documentación del usuario. Son válidas las condiciones generales de uso de las descargas por Internet. (<http://phoenixcontact.es/download>)




Ethernet Switch, 8 puertos TP-RJ45, registro automático de la velocidad de transmisión de datos de 10 ó 100 Mbits/s (RJ45), función Autocrossing

Sus ventajas

- El reconocimiento de Auto-negociación y Autocrossing facilita la instalación y la construcción
- Indicaciones de diagnóstico locales con LED
- Opciones de seguridad en el bloqueo de cables
- Contacto de relé para tratamiento de alarma de estados de tensión
- Los puertos RJ45 permiten una velocidad de transmisión de 10/100 MBits/s; los puertos de fibra óptica permiten 100 MBits/s



Datos mercantiles

Unidad de embalaje	1 pcs
EAN	 4 017918 952204
EAN	4017918952204
Peso por unidad (sin incluir el embalaje)	417,000 g
Número de tarifa arancelaria	85176200
País de origen	Taiwán
Clave de venta	DNN112

Datos técnicos

Observación

Restricción de uso	CEM: producto de clase A, véase declaración del fabricante en el centro de descargas
--------------------	--

Dimensiones

Anchura	135 mm
Altura	94,3 mm
Profundidad	30 mm

Condiciones ambientales

Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH SF 8TX - 2832771

Datos técnicos

Condiciones ambientales

Índice de protección	IP20
Temperatura ambiente (servicio)	0 °C ... 55 °C
Temperatura ambiente (almacenamiento / transporte)	-20 °C ... 70 °C
Humedad de aire admisible (servicio)	5 % ... 95 % (sin condensación)
Humedad de aire admisible (almacenamiento / transporte)	5 % ... 95 % (sin condensación)
Presión de aire (servicio)	86 kPa ... 108 kPa (hasta 1500 m por encima de NN)
Presión de aire (almacenamiento / transporte)	66 kPa ... 108 kPa (hasta 3500 m por encima de NN)

Interfaces

Interfaz	Ethernet (RJ45)
Número de puertos	8 (puertos RJ45)
Nota acerca del tipo de conexión	Autonegoation y Autocrossing
Física de transmisión	Ethernet en RJ45-par trenzado
Velocidad de transmisión	10/100 MBit/s
Longitud de transmisión	100 m (por segmento)
LEDs de señales	Recepción de datos, estado Link
Interfaz	Contacto de aviso sin potencial
Tipo de conexión	Conexión enchufable/por tornillo a través de COMBICON

Función

Funcionalidad básica	Switch no gestionado / autonegociación, conforme a la norma IEEE 802.3, Store and Forward-Switching-Mode
Otras funciones	Autonegotiation
Indicaciones de estado y diagnóstico	LEDs: U _{S1} , U _{S2} (alimentación de tensión redundante), Link y Activity por puerto
Tensión de activación del contacto de alarma	24 V DC (típico)

Parámetros de extensión de red

Profundidad de cascada	Red, estructura en línea y estrella: discrecional
Longitud máxima de cable (par trenzado)	100 m

Tensión de alimentación

Tensión de alimentación	24 V DC (redundante)
Ondulación residual	3,6 V _{pp} (dentro del margen de tensión admisible)
Tensión de alimentación	18,5 V DC ... 30,2 V DC
Absorción de corriente típica	200 mA (con U _S = 24 V DC)
	95 mA (con U _S = 24 V DC: >VC 14)

Generalidades

Tipo de montaje	Carril
Construcción AX	Orientado a bloques
Peso neto	417 g
Material carcasa	Aluminio

Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH SF 8TX - 2832771

Datos técnicos

Generalidades

MTTF	36,5 Años (Estándar MIL-HDBK-217F, temperatura 25 °C, ciclo de funcionamiento 100 %)
------	--

Normas y especificaciones

Compatibilidad electromagnética	Conformidad con la directiva CEM 2004/108/CE
Tipo de ensayo	Choque según EN 60068-2-27/IEC 60068-2-27
Resultado del ensayo	Servicio: 25g, duración 11 ms, impulso de choque en forma de semisinusoide
Emisión de interferencias	EN 61000-6-4
Resistencia a interferencias	EN 61000-6-2:2005
Vibración (almacenamiento / transporte)	5g, 150 Hz, según IEC 60068-2-6
Libre de sustancias humectantes de barniz perturbadoras	Según especificación VW
Vibración (servicio)	según IEC 60068-2-6: 5g, 150 Hz
UL, EE.UU. / Canadá	Class I, Div. 2, Groups A, B, C, D

Environmental Product Compliance

REACH SVHC	Lead 7439-92-1
China RoHS	Espacio de tiempo para el uso previsto (EFUP): 10 años;
	Encontrará información sobre las sustancias peligrosas en la declaración del fabricante en la pestaña "Descargas"

ANEXO E – SWITCH INDUSTRIAL

Hemos convertido sus desafíos en nuestro negocio

Cuando elige a Danfoss como proveedor de transmisores de presión, está eligiendo a un socio especializado que comprende de verdad los desafíos de su aplicación específica. Años de experiencia nos permiten ofrecerle soluciones avanzadas que responderán a todos sus requisitos, tanto en

términos de rendimiento como en coste del ciclo de vida útil. Puede elegir una amplia gama de dispositivos estándar o colaborar con un equipo de expertos en transmisores de todo el mundo para diseñar una solución personalizada para su equipo.

Transporte

Instalaciones marinas, hidráulicas móviles y ferroviarias

El creciente interés por la normativa medioambiental y de seguridad requiere más control y automatización. Danfoss responde a estos nuevos requisitos optimizando las funciones y las especificaciones de los productos, lo que le permite cumplir la normativa. Nuestra amplia gama de transmisores ofrece soluciones para:

- Instalaciones marinas
- Instalaciones hidráulicas móviles
- Instalaciones ferroviarias

Máquinas y equipos

Hidráulica industrial, compresores de aire, bombas de agua y motores industriales

Las especificaciones del transmisor de la máquina y del equipo dependen de cada aplicación. Una estrecha colaboración con los clientes nos ha permitido desarrollar soluciones de transmisores específicas para:

- Bombas de agua y compresores de aire
- Motores
- Hidráulica industrial

Calefacción y servicios sanitarios

Esterilizadores, autoclaves, calderas y equipos de salas de calderas

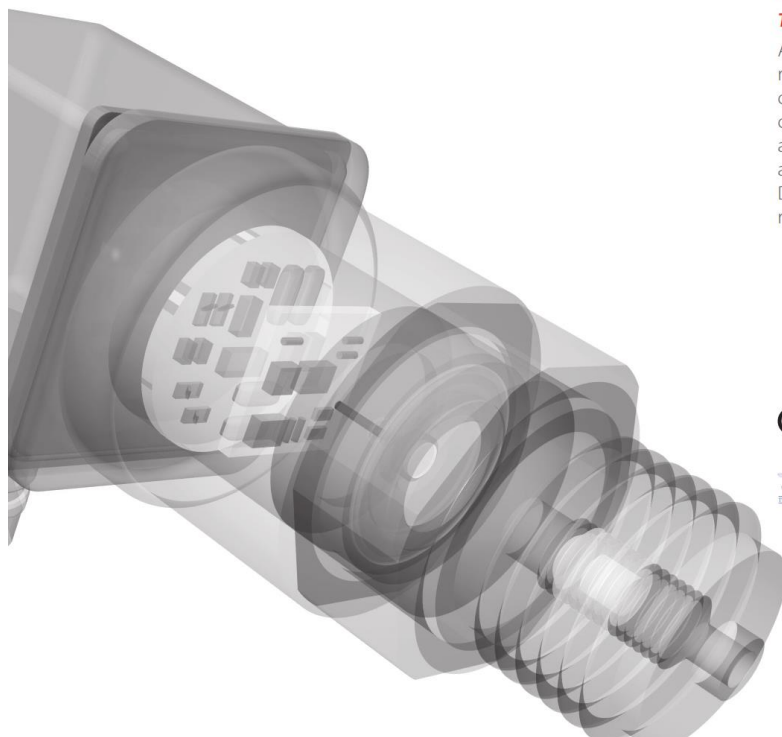
La eficiencia energética y la seguridad son desafíos frecuentes en las aplicaciones de calefacción y servicios sanitarios. La respuesta son las mediciones fiables y precisas que se obtienen con un control de proceso único. Para este objetivo específico, Danfoss ha desarrollado una solución única.

Energía

Turbinas eólicas y energía eléctrica

Actualmente y en el futuro, uno de los retos más claros en todo el mundo es cómo producir energía de forma eficiente y respetuosa con el medio ambiente. En colaboración con algunos de los principales fabricantes, Danfoss ha desarrollado (y sigue mejorando continuamente) soluciones para:

- Turbinas eólicas
- Grupos electrógenos



ANEXO F – FLUJOMETRO

flow~mon

...simple flow solutions in a complicated world

Medium Series Technical Specifications

Function;

A scaled dial and mechanical indicator continuously monitor the flow rate at any given time whilst electrical switches can be specified to signal when a particular level has been reached during increasing or decreasing flow rates.

Minimum Scale;	(3/4" to 2 1/2")	0-40 LPM
Maximum Scale;	(3/4" to 1 1/2")	0-400 LPM
	(1 1/2" to 2")	0-500 LPM
	(2 1/2")	0-800 LPM

Style;

Through its unique modular design it allows for easy field installation and service. It does not require any straight pipe runs before or after the monitor thus minimizing the installation footprint. The versatile design of the vane monitor allows for orientation to be mounted in any position. Vane style monitor operates when flow is introduced through the inlet connection making direct contact with the vane that is mechanically linked to the indicator shaft. The fluid forces the vane to move through a contoured opening creating a variable orifice, the greater the flow the larger the orifice becomes for flow to pass. The vane style monitor is spring loaded and allows the vane to return on decreasing flows.

Switches;

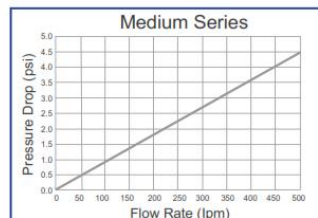
Are field adjustable, suitable for batching, trending, totalising or recording where required. All Flow-Mon units can be supplied with a 0-10v or 4-20mA output.

Sizes;

All sizes are manufactured to the same simple design concept, the main characteristic of which ensures that the pressure drops are confined to an absolute minimum (see "pressure drop" charts) across the vane orifice at full flow, with viscosities as high as 600cS. Sizes are defined by pipe size and/or maximum flow capacity, and every flow switch is individually calibrated so that full scale deflection is used in each application i.e. the maximum scale reading coincides with the maximum requirements of system as specified by the customer. Calibration may be in any units with Single or Dual scale to specification.

Applications;

- Water, De-Ionised Water,
- Soluble Oils (Glycols),
- Petroleum Based Fluids,
- Synthetic Based Fluids,
- Coolants, Corrosive Fluids,
- Paints, Solvents, Air & Gases



Comparison;

Comparable to similar style devices in the industry, Flow-Mon's "flow through" design offers a low pressure loss. To ensure accuracy they are individually calibrated in any unit of measure to customer operating specifications.



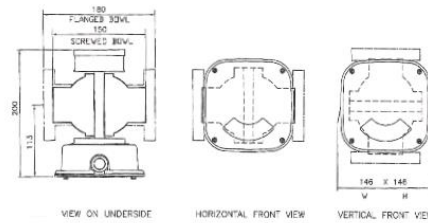
Screwed Unit



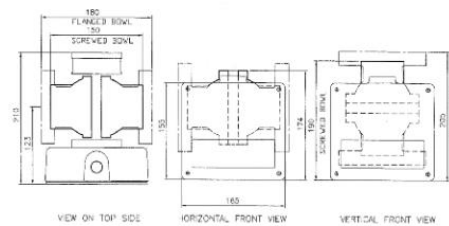
Flanged Unit

Dimensions;

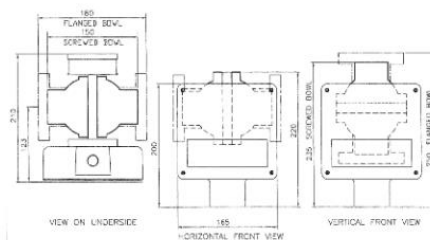
Standard Enclosure Box

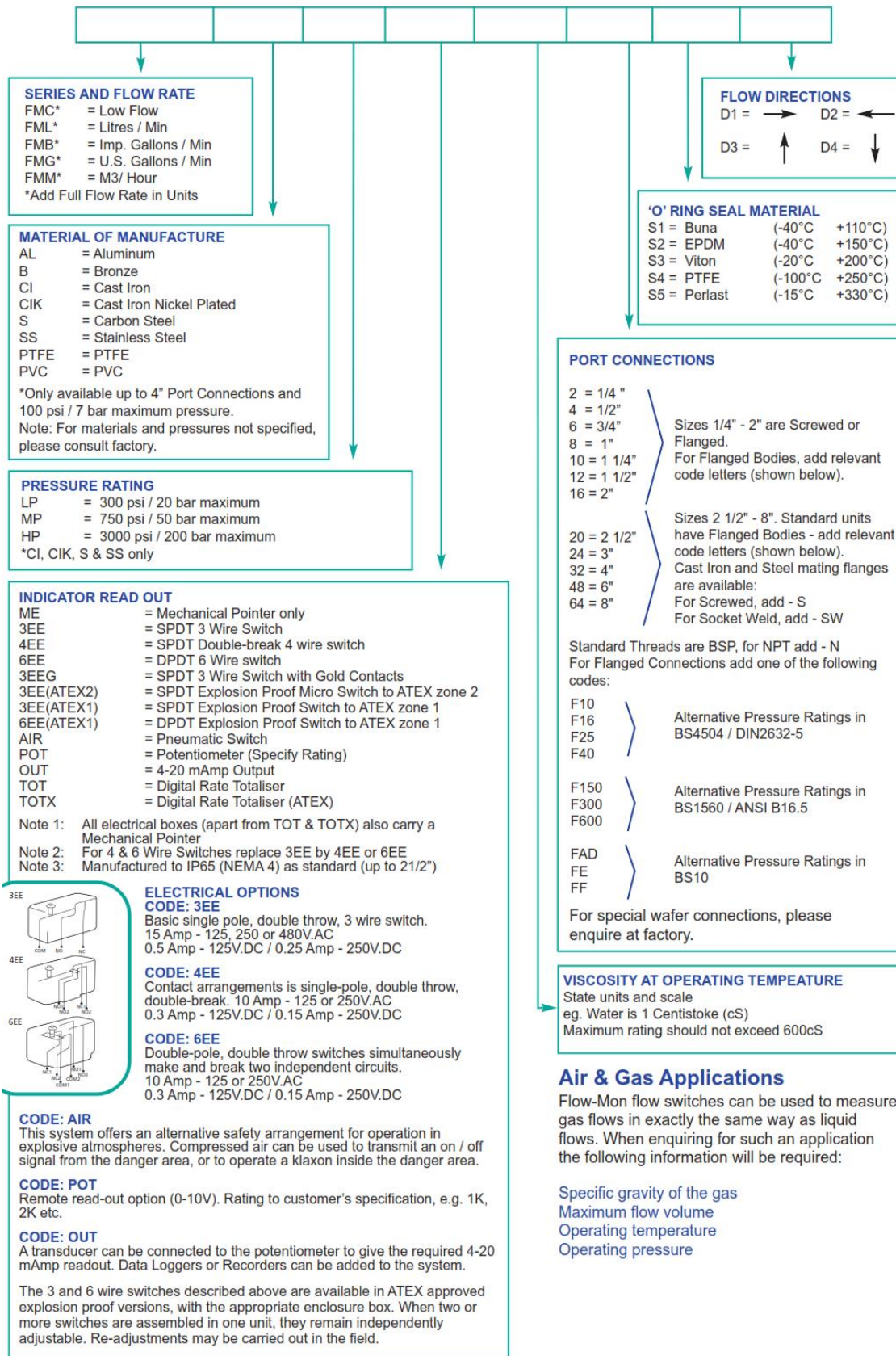


Aluminium Enclosure Box



Explosion Proof Aluminium Enclosure Box





ANEXO G – SENSOR DE TEMPERATURA

ENGINEERING
TOMORROW

Folleto técnico

Sensores de temperatura

Tipo MBT 5250, MBT 5260 y MBT 5252



Sensores de temperatura de alto rendimiento para el control de la temperatura del agua de refrigeración, el aceite de lubricación, el aceite hidráulico y las instalaciones de refrigeración en aplicaciones industriales y navales. Estos sensores de temperatura se basan en los elementos estándar Pt100 o Pt1000, que proporcionan medidas fiables y precisas.

Los tres tipos de sensor se pueden suministrar con conexiones NTC/PTC previa solicitud.

En la versión para bajas temperaturas (-50 – 200 °C), el módulo de medida se basa en un cable de silicona que aporta al sensor una gran resistencia a las vibraciones. El tipo MBT 5250, con elemento sensor intercambiable, y el MBT 5260, con elemento sensor fijo, están equipados de serie con conector Pg 9 según la norma EN 175301-803-A. El tipo MBT 5252 está equipado de serie con cabezal de tipo B, pero puede suministrarse con cabezal B mini previa solicitud. Si es necesario, puede adquirirse un transmisor (MBT 9110) como parte integral del sensor de tipo MBT 5252.

Características

- Medios líquidos o gaseosos como, por ejemplo, aire, gas, vapor, agua o aceite
- Temperatura máxima del medio: 200 °C (tipo MBT 5250 y MBT 5260)
- Temperatura máxima del medio: 200 °C o 400 °C (tipo MBT 5252)
- Elemento sensor Pt100 o Pt1000
- Compatible con conexiones de 2 o 3 conductores
- Conectores macho y hembra chapados en oro (tipos MBT 5250 y MBT 5260)
- Los tipos MBT 5250 y MBT 5252 cuentan con módulo de medida sustituible
- El tipo MBT 5260 cuenta con módulo de medida fijo
- Disponible con transmisor integrado (MBT 5252)

Homologaciones

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Lloyds Register of Shipping, LR Germanischer Lloyd, GL Det Norske Veritas, DNV Registro Italiano Navale, RINA | <ul style="list-style-type: none"> Nippon Kaiji Kyokai, NKK American Bureau of Shipping, ABS Korean Register of Shipping, KR Bureau Veritas, BV China Classification Society, CCS |
|--|--|

**Datos técnicos, tipo
MBT 5250 y MBT 5260**

Datos generales, tipos MBT 5250 y MBT 5260

Rango de medida	-50 – 200 °C
Elemento sensor	Pt 100, Pt 1000
Tubo de protección	ø8 x 1 mm

Tiempos de respuesta

Tipo	Tubo de protección	Tiempos de respuesta indicativos			
		Agua 0.2 m/s		Aire 1 m/s	
		t _{0,5}	t _{0,9}	t _{0,5}	t _{0,9}
El tipo MBT 5250 cuenta con elemento sensor intercambiable	ø8 x 1 mm	9 s.	33 s.	95 s.	310 s.
El tipo MBT 5260 cuenta con elemento sensor fijo	ø8 x 1 mm	6 s.	20 s.	35 s.	140 s.

Materiales

Tubo de protección en contacto con el medio	N.º de mat. 1.4571 (AISI 316 Ti)
Conexión de proceso	N.º de mat. 1.4404 (AISI 316 L)
Longitud de extensión	N.º de mat. 1.4571 (AISI 316 Ti)
Unión	Latón chapado en níquel
Junta	Silicona
Conector EN 175301-803	PA 6.6 (máx 125 °C)

Especificaciones mecánicas y ambientales

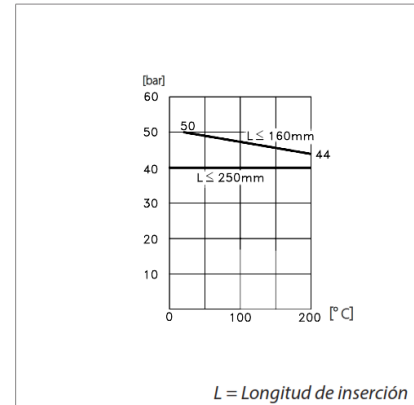
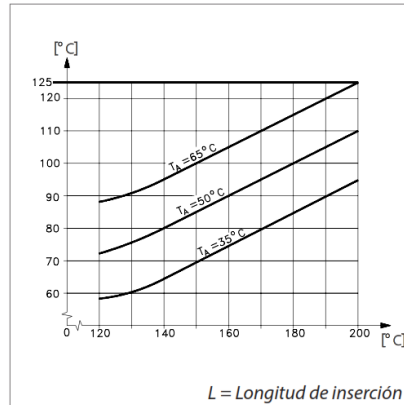
Tolerancia del sensor	EN 60751 Class B: ± (0.3 + 0.005 × t)	t = temperatura del medio, valor numérico
Estabilidad ante vibraciones	Impacto:	100 g / 6 ms
	Vibraciones:	4 g, función sinusoidal 5 – 200 Hz, medida según norma IEC 60068-2-6
Protección	IP65, según norma IEC 60529	
Entrada de cable EN 175301-803	Pg 9, Pg 11 or Pg 13.5	

Folleto técnico | Sensores de temperatura, Tipos MBT 5250, MBT 5260 and MBT 5252

Datos técnicos, tipos MBT 5250 y MBT 5260

Temperatura máx.(longitud de ext. "nulo")
Conector EN 175301-803

Carga máx. del tubo de protección
($\varnothing 8 \times 1, \varnothing 10 \times 2$) según norma EN 175301-803



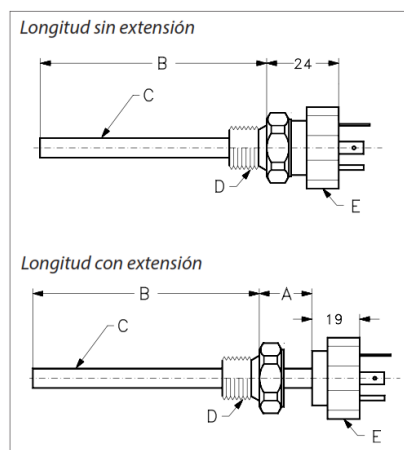
T_m = Temperatura del medio
 T_p = Temperatura del conector eléctrico
 T_A = Temperatura ambiente

Nota: Para una longitud de extensión equivalente a 50 mm, no se establecen limitaciones en relación con medios a temperaturas de hasta 200 °C, con una temperatura ambiente de hasta 90 °C.

Velocidad del medio aceptable	Aire	Agua
	25 m/s	3 m/s

Conexión a proceso	G ¼ A	G ½ A G ¾ A - M18	G ¾ A M24
Par de apriete máx.	25 Nm	50 Nm	100 Nm

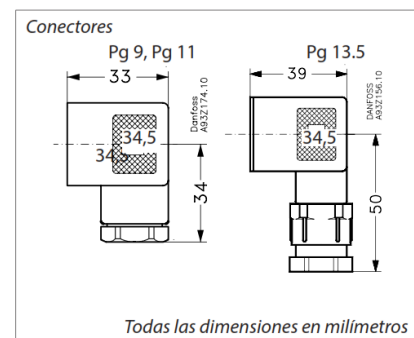
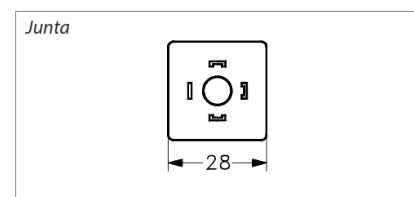
Dimensiones de los tipos MBT 5250 y MBT 5260



A = Longitud de extensión
B = Longitud de inserción
C = Tubo de protección
D = Conexión de proceso
E = Unión

Nota:

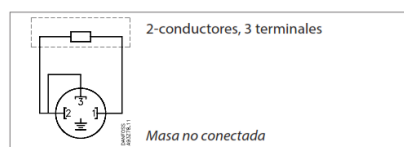
- Par de apriete del tornillo de montaje situado en el extremo posterior del conector eléctrico: 25 Ncm
- Par de apriete de la unión (posición "E"): 17 Nm



Todas las dimensiones en milímetros

Conexión a proceso	G ¼ A	G ½ A - G ¾ A G ¾ A - M18	G ¾ A M24
Anchura entre superficies planas	HEX 22	HEX 27	HEX 32

Conexiones eléctricas



ANEXO H – FACTORYTALK ANIMACIONES

Animate graphic objects

This chapter describes:

- The types of animation and which objects support which types of animation
- How to use the **Animation** dialog box
- How to test animation
- How to use tag names, tag placeholders, and expressions when attaching animation
- How to set the minimum and maximum values for animation that uses a range of motion
- How to use **Object Smart Path** to define an object's range of motion
- How to set up each type of animation
- How to apply animation to groups
- How to check what kind of animation is attached to an object
- How to copy and paste animation
- How to set up animation for global objects

Types of animation

Animation associates graphic objects with tags so the appearance or position of an object changes to reflect changes to the tag's value. For example, an object's color could change from yellow to orange to red as the tag's value increases. Or a slider could move from left to right as a tag's value increases.

You can use these types of animation:

- Color
- Fill
- Height
- Horizontal position
- Horizontal slider
- Hypelrink

- Rotation
- Vertical position
- Vertical slider
- Visibility
- Width

The Objects 5 Screen Demo sample application contains many examples of animation. In particular, see the graphic displays called *Animation I* and *Animation II*.

Which objects can have which types of animation?

This table summarizes which types of objects support which types of animation. For information about the different types of graphic objects, see [Types of graphic objects](#) on [page 337](#).

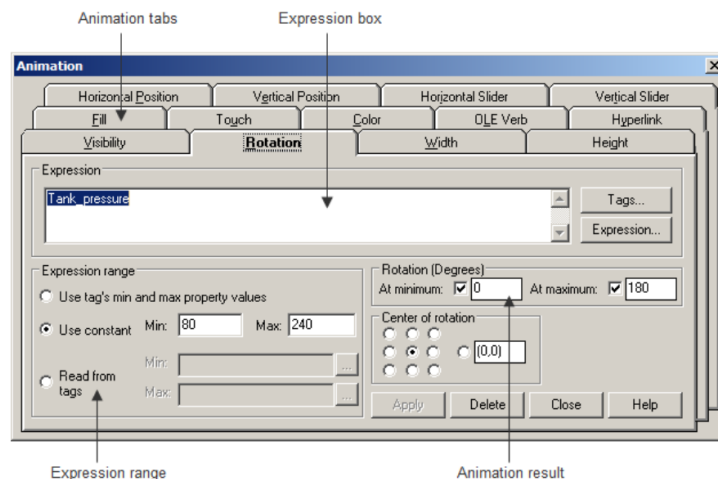
These objects	Support these types of animation
Drawing objects, except images, panels, and rounded rectangles	All types
Rounded rectangles	All types except rotation
All other objects	Visibility

You can also attach animation to groups of drawing objects. For more information, see [Apply animation to groups](#) on [page 428](#).

You can attach as many types of animation to a drawing object (except images and panels) as you like. For example, apply width, height, horizontal position, and vertical position animation to an object to give it the appearance of moving into or out of the display as it shrinks and grows.

Use the Animation dialog box

The **Animation** dialog box is a floating dialog box, which means you can keep it open all the time and move it around the screen. While it's open you can select other objects and open other dialog boxes.

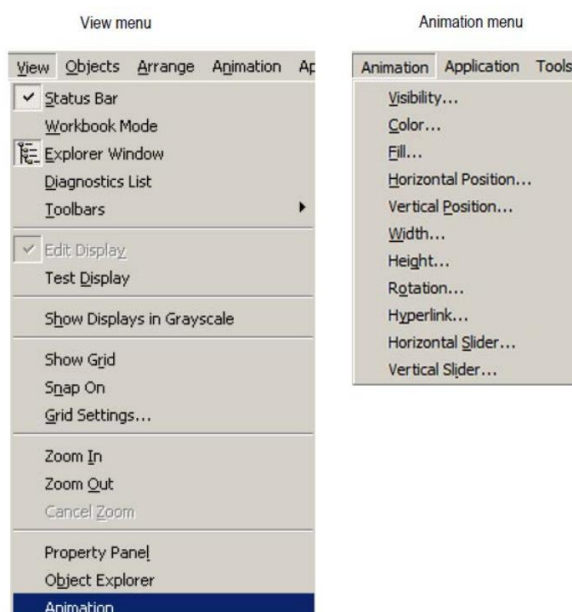


For details about the parts of the **Animation** dialog box, see Help.

To open the Animation dialog box, use one of these methods:

- Select an object, and then from the **View** menu, select **Animation**.
- Select an object, and then from the **Animation** menu, select an animation type. Animation types that are not supported for the selected object are unavailable.

- Right-click an object, select **Animation**, and then click an animation type. Animation types that are not supported for the selected object are unavailable.



Use Object Smart Path to visually set animation

Because the **Animation** dialog box stays open, you can go back and forth between the dialog box and the graphic display. This makes it easy to set the range of motion for an object because you do not have to know how many pixels you want an object to move. Instead, you can set the range of motion visually using the **Object Smart Path** feature. For details, see [Use Object Smart Path](#) on [page 420](#).

Test animation

To test the animation you have set up on a graphic display, use **Test Display** to switch to test mode. When you finish testing, switch back to edit mode to continue editing.

To switch between test and edit modes, do one of the following:

- From the **View** menu, select **Test Display** or **Edit Display**
- On the toolbar, click or .

Tip: Test mode is not the same as running the display. Test mode does not change the appearance or position of the display as set up in the **Display Settings** dialog box. Also, data logging is not turned on in test mode.


Use tag names and tag placeholders

When setting up animation for objects, you are linking objects to tags. You can specify a tag name or use tag placeholder.

When setting up animation, select one of these methods for calculating the minimum and maximum values:

- **Use tag's min and max property values** — select this method to use the minimum and maximum values of the first HMI tag in the expression. If more than one HMI tag is used in the expression, the first HMI tag's minimum and maximum values are used.

For analog HMI tags, the values are taken from the **Minimum** and **Maximum** boxes in the **Tags** editor. For digital tags, the minimum is 0 and the maximum is 1.

- **Use constant** — select this method to use numeric constants. Type the minimum and maximum values in the boxes.
- **Read from tags** — select this method to read two tags' values to determine the minimum and maximum values. Type the tag names in the boxes, or click the **Browse** buttons  to open the **Tag Browser** and select the tags.

If you use this method, the tags are read when the graphic display opens. Their values at that time are used for the minimum and maximum values. The tags are not read again after this.

Define a range of motion

To define a range of motion for an object, use one of these methods:

- Use the mouse to move the object on the display. This uses the **Object Smart Path** feature to visually define the range of motion.
- Type values in the **At minimum** and **At maximum** boxes.

Motion can be defined in pixels, percentages, or degrees.

Animation that does not use a range of motion

Visibility and color animation do not use a range of motion, because these types of animation represent a change of state, not a range of values.

Use Object Smart Path

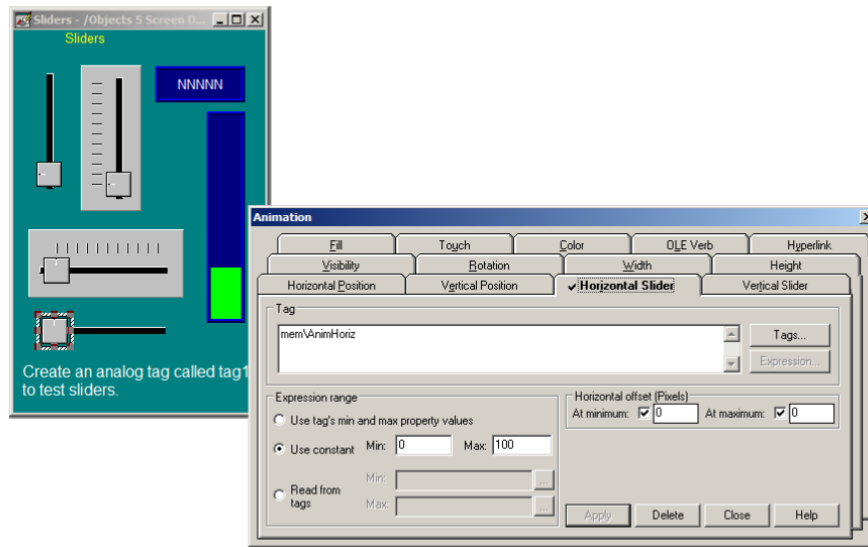
With **Object Smart Path**, you can easily set the range of motion for an object. The following example shows how **Object Smart Path** works.

Example: Use Object Smart Path to define the range of motion for horizontal slider animation

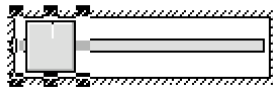
To define a range of motion for a slider object

1. In the **Graphics** editor, create a slider object using a line and a rectangle, or copy a slider object from the Sliders graphic library.
2. Open the **Animation** dialog box and click the **Horizontal Slider** tab.

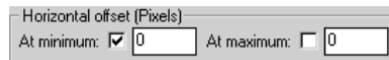
3. On the display, select the rectangle in the slider object.
4. In the **Tag** box of the **Animation** dialog box, specify a tag name.



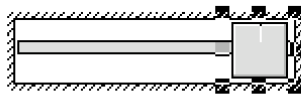
5. On the display, drag the rectangle to the position that will indicate the lowest number in the range.



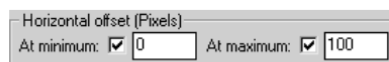
6. In the **Animation** dialog box, set this position by clicking the **At minimum** check box.



7. On the display, drag the rectangle to the position that will indicate the highest number in the range.



8. In the **Animation** dialog box, set this position by selecting the **At maximum** check box.



9. To save the settings, click **Apply**.

When you finish setting up the animation, the rectangle returns to its original position.