

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**



**“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO
DEL NUEVO HOLDING TANK DE LA PLANTA DE FILTRADO
RELAVES DE LA UNIDAD MINERA CERRO LINDO”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
ZAVALA SALAZAR, VICTOR GABRIEL**

**Villa El Salvador
2016**

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de Tesis con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, mi madre, mis hermanos y mis padrinos, en especial a mi querida abuela que en paz descansa; a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento principal de este proyecto de Tesis es a Dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante. Agradezco a mi familia por brindarme siempre su apoyo incondicional, así como al conjunto de profesionales con los que comparto conocimientos en el trabajo.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | |
| 1.1. Descripción de la realidad problemática..... | 2 |
| 1.2. Justificación del Proyecto | 3 |
| 1.3. Delimitación del Proyecto | 3 |
| 1.3.1. Delimitación teórica | 3 |
| 1.3.2. Delimitación espacial..... | 4 |
| 1.3.3. Delimitación temporal..... | 4 |
| 1.4. Formulación del problema | 4 |
| 1.4.1. Problema principal..... | 4 |
| 1.4.2. Problemas específicos | 4 |
| 1.5. Objetivos..... | 5 |
| 1.5.1. Objetivo general | 5 |
| 1.5.2. Objetivos específicos..... | 5 |
| CAPITULO II: MARCO TEÓRICO | |
| 2.1. Antecedentes de la Investigación | 6 |
| 2.1.1. Ámbito nacional..... | 6 |
| 2.1.2. Ámbito internacional..... | 8 |
| 2.2. Bases teóricas | 10 |
| 2.2.1. Fundamentos de automatización | 10 |
| 2.2.1.1. Tecnologías en la automatización..... | 11 |
| 2.2.1.2. Objetivos de la automatización | 13 |
| 2.2.1.3. Sistemas de lazo abierto | 13 |
| 2.2.1.4. Sistemas de lazo cerrado..... | 14 |
| 2.2.1.5. Tipos de automatización | 15 |
| 2.2.2. Fundamentos de instrumentación | 16 |
| 2.2.2.1. Características de los instrumentos | 16 |

| | |
|---|----|
| 2.2.2.2. Características dinámicas de los instrumentos | 18 |
| 2.2.2.3. Clases de instrumentos..... | 18 |
| 2.2.2.4. Tipos de medición | 21 |
| 2.2.3. Neumática | 24 |
| 2.2.4. Protocolos de comunicación..... | 27 |
| 2.2.5. Controlador lógico programable | 32 |
| 2.2.5.1. Estructura..... | 32 |
| 2.2.5.2. Modo de funcionamiento | 33 |
| 2.2.6. Relaves | 33 |
| 2.2.6.1. Unidad Minera Cerro Lindo (UMCL)..... | 35 |
| 2.2.6.2. Filtrado de relave | 35 |
| 2.2.7. Holding Tank | 38 |
| 2.3. Marco Conceptual | 40 |
| 2.3.1. Motores Eléctricos Trifásicos..... | 40 |
| 2.3.1.1. Características técnicas de los datos de la placa de motores | 40 |
| 2.3.2. Sensores de nivel..... | 41 |
| 2.3.3. Válvulas neumáticas tipo cuchilla..... | 44 |
| 2.3.4. Electroválvulas | 44 |
| 2.3.5. Comunicación por ProfiBus DP | 45 |
| 2.3.6. Variadores de frecuencia..... | 47 |
| CAPITULO III: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO | |
| 3.1. Análisis del sistema | 51 |
| 3.2. Diseño e implementación del sistema | 55 |
| 3.2.1. Selección de instrumentos | 55 |
| 3.2.1.1. Sensor de nivel..... | 55 |
| 3.2.1.1.1. Principio de operación..... | 55 |
| 3.2.1.1.2. Características del sensor..... | 57 |

| | |
|--|------------|
| 3.2.1.1.3. Dimensiones | 58 |
| 3.2.1.1.4. Condiciones de montaje a tomar en cuenta | 59 |
| 3.2.1.1.5. Montaje en agitadores..... | 61 |
| 3.2.1.1.6. Diagrama de conexión | 61 |
| 3.2.1.1.7. Ingreso de datos | 62 |
| 3.2.1.2. Válvula neumática tipo cuchilla | 66 |
| 3.2.1.2.1. Características | 66 |
| 3.2.1.2.2. Datos técnicos | 67 |
| 3.2.1.3. Tablero neumático de control | 68 |
| 3.2.1.3.1. Válvula on off | 69 |
| 3.2.1.3.2. Filtro regulador de presión | 69 |
| 3.2.1.3.3. Válvula solenoide MFH-5-1/4-6211 | 70 |
| 3.2.1.3.4. Bobina MSFW 100 50/60 HZ | 70 |
| 3.2.1.4. Variador de Velocidad | 71 |
| 3.2.1.4.1. Placa de datos | 71 |
| 3.2.1.4.2. Instalación y cableado..... | 72 |
| 3.2.2. Implementación del sistema | 78 |
| 3.2.2.1. Introducción..... | 78 |
| 3.2.2.2. Implementación del sistema de control automático..... | 78 |
| 3.2.2.2.1. Instalación de equipos | 78 |
| 3.3. Revisión y consolidación de resultados | 85 |
| 3.3.1. Configuración y puesta en marcha de sensor de nivel | 85 |
| 3.3.2. Configuración y puesta en marcha de variador Power Flex 700 | 88 |
| 3.3.3. Comprobación de resultados en sala de control | 94 |
| CONCLUSIONES | 99 |
| RECOMENDACIONES | 100 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 101 |

| | |
|----------------------|-----|
| ANEXOS | 105 |
| ANEXO 1 | 105 |
| ANEXO 2 | 111 |
| ANEXO 3 | 113 |
| ANEXO 4 | 114 |

LISTADO DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Grado de Automatismo..... | 10 |
| Figura 2: Mapa de la tecnología de la automatización | 12 |
| Figura 3: Lazo abierto..... | 14 |
| Figura 4: Lazo cerrado | 14 |
| Figura 5: Alcance (SPAN)..... | 17 |
| Figura 6: Sensibilidad de un transductor ante una señal de entrada..... | 17 |
| Figura 7: Indicador..... | 19 |
| Figura 8: Registrador..... | 19 |
| Figura 9: Diferentes clases de instrumentos | 20 |
| Figura 10: Principio de medida | 22 |
| Figura 11: Tipos de sensores de nivel..... | 23 |
| Figura 12: Circuito Neumático | 25 |
| Figura 13: ProfiBus DP Maestro – Esclavo | 29 |
| Figura 14: Comparación entre distintos protocolos | 31 |
| Figura 15: Ubicación UMCL..... | 35 |
| Figura 16: Planta de Filtrado de Relave | 36 |
| Figura 17: Filtro Banda | 36 |
| Figura 18: Filtro banda en funcionamiento | 37 |
| Figura 19: Descarga de pulpa de los filtro banda | 37 |
| Figura 20: Deposito de relave filtrado..... | 37 |
| Figura 21: Traslado de planta de filtrado a depósito de relave..... | 38 |
| Figura 22: Válvulas de alimentación..... | 38 |
| Figura 23: Ciclones del tanque..... | 39 |
| Figura 24: Bombas de alimentación a Filtros banda..... | 39 |
| Figura 25: Alimentación a Filtro Banda..... | 39 |
| Figura 26: Datos de la placa de motor..... | 41 |
| Figura 27: Altura del tanque | 41 |
| Figura 28: Niveles del tanque..... | 42 |
| Figura 29: Sensor de ultrasonido..... | 42 |
| Figura 30: Consideraciones sensor ultrasonido..... | 44 |
| Figura 31: Electroválvula | 45 |
| Figura 32: Principio de transferencia de datos | 46 |
| Figura 33: Comparación arranque sin / con variador..... | 48 |

| | |
|---|----|
| Figura 34: Velocidad vs tiempo | 48 |
| Figura 35: VDF conectado a motor..... | 49 |
| Figura 36: Esquema interno del VDF | 50 |
| Figura 37: Esquema de potencia..... | 50 |
| Figura 38: Esquema de Filtrado de Relave con tanque de stand By..... | 52 |
| Figura 39: Comparación nivel de sólidos y líquidos..... | 56 |
| Figura 40: Dimensiones del sensor | 59 |
| Figura 41: Montaje en agitadores..... | 61 |
| Figura 42: Conexión de terminal para suministro CD | 61 |
| Figura 43: Transmisor Serie AWI2 | 62 |
| Figura 44: Panel frontal Sultan 2 | 62 |
| Figura 45: Configuración rápida | 65 |
| Figura 46: Configuración rápida (2)..... | 66 |
| Figura 47: Válvula Clarkson | 67 |
| Figura 48: Filtro regulador de presión..... | 68 |
| Figura 49: Bobinas | 69 |
| Figura 50: Válvula ON - OFF..... | 69 |
| Figura 51: Unidad de mantenimiento..... | 69 |
| Figura 52: Válvula solenoide | 70 |
| Figura 53: Placa del VDF..... | 71 |
| Figura 54: Ubicación de lengüeta de seguridad..... | 72 |
| Figura 55: Distancias libres mínimas permitidas..... | 73 |
| Figura 56: Conexión típica a tierra..... | 73 |
| Figura 57: Indicadores de estado | 75 |
| Figura 58: Descripción Indicadores de estado | 75 |
| Figura 59: Puesta en marcha con opción de control estándar | 76 |
| Figura 60: Derrame de relave del Holding Tank..... | 78 |
| Figura 61: Antes y después de instalación de válvulas neumáticas | 79 |
| Figura 62: Tablero de control neumático | 79 |
| Figura 63: Accionamiento de la bobina | 80 |
| Figura 64: Esquema de comunicación del tablero neumático | 80 |
| Figura 65: Vista aérea parte superior de holding tank de stand by..... | 81 |
| Figura 66: Sensor de nivel Sultan instalado en tanque | 81 |
| Figura 67: Conexión del sensor de nivel Sultan | 82 |

| | |
|--|----|
| Figura 68: Tablero de bomba de alimentación | 82 |
| Figura 69: Entradas digitales y análogas en VDF..... | 83 |
| Figura 70: Botonera en campo | 84 |
| Figura 71: Motores en campo..... | 84 |
| Figura 72: Sensor Sultan2 | 85 |
| Figura 73: Menú de configuración rápida | 85 |
| Figura 74: Parámetro unidad de medida | 86 |
| Figura 75: Parámetro nivel bajo..... | 86 |
| Figura 76: Parámetro nivel alto..... | 86 |
| Figura 77: Parámetro tipo de aplicación | 87 |
| Figura 78: Parámetro modo de despliegue | 87 |
| Figura 79: Menú Parámetro..... | 88 |
| Figura 80: Menú Visualización..... | 89 |
| Figura 81: Menú Control del motor..... | 89 |
| Figura 82: Menú Datos del motor | 90 |
| Figura 83: Parámetro tipo de motor..... | 90 |
| Figura 84: Parámetro 41, 42 y 43..... | 91 |
| Figura 85: Parámetros 44, 45 y 46 | 91 |
| Figura 86: Parámetro 47, 48 y 49..... | 92 |
| Figura 87: Entradas digitales..... | 93 |
| Figura 88: Adaptador ProfiBus DP..... | 93 |
| Figura 89: librería 20-COMM-P | 94 |
| Figura 90: Equipos VDF comunicados a red | 95 |
| Figura 91: Equipos VDF desde panel de operación | 96 |
| Figura 92: Panel view del operador..... | 96 |
| Figura 93: Válvulas Neumáticas en funcionamiento..... | 97 |
| Figura 94: DIAGRAMA SCADA DE FILTRADO DE RELAVE CON STAND BY..... | 98 |

LISTADO DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Tipos de presión | 21 |
| Tabla 2: Relación entre escalas de temperatura..... | 22 |
| Tabla 3: Comparación entre sensores de nivel..... | 23 |
| Tabla 4: Características del protocolo HART | 29 |
| Tabla 5: Recomendaciones de instalación..... | 60 |
| Tabla 6: Características de la válvula | 70 |
| Tabla 7: Parámetros básicos de configuración | 77 |
| Tabla 8: Datos del motor..... | 88 |
| Tabla 9: entradas digitales básicas..... | 92 |

INTRODUCCION

Actualmente en el rubro de la minería se ha tomado gran importancia sobre el factor medio ambiental destinando diversos recursos en la redistribución de relave y la minimización de riesgos que estos producen, razón por la cual en la UNIDAD MINERA CERRO LINDO se cuenta con dos plantas que se encargan de filtrar el relave, y redistribuir el mismo en diversos procesos, tales como la planta de Relleno en Pasta, llenado de tajos dentro de mina, y Filtrado de Relave, la cual al no contar con un proceso en stand by requiere detener la el proceso acumulando de carga a la planta principal y generando contaminación al medio ambiente.

El propósito de este proyecto es implementar el sistema de control automatizado para un nuevo holding tank que sirva como reserva ante constantes fallas en el tanque principal por parte mecánica y reducir de esta manera el tiempo de parada de planta y detención del proceso de filtrado.

De esta manera en el capítulo I se definirá el planteamiento del problema de forma específica, describiendo la realidad problemática, justificación del proyecto, la formulación del problema y los objetivos generales y específicos.

El capítulo II se mostrará brevemente algunos antecedentes nacionales e internacionales que tratan sobre la importancia de este tipo de sistema, y se definirá las bases teóricas y el marco conceptual.

En el capítulo III se describirá el sistema de control automatizado, mostrando el análisis y la implementación del sistema, así como las pruebas de funcionamiento del mismo.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

En la actualidad el gran impacto ambiental que genera la minería es considerado crítico, tal como se puede observar en otras mineras al término de la producción, después de la extracción del mineral, disponen el relave en pozos de sedimentación, sin contar con un sistema de filtrado adecuado que están propensos a contaminación de ríos y del medio ambiente; además que al no recircular el flujo de agua originan un mayor uso de este recurso natural.

Por lo que, en la unidad minera Cerro Lindo, la planta de Filtrado de Relaves es considerado muy importante para la producción y el medio ambiente, contando con un sistema que permite filtrar el relave y el agua permitiendo la reutilización de este recurso natural y logrando una mejor disposición del relave en forma seca en las canchas de relave y así disminuyendo una posible contaminación a los ríos y al medio ambiente.

1.2 Justificación del Proyecto

MILPO SAC al ser considerado una de las mineras líderes en gestión de protección al medio ambiente, cuenta en su Unidad Minera Cerro Lindo (UMCL) con dos plantas de recuperación y distribución de relave, siendo uno de ellas la planta de Filtrado de Relaves, la cual cuenta con un tanque principal de recepción (Holding Tank) de relave que distribuye su carga entre tres filtros de bandas alimentados por seis (6) bombas de alimentación de 75 HP controlados por el operador de planta.

Siendo este el principal problema ya que al no contar con tanques en stand by ante problemas en el reductor o paletas del agitador del tanque se tiene que parar el proceso para filtrar el relave de forma obligatoria generando pérdidas en producción y ocasionando que se use en pozos de sedimentación para disponer el relave, y pudiendo ocasionar un impacto ambiental, por lo que es necesario la implementación de un nuevo holding tank.

1.3 Delimitación del Proyecto

1.3.1 Delimitación Teórica

- Sistema de control con válvulas neumáticas
- Implementación de equipos eléctricos (motores, y arranque por VDF)
- Comunicación con el protocolo de comunicación ProfiBus-DP

1.3.2 Delimitación Espacial

Este proyecto se realizó en la planta de Filtrado Relave dentro de la Unidad Minera Cerro Lindo, ubicado en el distrito de Chavín, Chincha, provincia de Ica.

1.3.3 Delimitación Temporal

Este proyecto fue elaborado desde el diseño hasta la implementación de equipos eléctricos por medio de un sistema de control automatizado entre los meses de mayo y agosto del año 2016.

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema Principal

¿Se podrá implementar el sistema de control automático para un nuevo holding tank en la planta de Filtrado de Relave en la UMCL?

1.4.2 Problemas Específicos

- ¿Cómo implementar un sistema de control automatizado el cual cumpla con los procesos de planta?
- ¿Cómo seleccionar adecuadamente los equipos eléctricos y de instrumentación a utilizar en el proceso?
- ¿Cómo establecer la comunicación en los equipos mediante el protocolo de comunicación de comunicación ProfiBus-DP?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Implementar el sistema de control automático para un nuevo holding tank en la planta de Filtrado de Relave en la UMCL.

1.5.2 Objetivos específicos

- Implementar un sistema de control automatizado el cual cumpla con los procesos de planta.
- Seleccionar adecuadamente los equipos eléctricos y de instrumentación a utilizar en el proceso.
- Establecer la comunicación en los equipos mediante el protocolo de comunicación ProfiBus-DP.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Ámbito Nacional

- Almerco P. D. A. (2014), en su tesis “Construcción de dique con tratamiento de relave en mina catalina huanca – región Ayacucho” de la Universidad de San Martín de Porres. Concluye lo siguiente:
[http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/bitstream/usmp/1045/1/almerco_do.pdf]

“La finalidad de este trabajo es establecer los procedimientos constructivos y aplicar en las mineras, el buen uso del relave; de esta manera minimizar los impactos ocasionados por la minería, se realizó un proceso de análisis y experimentación a nivel de laboratorio y de campo, en relación con la determinación de los parámetros técnicos, empleados para obtener las propiedades del relave y el comportamiento de este al mezclar con un material de préstamo, para la construcción de un dique. La minería es una actividad extractiva cuyo desarrollo constituye soporte para gran parte de la industria

manufacturera y es una importante fuente de crecimiento económico para los países en vías de desarrollo.”

- Balta R. A. & Vásquez C. A. (2010), en su tesis “Diseño del sistema de control automático del proceso de retratamiento del relave en la unidad minera Orcopampa de la empresa buenaventura” de la Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo – Perú. Concluye lo siguiente:
[http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/784/1/HUATAY_V%20DCTOR_SISTEMA_SUPERVISI%20N_PROCESO%20ECUALIZACI%20N.pdf]

“En el presente trabajo se dio a conocer los conceptos básicos de sistema de control clásico, así como arquitectura de control, sistema de monitoreo, relaves, espesadores, componentes químicos que se usarán en el proceso cómo, cianuro, carbón activado, etc. todo esto con el fin llegar a los objetivos planteados y la comprensión del proceso. Se diseñaron los lazos de control apropiados, cada lazo está en función a valores o parámetros establecidos por diseños o cálculos anteriores que nos permite analizar el funcionamiento de cada subproceso de la planta y así poder realizar la selección de instrumentos y equipos adecuadamente. Se dio paso al sistema de arquitectura de control y en conjunto a la filosofía de control se pudo realizar el diseño de las dos etapas como es la de repulpado y la de cianuración.”

2.1.2 **Ámbito Internacional**

- Camero H. P. (2000) en su tesis “Encapsulamiento concurrente de la pirita en presas de relaves” de la Universidad Autónoma Tomas Frias - Bolivia. Concluye lo siguiente: [<http://documents.mx/documents/encapsulamiento-concurrente-de-la-pirita-en-presas-de-relaves.html>]

“En el trabajo mencionado se demuestra la factibilidad de una nueva tecnología en el manejo de relaves piritosos, potenciales generadores de aguas ácidas, y es mi esperanza que se siga investigando esta propuesta para que finalmente sea aplicado en la industria minero metalúrgica, ya que los trabajos de laboratorio muestran que es posible realizar un manejo concurrente de los relaves de plantas concentradoras de minerales sulfurados que garanticen una mejor estabilidad química de las presas relaves y de esta forma alcanzar una mejor protección del ambiente.”

- Balderrama E. K. (2001) en su tesis “Tipificación de la contaminación minera como delito ambiental” de la Universidad Católica Boliviana San Pablo - Bolivia. Concluye lo siguiente: [<https://siaa.ucbcba.edu.bo/siaa/RepTesisAluPublico.asp?nsper=6213>]

“El presente trabajo de investigación está orientado a realizar un análisis jurídico sobre la problemática ambiental generada por la actividad minera y el impacto que ocasiona el tratamiento de minerales en el medio ambiente, los recursos naturales y la salud de las personas. Además, establecer si existe la necesidad de tipificar la contaminación minera como delito ambiental. El trabajo de investigación está constituido por cuatro capítulos, cada uno con disímil

número de componentes o apartados cuya sucinta descripción es la siguiente: En el primer acápite se hace mención al medio ambiente, los sistemas ecológicos, la contaminación y su clasificación, los problemas ambientales, los sujetos que contaminan ya sea de modo general o particular. En su segunda parte se realiza un enfoque general de la actividad minera en Bolivia, los desechos y contaminantes minerales que afectan al agua, la atmósfera; los grados de contaminación y los efectos letales y sub-letales que estos, pueden originar. En el apartado siguiente, se hace referencia al delito en general y el delito ambiental específicamente, tomando en cuenta sus características, los elementos constitutivos, los daños que pueden recaer sobre el medio geográfico o el espacio físico y sobre los productos transformados, además de realizar un análisis de los fines de la penalización y los actos que destruyen el medio ambiente. Por otro lado, en el acápite tercero se realiza un análisis de la legislación comparada y la legislación nacional, determinando las falencias existentes en nuestro ordenamiento jurídico sobre el tema, en particular sobre los delitos ambientales. Por último, se hace una justificación de la necesidad de incluir, en el ordenamiento ambiental vigente, el delito ambiental por contaminación minera basándose en las características, los elementos constitutivos, el peligro y el daño ambiental que ocasionan.”

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Fundamentos de Automatización

La automatización es la facultad que poseen algunos procesos físicos para desarrollar las actividades de operación y funcionamiento en forma autónoma, es decir, por cuenta propia. En Sistemas de Producción Industrial, los procesos de producción son operaciones o fases que definen un estado de un producto (o servicio) o consiguen el estado final de un producto. Estas operaciones se realizan a través de actividades de producción, siendo éstas las que transforman materia y energía, incluso información, desde un estado (físico, químico y biológico) a otro. [1]

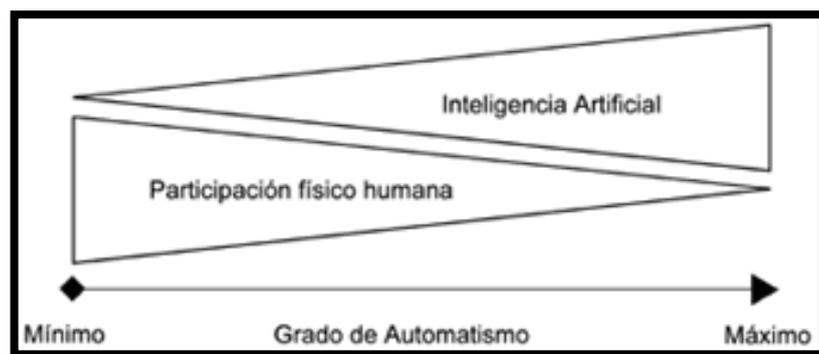


Figura 1: Grado de Automatismo

Fuente: Página web <http://www.sc.ehu.es/.../Automatizacion.htm>. Consultada en junio del 2016

La automatización toma en la industria una posición cada vez más preponderante debido a la automatización de los procesos, cuya importancia se encuentra en constante ascenso tal como se muestra en la figura 1. Esto sucede tanto en las aplicaciones cotidianas de la producción como en la instrucción. Dentro de ello, la tecnología de automatización está hoy en día, casi siempre, ligada a las tecnologías de accionamiento, de control y de la informática. [2]

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- Parte de Mando
- Parte Operativa

La **Parte Operativa** es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera, etc.

La **Parte de Mando** suele ser un autómatas programable (tecnología programada), aunque hasta ahora se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómatas programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado. [3]

2.2.1.1 Tecnologías en la Automatización

Las tecnologías empleadas en la automatización pueden clasificarse en dos grandes grupos, tal como se muestra en la figura 2:

- Tecnología cableada
- Tecnología programada

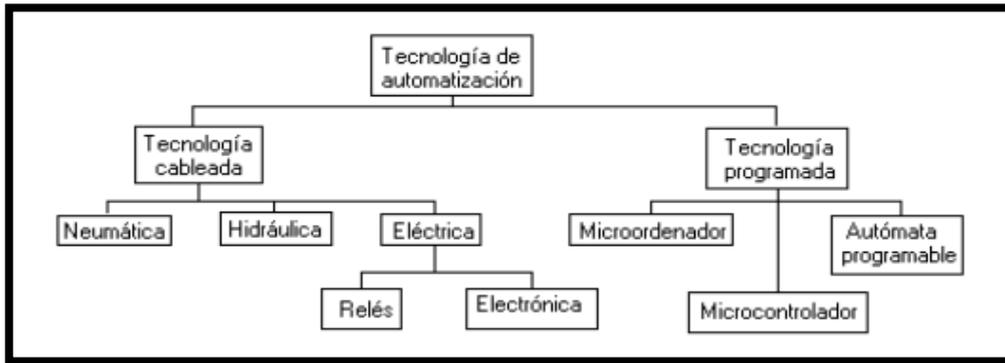


Figura 2: Mapa de la tecnología de la automatización

Fuente: Página web <http://www.tecnologiaminera.com>. Consultada en junio del 2016

La tecnología cableada se realiza a base de uniones físicas de los elementos que componen la parte de control.

La tecnología cableada ha sido extensamente empleada, pero presenta los siguientes inconvenientes:

- Ocupa mucho espacio
- Es poco flexible ante modificaciones o ampliaciones.
- Es difícil de mantener
- No es útil en aplicaciones en controles complejos
- Caros, debido al costo de sus componentes y a la gran cantidad de horas necesarias para el cableado.

En la tecnología programada, la parte de control se realiza mediante la confección de un programa residente en la memoria de una unidad de control.

Los autómatas programables pertenecen a la tecnología programada, el cual entre sus ventajas están todos los inconvenientes de la tecnología cableada. ^[4]

2.2.1.2 Objetivos de la Automatización

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción. ^[3]

2.2.1.3 Sistemas de Lazo Abierto

Un sistema de lazo abierto, ver figura 3, es aquél donde la salida no tiene efecto sobre la acción de control. La exactitud de un sistema de lazo abierto depende de dos factores:

- La calibración del elemento de control.
- La repetitividad de eventos de entrada sobre un extenso período de tiempo en ausencia de perturbaciones externas. ^[4]

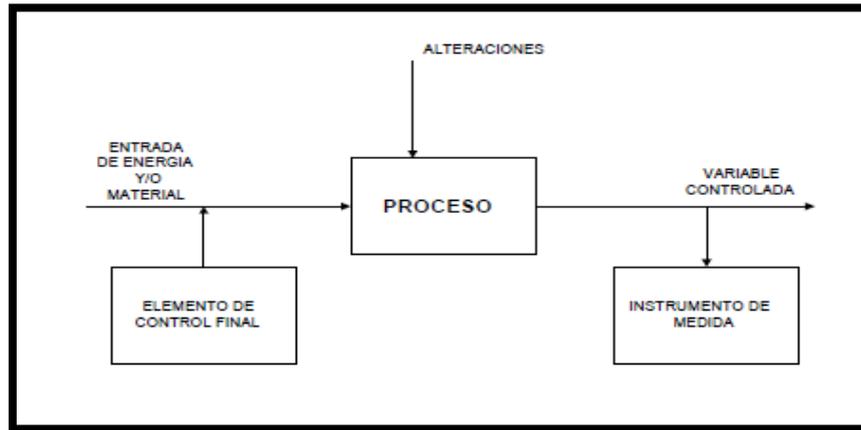


Figura 3: Lazo abierto

Fuente: Página web www.emb.cl. Consultado en junio del 2016

2.2.1.4 Sistemas de Lazo Cerrado

Un sistema de control de lazo cerrado es aquél donde la señal de salida tiene efecto sobre la acción de control donde la salida es medida y retroalimentada para establecer la diferencia entre en valor deseado y el valor obtenido a la salida, y en base a esta diferencia, adoptar acciones de control adecuadas, tal como se muestra en la figura 4. [4]

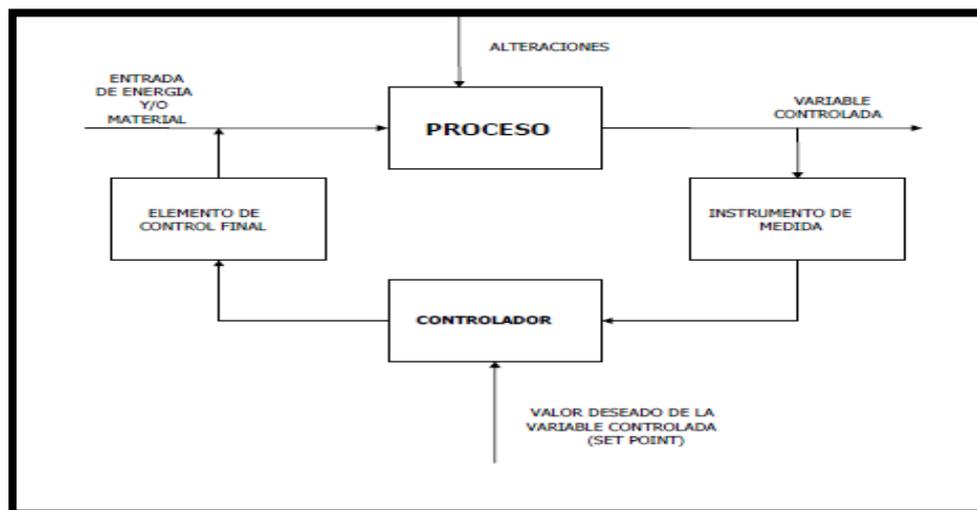


Figura 4: Lazo cerrado

Fuente: Página web www.emb.cl. Consultado en junio del 2016

2.2.1.5 Tipos de automatización

- Automatización mecánica, los sistemas mecánicos suelen ser complicados, por la abundancia de mecanismos y de escasa flexibilidad.
- Automatización neumática, como ventajas se puede mencionar la sencillez de los propios sistemas de mando y la economía de los sistemas neumáticos una vez instalados, por el contrario, el mantenimiento de estado del aire es uno de los inconvenientes debido a que este debe mantenerse perfectamente limpio y seco.
- Automatización hidráulica, se prefiere en sistemas que deban desarrollar más trabajo y no sea primordial la velocidad de respuesta, por ejemplo, prensas o automóviles.
- Automatización eléctrica, se utiliza para control de movimiento, en los casos en que se precisan velocidades constantes o desplazamientos precisos, su gran ventaja es la disponibilidad de una fuente de energía eléctrica en prácticamente cualquier lugar. Los elementos más comunes son los pulsadores, interruptores, conmutadores, finales de carrera, detectores fotoeléctricos, relés, temporizadores y contadores.
- Automatización electrónica, la base de este tipo de automatización es el sistema digital, que ha desembocado en el ordenador y, naturalmente, en el autómeta programable. ^[5]

2.2.2 Fundamentos de Instrumentación

Es el grupo de elementos que sirven para medir, controlar o registrar variables de un proceso con el fin de optimizar los recursos utilizados en éste. En otras palabras, la instrumentación es la ventana a la realidad de lo que está sucediendo en determinado proceso, lo cual servirá para determinar si el mismo va encaminado hacia donde deseamos, y de n ser así, poder usar el instrumento para actuar sobre algunos parámetros del sistema y proceder de forma correctiva. [6]

Un sistema de instrumentación es una estructura compleja que agrupa un conjunto de instrumentos, un dispositivo o un sistema en el que se mide, unas conexiones entre estos elementos y, por último, unos programas que se encargan de automatizar el proceso y de garantizar la repetitividad de las medidas. [7]

2.2.2.1 Características de los instrumentos

- Campo de medida o rango, es el conjunto de valores dentro de los límites superior e inferior de medida, en los cuales el instrumento es capaz de trabajar de manera confiable.
- Alcance (SPAN), es la diferencia entre el valor superior e inferior del campo de medida, en la figura 5 se muestran algunos ejemplos.

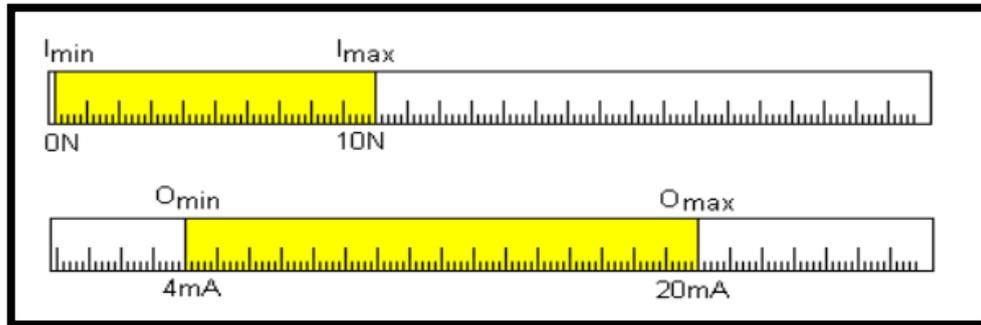


Figura 5: Alcance (SPAN)

Fuente: Página web <http://www.tav.net/transductores/instrumentacion-industrial.pdf>. Consultado en junio del 2016

- Error, es la diferencia que existiría entre el valor que el instrumento indique que tenga la variable de proceso y el valor que realmente tenga esta variable en ese momento.
- Precisión, es la tolerancia mínima de medida que permitirá indicar, registrar o controlar el instrumento.
- Zona muerta, es el área de valores de la variable en el que no se registra ninguna variación en su indicación, registro o control, en la figura 6 se muestra un ejemplo de banda muerta en un instrumento de medición.

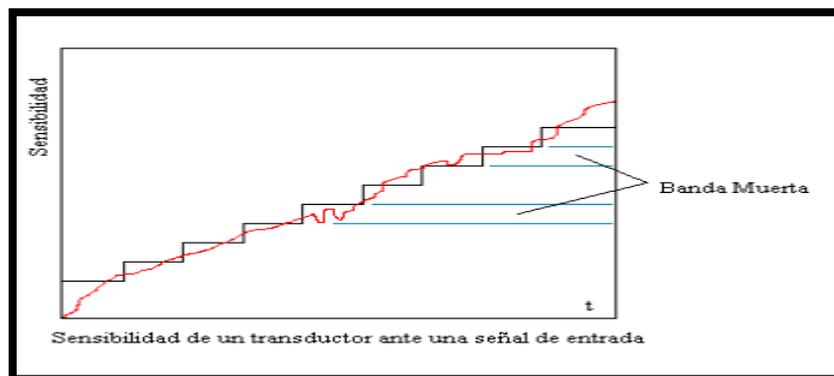


Figura 6: Sensibilidad de un transductor ante una señal de entrada

Fuente: Página web <http://www.tav.net/transductores/instrumentacion-industrial.pdf>. Consultado en junio del 2016

- Saturación, es el área en la cual el instrumento ha sobrepasado su capacidad máxima de operación por lo que representa un comportamiento distinto a la operación normal y por lo tanto, no es confiable. ^[6]

2.2.2.2 Características dinámicas de los instrumentos

- Tiempo de respuesta, mide la capacidad de un transductor para que la señal de salida siga sin retrasos las variaciones de la señal de entrada.
- Tiempo de retardo, es el tiempo transcurrido desde la aplicación del escalón de entrada hasta que la salida alcanza el 100% de su valor permanente.
- Tiempo de subida, es el tiempo transcurrido desde que la salida alcanza el 10% de su valor permanente hasta que llega por primera vez al 90% de dicho valor.
- Tiempo de establecimiento, es el tiempo transcurrido desde la aplicación de un escalón de entrada hasta que la respuesta alcanza el régimen permanente, con una tolerancia de +/-1%.
- Constante de tiempo
- Respuesta frecuencial
- Linealidad ^[8]

2.2.2.3 Clases de instrumentos

Indicadores, disponen de un índice y de una escala graduada en la que puede leerse el valor de la variable, tipos: digitales y analógicos, tal como se muestra en la figura 7.



Figura 7: Indicador

Fuente: Página web <http://www.tav.net/transductores/instrumentacion-industrial.pdf>. Consultado en junio del 2016

Registradores, registran con trazo continuo o a punto variable, y puede ser circulares o de grafico rectangular, como el de la figura 8.

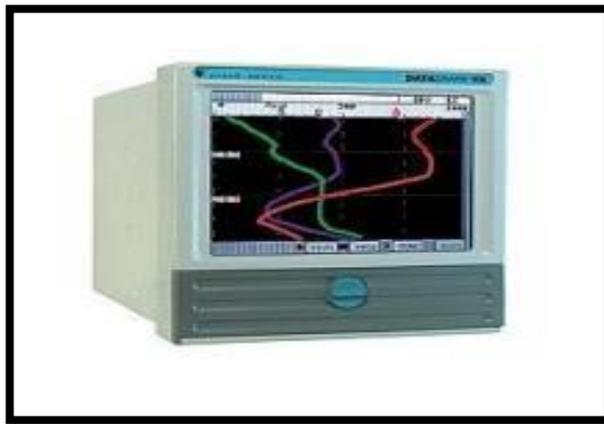


Figura 8: Registrador

Fuente: Página web <http://www.tav.net/transductores/instrumentacion-industrial.pdf>. Consultado en junio del 2016

Transmisores, captan la variable del proceso a través del elemento primario y lo transmiten a distancia en forma de señal neumática (3 a 15 psi) o eléctrica de corriente continua (4 a 20 mA) o de tensión (0 a 5 V).

Transductores, reciben una señal de entrada en función de una o más cantidades físicas y la convierten modificada o no a una señal de salida.

Convertidores, reciben una señal de entrada neumática o electrónica, procedente de un instrumento y después de modificarla envían la resultante en

forma de señal de salida estándar.

Controladores, comparan la variable controlada por un set point y ejercen una acción correctiva de acuerdo con la desviación. [8]

Existen una gran cantidad de instrumentos cada uno de diferentes características y cada uno para funciones específicas tales como los que muestran en la figura 9.



Figura 9: Diferentes clases de instrumentos

Fuente: Página web <ftp://ftp.unicauca.edu.com>. Consultado en junio del 2016

2.2.2.4 Tipos de medición

- Presión, se define como fuerza ejercida sobre una superficie por unidad de área. De esta manera, la presión (P) de una fuerza (F) distribuida sobre un área (A), se define como:

$$P = F/A$$

En la siguiente tabla 1 se muestra los diferentes tipos de presiones y sus características.

Tabla 1: Tipos de presión

| | |
|----------------------------|---|
| Presión absoluta | se mide con al cero absoluto de presión |
| Presión atmosférica | es la presión ejercida por la atmósfera terrestre medida mediante un barómetro |
| Presión relativa | es la determinada por un elemento que mide la diferencia entre la presión absoluta y la atmosférica del lugar donde se efectúa la medición |
| Presión diferencial | es la diferencia entre dos presiones |
| Vacío | es la diferencia de presiones entre la presión atmosférica existente y la presión absoluta, es decir, es la presión medida por debajo de la atmosférica |

Fuente: Página web <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/10/medicion-de-presion.ppt>. Consultado en junio del 2016

- Temperatura, es el grado relativo de calor o frío que tiene un cuerpo.

Las unidades de temperatura son °C, °F, °K, °Rankine, °Reamur, la conversión más común es de °C a °F, en la tabla 2 se muestra la relación entre estas escalas.

La medida de temperatura constituye una de las medidas más comunes y más importantes que se efectúan en los procesos industriales. Las limitaciones del sistema de medida quedan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, por la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor y por el tipo de instrumento

indicador, registrador o controlador necesarios; es importante señalar que es esencial una comprensión clara de los distintos métodos de medida con sus ventajas y desventajas propias para lograr una selección óptima del sistema más adecuado. [9]

Tabla 2: Relación entre escalas de temperatura

| Escala | Cero Absoluto | Fusión del Hielo | Evaporación |
|------------|---------------|------------------|-------------|
| Kelvin | 0°K | 273.2°K | 373.2°K |
| Rankine | 0°R | 491.7°R | 671.7°R |
| Reamur | -218.5°Re | 0°Re | 80.0°Re |
| Centigrada | -273.2°C | 0°C | 100.0°C |
| Fahrenheit | -459.7°F | 32°F | 212.0°F |

Fuente: http://www.infopl.net/files/documentacion/instrumentacion_deteccion/infoPLC_net_MEDICION_DE_TEMPERATURA.pdf. Consultado en junio del 2016

- Caudal, está basado en la ley de inducción electromagnética de Faraday, como se muestra en la figura 10, si un conductor eléctrico se mueve en un campo magnético, se produce una corriente eléctrica inducida en el conductor que es perpendicular a la dirección del movimiento como la inducción magnética y cuya magnitud es proporcional a la intensidad del campo magnético y a la velocidad del movimiento, [11]

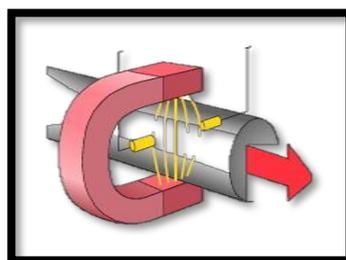


Figura 10: Principio de medida

Fuente: Página Web <http://www.uv.es/rosado/courses/CINS/CINS-parteVII.pdf>. Consultado en junio del 2016

- Nivel, puede definirse como la determinación de la posición de una interface que existe entre dos medios separados por la gravedad, con respecto a una línea de referencia. Tal interface puede existir entre un líquido y un gas, entre dos líquidos, entre un sólido granulado o sólido fluidizado y un gas, o entre un líquido y su vapor. [9] En la figura 11 se muestran los diferentes tipos de instrumentos de nivel por sus características.



Figura 11: Tipos de sensores de nivel

Fuente: <http://www.uv.es/rosado/courses/CINS/CINS-parteVII.pdf>. Consultado en junio del 2016

En la tabla 3 se muestra una comparación de distintos sensores de nivel.

Tabla 3: Comparación entre sensores de nivel

| Instrumento | Campo de medida | Precisión % escala | Pres. Máx. Bar | Temp. Máx. Fluido °C | Desventajas | Ventajas |
|---------------------|-----------------|--------------------|----------------|----------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Sonda | Limit. | 0,5mm | Atm. | 60 | Manual, sin olas Tanques abiertos | Barato, preciso |
| Cristal | Limit. | 0,5mm | 150 | 200 | Sin transmisión | Seguro, preciso |
| Flotador | 0-10m. | ±1-2% | 400 | 250 | Posible agarrotamiento | Simple, indep. Naturaleza liq. |
| Manométrico | Altura tanque | ±1% | Atm. | 60 | Tanques abiertos Fluidos limpios | Barato |
| Presión diferencial | 0-10m. | ±0,15% a ±0,5% | 150 | 200 | Posible agarrotamiento | Interface liquido |
| Desplazamiento | 0-25m. | ±0,5% | 100 | 170 | Expuesto a corrosión | Fácil limpieza robusto, interfaces |

Fuente: <https://elizabethclaudiopachecano.wikispaces.com/file/view/Exposici%C3%B3n-Nivel.pptx>. Consultado en junio del 2016

2.2.3 Neumática

La neumática es el conjunto de las aplicaciones técnicas (transmisión y transformación de fuerzas y movimiento) que utilizan la energía acumulada en el aire comprimido. ^[15]

Ventajas:

- Cambios instantáneos de sentido
- Es muy económico
- Es abundante e ilimitado
- Se comprime fácilmente
- No hace falta circuito de retorno
- Puede ser almacenado y transportado en depósitos
- No existen riesgos de explosión ni incendios

Desventajas:

- Produce ruido cuando se vierte al exterior, en algún caso puede resultar molesto.
- El aire comprimido debe ser tratado antes de su utilización eliminando impurezas y humedad.
- En circuitos muy extensos se producen pérdidas de cargas considerables.
- Las presiones a las que trabajan normalmente, no permiten aplicar grandes fuerzas. ^[15]

Los sistemas neumáticos tratan con tres clases de presión atmosférica:

- Presión Atmosférica: al nivel del mar es de 14,7 psi (Lbs/pulg²); la presión es más baja arriba del nivel del mar, y más alta debajo del nivel del mar. Esto también permite que el aire pase a través del filtro de admisión en un compresor, dentro del cilindro cuando el compresor está en la carrera de admisión, y la presión en el cilindro está por debajo de la presión atmosférica.
- Presión Relativa: es la que resulta de tomar como referencia (cero de la escala) a la presión absoluta atmosférica. Es la presión que indican los manómetros, también llamada presión manométrica, que es la empleada para el cálculo de fuerza de los cilindros o actuadores neumáticos
- Presión absoluta: es la presión resultante de sumar la presión atmosférica (1.013 Kg/cm²) a la presión manométrica. ^[14]

Los circuitos neumáticos son instalaciones que se emplean para generar, transmitir y transformar fuerzas y movimientos por medio de aire comprimido, tal como se muestra en la figura 12.

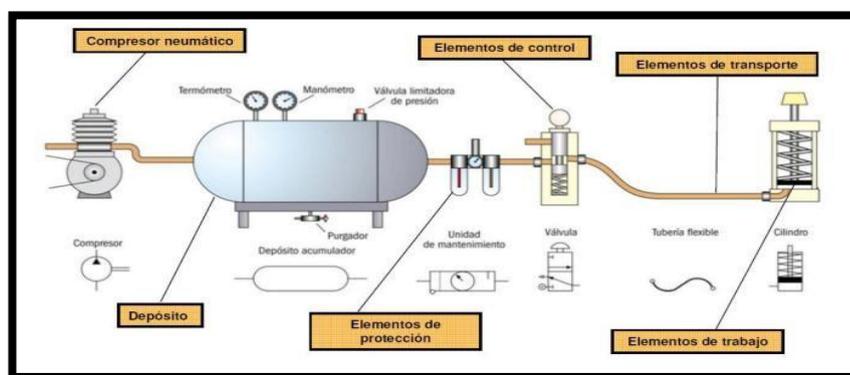


Figura 12: Circuito Neumático

Fuente: Página web <http://oficinatecnica.webs.uvigo.es/present1/Neumatica.pdf>. Consultado en junio del 2016

- Compresor, es el elemento encargado de proporcionar el aire a presión al circuito. Absorbe el aire de la atmósfera y lo comprime para aumentar su presión.
- Depósito, se acumula el aire que sale del compresor, también se condiciona a la temperatura y presión requerido mediante un termómetro y un barómetro que lleva incorporados. También dispone de un purgador para eliminar del circuito el agua que surge de condensarse el vapor al enfriarse el aire.
- Unidad de mantenimiento, es muy importante controlar ciertos valores del aire comprimido para no causar daños al circuito y para que este funcione correctamente. Esta unidad dispone de un filtro, un lubricador y un reductor de presión. El filtro impide el paso de partículas de suciedad o de desgaste de las tuberías y termina de condensar el vapor de agua que pueda llevar el aire. El lubricador pulveriza pequeñas gotas de aceite en el aire para engrasar las partes móviles del circuito. El reductor de presión ajusta la presión a valores que requiera el circuito neumático.
- Los actuadores, situados al final del recorrido son los elementos que transforman la presión del aire en energía mecánica. Son cilindros, que realizan un movimiento lineal, y motores neumáticos, que producen un movimiento de rotación continuo.
- Válvulas, se componen por un cuerpo fijo con tomas de aire y orificios de purga y un componente móvil interno que cierra o abre los conductos. Las válvulas nos permiten controlar el movimiento y la presión del aire.

Las válvulas más importantes son las distribuidoras, las reguladoras y las de bloqueo. Las válvulas distribuidoras conducen el aire comprimido por un determinado camino y sentido. Las válvulas de bloqueo impiden o bloquean el paso de aire en un determinado sentido. Las válvulas reguladores controlan la presión o el caudal en un tramo del circuito. ^[16]

2.2.4 Protocolos de Comunicación

Es un sistema de reglas o normas que permiten que dos o más dispositivos se comuniquen entre ellas para transmitir información por medio de cualquier tipo de variación de una magnitud física.

Los buses de datos que permiten la integración de equipos para la medición y control de variables de proceso, reciben la denominación genérica de buses de campo. Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

Esto da lugar a una estructura de redes Industriales, las cuales es posible agrupar en tres categorías:

- Buses de campo.
- Redes LAN.
- Redes LAN-WAN.

El objetivo de un bus de campo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional lazo de corriente de 4-20mA o 0 a 10V DC, según corresponda. Generalmente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como PLCs, transductores, actuadores, sensores y equipos de supervisión. Varios grupos han intentado generar e imponer una norma que permita la integración de equipos de distintos proveedores.

Sin embargo, hasta la fecha no existe un bus de campo universal. Los buses de campo con mayor presencia en el área de control y automatización de procesos son: ^[17]

- HART (Highway – Addressable – Remote - Transducer), agrupa la información digital sobre la señal analógica típica de 4 a 20 mA DC. La señal digital usa dos frecuencias individuales de 1200 y 2200 Hz, que representan los dígitos 1 y 0 respectivamente, y que en conjunto forman una onda sinusoidal que se superpone al lazo de corriente de 4-20 mA.

Como la señal promedio de una onda sinusoidal es cero, no se añade ninguna componente DC a la señal analógica de 4-20 mA., lo que permite continuar utilizando la variación analógica para el control del proceso^[18] algunas características de este protocolo se muestran en la tabla 4.

Tabla 4: Características del protocolo HART

| | |
|-------------------------------|---|
| Señales de comunicación: | - Analógicas: continuas 4-20mA - Digital: FSK simultanea con la señal analógica. "0" lógico: 2200 Hz. "1" lógico 1200 Hz. |
| Tasa de comunicación digital: | - Modo pregunta / respuesta: 2-3 actualizaciones por segundo. - Modo burst: 3-4 act/seg. |
| Estructura del byte de datos: | 1 bit de inicio, 8 bits de datos, 1 bit de paridad impar, 1 bit de parada. |
| Estructura de comandos | - Comandos universales: comunes a todos los dispositivos. - Comandos de práctica común: Opcionalmente usados por mucho dispositivos. - Comandos específicos de dispositivos: característicos de un producto específico. |
| Integridad de los datos: | - Chequeo de errores bidimensional. - Información de estatus en cada mensaje de respuesta. |
| Variables: | - Hasta 256 por dispositivos - Formato en coma flotante IEEE 754 (32 bits) con unidades de ingeniería. |
| Topologías de cableado: | - Punto a punto: Analógico y digital simultaneo. - Punto a punto: Sólo digital. - Red multidrop: Sólo digital, hasta 15 dispositivos. |

Fuente: Página web

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMh1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>. Consultado en junio del 2016

- PROFIBUS (Process Field Bus), norma internacional de bus de campo de alta velocidad para control de procesos normalizada en Europa por EN 50170.

Existen tres perfiles:

Profibus DP (Decentralized Periphery). Orientado a sensores/actuadores enlazados a procesadores (PLCs) o terminales, tal como se muestra en la siguiente figura 13.



Figura 13: Profibus DP Maestro – Esclavo

Fuente: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=562>. Consultado en junio del 2016

ProfiBus PA (Process Automation), para control de proceso, cumple normas especiales de seguridad para la industria química (IEC 11158-2, seguridad intrínseca).

ProfiBus FMS (Fieldbus Message Specification), para comunicación entre células de proceso o equipos de automatización. ^[18]

- FOUNDATION FIELDBUS (FF), es un protocolo de comunicación digital para redes industriales, específicamente utilizado en aplicaciones de control distribuido. Puede comunicar grandes volúmenes de información, ideal para aplicaciones con varios lazos complejos de control de procesos y automatización. Está orientado principalmente a la interconexión de dispositivos en industrias de proceso continuo. Los dispositivos de campo son alimentados a través del bus FieldBus cuando la potencia requerida para el funcionamiento lo permite. ^[18]

- MODBUS, es un protocolo de transmisión para sistemas de control y supervisión de procesos (SCADA) con control centralizado, puede comunicarse con una o varias Estaciones Remotas (RTU) con la finalidad de obtener datos de campo para la supervisión y control de un proceso. Las Interfaces de Capa Física puede estar configurada en: RS-232, RS-422, RS-485.

En ModBus, los datos pueden intercambiarse en dos modos de transmisión: RTU y ASCII. ^[18]

- DEVICENET, red de bajo nivel adecuada para conectar dispositivos simples como sensores fotoeléctricos, sensores magnéticos, pulsadores, etc., y dispositivos de alto nivel (PLCs, controladores, computadores, HMI, entre otros).

Provee información adicional sobre el estado de la red, que será desplegada en la interfaz. [18]

En la imagen 14 se muestra una comparación entre algunos protocolos.

| Comparación de características entre algunos buses y protocolos | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|--|
| No mbre | Topología | Soporte | Máx dispositivos | Rate Transm. bps | Distancia máx Km | Comunicación |
| Profibus DP | línea, estrella y anillo | par trenzado fibra óptica | 127/segm | Hasta 1.5M y 12M | 0.1 segm 24 fibra | Master/Slave peer to peer |
| Profibus PA | línea, estrella y anillo | par trenzado fibra óptica | 14400/segm | 31.5K | 0.1 segm 24 fibra | Master/Slave peer to peer |
| Profibus FMS | | par trenzado fibra óptica | 127/segm | 500K | | Master/Slave peer to peer |
| Foundation Fieldbus HSE | estrella | par trenzado fibra óptica | 240 p/segm 32.768 sist | 100M | 0.1 par 2 fibra | Single/multi master |
| Foundation Fieldbus H1 | estrella o bus | par trenzado fibra óptica | 240 p/segm 32.768 sist | 31.25K | 1.9 cable | Single/multi master |
| LonWorks | bus, anillo, lazo, estrella | par trenzado fibra óptica coaxial, radio | 32768/dom | 500K | 2 | Master/Slave peer to peer |
| Interbus-S | segmentado | par trenzado fibra óptica | 256 nodos | 500K | 400/segm 12.8 total | Master/Slave |
| DeviceNet | truncal/puntual c/bifurcación | par trenzado fibra óptica | 2048 nodos | 500K | 0.5 6 c/repetid | Master/Slave, multi-master, peer to peer |
| AS-I | bus, anillo, arbol, estrella | par trenzado | 31 p/red | 167K | 0.1, 0.3 c/rep | Master/Slave |
| Modbus RTU | línea, estrella, arbol, red con segmentos | par trenzado coaxial radio | 250 p/segm | 1.2 a 115.2K | 0.35 | Master/Slave |
| Ethernet Industrial | bus, estrella, malla-cadena | coaxial par trenzado fibra óptica | 400 p/segm | 10, 100M | 0.1 100 mono c/switch | Master/Slave peer to peer |
| HART | | par trenzado | 15 p/segm | 1.2K | | Master/Slave |

Master/Slave: Maestro/Esclavo
Peer to Peer: Punto a Punto
Multi-Master: Multi Maestro

Figura 14: Comparación entre distintos protocolos

Fuente: Página web <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/articulos/agosto-06.pdf>.
 Consultado en junio del 2016

Ventajas

- Posibilidad de intercambio de información entre equipos que controlan fases sucesivas de un mismo proceso.
- Facilidad de comunicación hombre máquina.
- Uso de una base de datos común [17]

2.2.5 Controlador lógico programable

Un controlador lógico programable es un dispositivo operado digitalmente, que usa una memoria para el almacenamiento interno de las instrucciones con el fin de implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas, para controlar a través de entradas/salidas digitales o analógicas, varios tipos de máquinas o procesos.

[35]

2.2.5.1 Estructura

- **Unidad Central de proceso**, toma las decisiones relacionadas al control de la maquina o proceso. Durante su operación el PLC recibe información de las entras de diferentes dispositivos de censado, ejecuta decisiones lógicas, basadas en un programa almacenado en la memoria, y control los dispositivos de salida de acuerdo al resultado de la lógica programada.
- **Módulos de entrada.**
- **Módulos de salida.**
- **Interfaces**, proporciona un vínculo entre la CPU del controlador y los dispositivos de campo del sistema. A través de ellos se origina el intercambio de información ya sea para la adquisición de datos o la del mando para el control de máquinas del proceso.
- **Fuente de alimentación**, convierte altos voltajes de corriente de línea (115v – 230v CA) a bajos voltajes (5v – 15v – 24v CD) requeridos por el PLC y los módulos de entrada y salida.
- **Dispositivos periféricos.** [35]

2.2.5.2 Modo de funcionamiento

Los Controladores Lógicos Programables son máquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando unas órdenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta (aplicación): al detectarse cambios en las señales, el autómata reacciona según el programa hasta obtener las órdenes de salida necesarias. Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso. La secuencia básica de operación del autómata se puede dividir en tres fases principales: Lectura de señales desde la interfaz de entradas. Procesado del programa para obtención de las señales de control. Escritura de señales en la interfaz de salidas. A fin de optimizar el tiempo, la lectura y escritura de las señales se realiza a la vez para todas las entradas y salidas; Entonces, las entradas leídas de los módulos de entrada se guardan en una memoria temporal (Imagen entradas). A esta acude la CPU en la ejecución del programa, y según se va obteniendo las salidas, se guardan en otra memoria temporal (imagen de salida). Una vez ejecutado el programa completo, estas imágenes de salida se transfieren todas a la vez al módulo de salida. ^[35]

2.2.6 Relaves

La minería es una actividad extractiva que consiste en la obtención selectiva de minerales y otros materiales obtenidos de la corteza terrestre, la cual, en muchos casos, implica la extracción física de grandes cantidades de materiales de la misma, para recuperar sólo pequeños volúmenes del producto deseado.

Existe una gran variedad de minerales explotados a lo largo del territorio nacional como los metales (oro, plata, cobre, hierro, etc.), los minerales industriales (potasio, azufre, cuarzo, etc.), los materiales de construcción (arena, áridos, arcilla, grava, etc.), las gemas (diamantes, rubíes, zafiros y esmeraldas), y combustibles (carbón, lignito, turba, petróleo y gas). ^[19] Se define relave como residuo acuoso de mineral molido que permanece después que se ha extraído la mayor cantidad de minerales.

La minería a menudo se lleva a cabo en áreas en que el agua es escasa. En estas regiones, el consumo de agua para procesamiento mineral puede tener un grave impacto en las capas acuíferas. En algunas minas los relaves pueden ser condensados antes de ser eliminados y el líquido es reutilizado en el circuito de procesamiento. En muchos casos esto tiene el beneficio agregado de reciclar sustancias químicas para el proceso. El agua también puede ser decantada en la instalación de almacenamiento y reciclada hasta la planta de procesamiento. Cualquier reciclaje del agua de relaves reduce la descarga al ambiente cercano y la posibilidad de impactos negativos.

Los relaves también pueden ser condensados para mejorar el método de eliminación. Los relaves convencionales están compuestos de 30 a 50% de material sólido, mientras que los 'relaves condensados' son de 55 a 75% y los 'relaves pasta' son sólidos en más de un 75%. Los relaves condensados pueden ser almacenados con una retención de agua mínima, lo que genera una estructura más estable, tanto física como químicamente, mientras que el relave pasta puede ser utilizado para rellenar minas subterráneas. ^[20]

2.2.6.1 Unidad Minera Cerro Lindo (UMCL)

Ubicada en el distrito de Chavín, Provincia de Chincha – Ica, produce concentrados de Zinc, Cobre y Plomo, ver figura 15. La planta de procesos de UMCL, es una operación de concentración de minerales polimetálicos por flotación selectiva, diseñada para obtener concentrados de Zinc, Plomo y Cobre, del relave se puede obtener más adelante Baritina. [21]



Figura 15: Ubicación UMCL

Fuente:

<http://www.convencionminera.com/perumin31/encuentros/tecnologia/miercoles18/1010-Edward-Medina.pdf>. Consultado en junio del 2016

2.2.6.2 Filtrado de Relave

La planta de filtrado de relave, ver figura 2.16, tiene la función de extraer el agua de la pulpa (relave) y devolver esta al proceso metalúrgico e producir concentrado, de esta manera se disminuye el consumo de agua fresca, para este proceso se emplean tres filtros banda. [22]



Figura 16: Planta de Filtrado de Relave

Fuente: Elaboración propia

- **Funcionamiento**

Desde planta concentradora se envía, a través de ductos desde los espesadores de 18" y 22", pulpa a la planta de filtrado de relave, específicamente al Holding tank el cual se encarga de la retención y distribución de pulpa a los tres filtros de banda con los que cuenta esta planta, tal como se muestra en la figura 17 el filtro de banda está listo para la operación y en la figura 18 nos muestra el filtro de banda en plena operación alimentado de pulpa y realizando el proceso de filtrado por medio del sistema de vacío para luego ser traslado por medios de fajas transportadoras a las rumas de relave como se muestra en la figura 19.

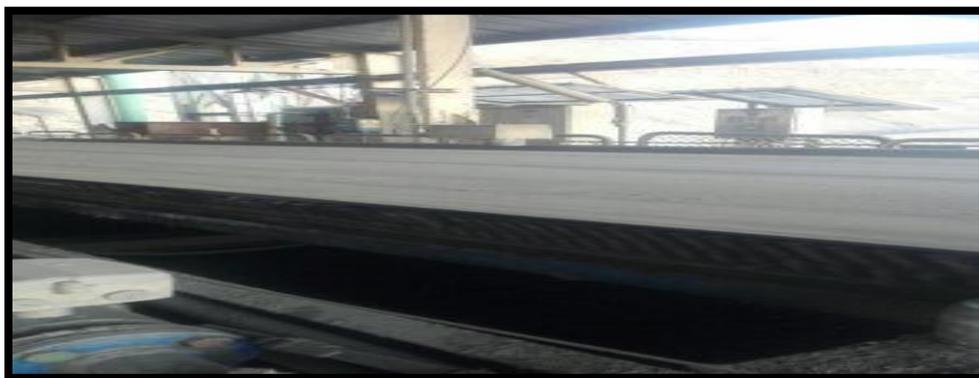


Figura 17: Filtro Banda

Fuente: Elaboración propia

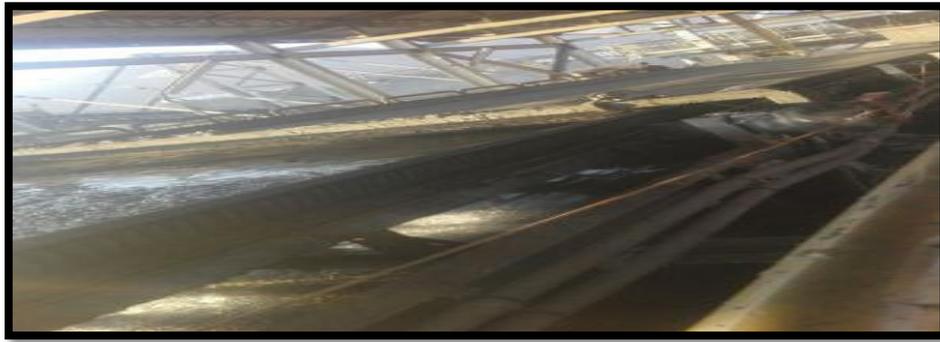


Figura 18: Filtro banda en funcionamiento

Fuente: Elaboración propia

De las rumas de relave se realizara el traslado por medio de camión volquetes a depósitos de relaves ubicados en los pozos de sedimentación cerca de la planta concentradora tal como se muestra en la figura 20.



Figura 19: Descarga de pulpa de los filtro banda

Fuente: Elaboración propia

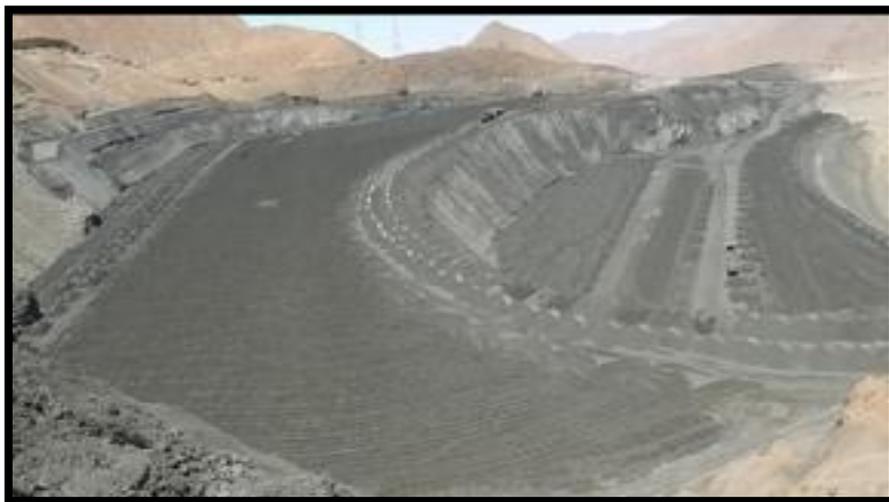


Figura 20: Deposito de relave filtrado

Fuente: Elaboración Propia

Este proceso se puede ver en la figura 21, en la cual se muestran los distintos campos de depósitos de relave que se cuentan en la UMCL.



Figura 21: Traslado de planta de filtrado a depósito de relave

Fuente: Elaboración propia

2.2.7 Holding Tank

El holding tank es un tanque de recepción de pulpa el cual se alimenta de dos líneas de 8" que están controladas por válvulas que regulan la carga de ingreso al tanque tal como lo muestra la figura 22.



Figura 22: Válvulas de alimentación

Fuente: Elaboración propia

Que llegan de planta concentradora primeramente a dos ciclones, ver figura 23, que se encargan de separar la pulpa del agua que se reprocessa para diversas funciones en planta (cajas de vacío, refrigeración de empaques, lavado de tela, ...)



Figura 23: Ciclones del tanque

Fuente: Elaboración propia

Para luego alimentar a tres filtros banda con los que cuenta esta planta por medio de bombas de alimentación como los de la figura 24.



Figura 24: Bombas de alimentación a Filtros banda

Fuente: Elaboración propia

Para luego concluir en la alimentación al Filtro Banda como nos muestra la figura 25 en donde se distribuye por todo el filtro banda para seguir su proceso.



Figura 25: Alimentación a Filtro Banda

Fuente: Elaboración propia

2.3 Marco Conceptual

2.3.1 Motores Eléctricos Trifásicos

Desde el punto de vista técnico, el desarrollo de los motores eléctricos hasta nuestros días, ha sido notable gracias a los avances logrados en muchos campos de la ingeniería de máquinas eléctricas, tales como nuevos conceptos de diseño, nuevos procesos de manufactura y nuevos materiales disponibles. Esto ha traído como consecuencia un mejor funcionamiento y una continua reducción en tamaño.

El motor de inducción tomó su nombre del hecho de que las corrientes que fluyen en el secundario designado como rotor, se inducen por las corrientes que fluyen en el primario designado como estator. En forma más clara las corrientes del secundario se inducen por la acción de los campos magnéticos creados en el motor por el devanado del estator. No existe conexión eléctrica entre el circuito primario y el secundario. En lo que se refiere al Control de Motores Eléctricos es un tema que ha adquirido gran importancia a partir de la automatización de los procesos industriales y de la incorporación cada vez más notoria de la electrónica y de la electrónica de potencia en el control de máquinas eléctricas.^[23]

2.3.1.1 Características técnicas de los datos de la placa de motores

Las placas de datos o de identificación de los motores, como el de la figura 2.26, suministran una gran cantidad de información útil sobre diseño y mantenimiento. Esta información es particularmente valiosa para los instaladores y el personal electrotécnico de la planta industrial, encargado del mantenimiento

y reemplazo de los motores existentes. Durante la instalación, mantenimiento o reemplazo, la información sobre la placa es de máxima importancia para la ejecución rápida y correcta del trabajo. [23]

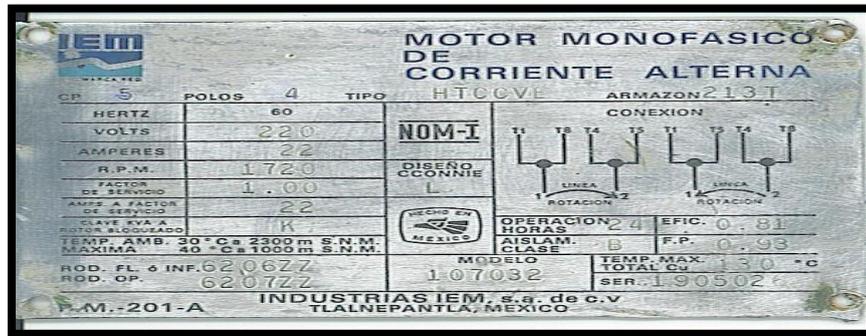


Figura 26: Datos de la placa de motor

Fuente: Página web <http://www.senati.edu.pe>. Consultado en junio del 2016

2.3.2 Sensores de Nivel

Existen dos dependiendo del tipo de censado: líquidos y sólidos. Los sensores habitualmente utilizados para la medición de nivel de líquidos, se clasifican en: sensores de medición directa, basados en presión hidrostática, de desplazamiento, basado en propiedades eléctricas y, basadas en ultrasonido y radioactividad. El nivel es la medida de un producto fluido en un envase o tanque basado en su altura, esta altura no depende del volumen del tanque, como se muestra en la siguiente figura 2.27.

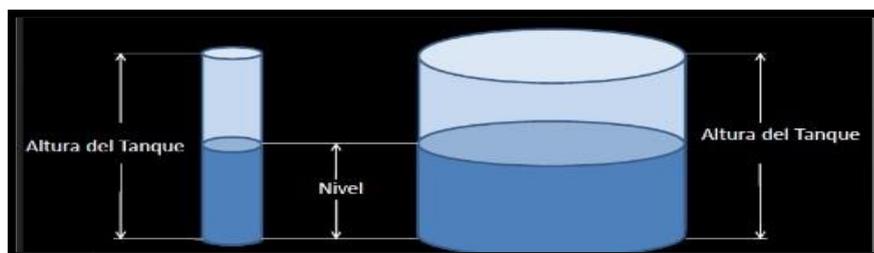


Figura 27: Altura del tanque

Fuente: <https://prezi.com/ggbml03r5aty/medicion-de-nivel-sensores-y-principios/>. Consultado en junio del 2016

Tal como se muestra en la figura 28 el nivel no depende del tamaño ni de las dimensiones del tanque, para medir un nivel de un tanque es necesario conocer el nivel máximo de este.

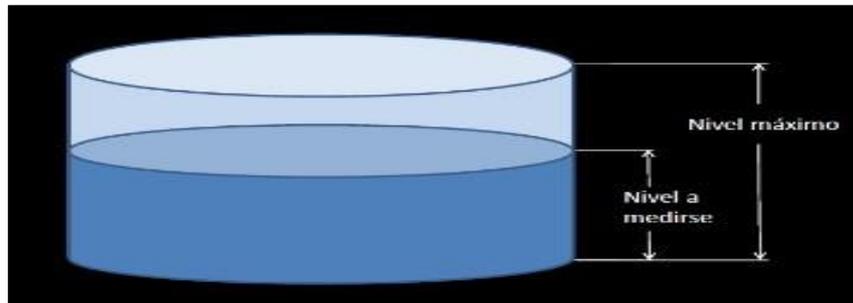


Figura 28: Niveles del tanque

Fuente: <https://prezi.com/ggbmlo3r5aty/medicion-de-nivel-sensores-y-principios/>. Consultado en junio del 2016

Un método electrónico para medir el nivel es el ultrasónico, ver figura 29, el cual utiliza el principio de tiempo de tránsito entre la transmisión y la recepción de la onda. [24]

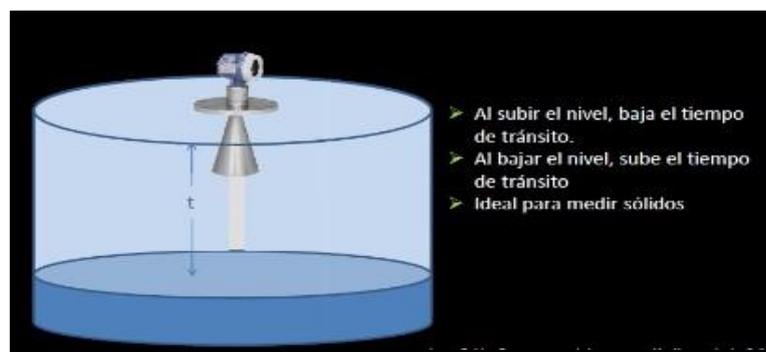


Figura 29: Sensor de ultrasonido

Fuente: <https://prezi.com/ggbmlo3r5aty/medicion-de-nivel-sensores-y-principios/>. Consultado en junio del 2016

Un sensor ultrasónico de distancia mide empleando un transductor que emite “paquetes” de ultrasonido que contienen una serie de ondas sonoras intermitentes. El paquete se emite en forma cónica, se rebota o refleja en la superficie objetivo y se recibe e regreso en un transductor. El tiempo requerido

por el sonido para ir y volver se mide y se convierte a unidades de distancia. Varios factores afectan la medición con ultrasonido: la naturaleza de la superficie, el ángulo del cono y la distancia el sensor objetivo. Las condiciones ambientales como son temperatura, humedad relativa, gases, vapores y la presión también afectan. Los sensores están diseñados con ajustes ya sean manuales o automáticos para compensar la mayoría de estas condiciones cambiantes.

Las siguientes consideraciones como se muestra en la figura 2.30 aseguran la correcta selección de condiciones de operación:

Superficie, la superficie-objetivo ideal es dura y lisa. Esta reflejará una mayor cantidad de señal que una superficie suave y rugosa. Un eco débil, resultante de un objetivo pequeño o suave reduce la distancia de operación del sensor y disminuye su exactitud.

Distancia, mientras más corta sea la distancia al objetivo, será más fuerte el eco. De modo que si la distancia aumenta requerimos mejores características reflejantes en la superficie objetivo.

Tamaño, un objetivo grande tendrá mayor superficie para rebotar la señal que un objetivo pequeño. La porción de superficie reconocida como "objetivo" es normalmente la más cercana al sensor.

Ángulo, la inclinación de la superficie objetivo afecta la reflectividad. La parte que sea perpendicular (90°) al sensor es la rebota el eco. Si la superficie total está inclinada fuertemente la señal será rebotada alejándola del sensor y no detectará eco. ^[26]



Figura 30: Consideraciones sensor ultrasonido

Fuente: Página web <http://www.metroinstruments.com/descargas/descarga.php?id=28>. Consultado en junio del 2016

2.3.3 Válvulas Neumáticas tipo cuchilla

Las válvulas de cuchilla son consideradas como tipo compuerta ya que tienen una lámina en su interior que sube y baja con un vástago y que permite realizar un “CORTE “al fluido de manera sencilla. Las válvulas de cuchilla son diseñadas para operarlas en condiciones donde el fluido contiene un alto grado de sólidos y que con cualquier otra válvula no podría cerrarse.

Las aplicaciones más comunes de estas válvulas de cuchilla son en las papeleras, la minería donde el “Slurry” (lodos) es sumamente abrasivo. También puede ser usada en cementeras y en general como ya lo dijimos, donde el fluido es muy espeso, viscoso, arenoso y con alto grado de sólidos. Las válvulas de cuchilla son fabricadas en hierro, acero al carbón, acero inoxidable y por sus características son válvulas con poco peso y no utilizan casi espacio en las líneas. Pueden ser automatizadas con actuadores neumáticos e hidráulicos y existe pocas marcas realmente con alto desempeño dentro de la minería. ^[25]

2.3.4 Electroválvulas

Es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería. La válvula se mueve mediante una bobina solenoide. Generalmente no tiene más que dos posiciones: abierto y cerrado, o todo y nada.

Las electroválvulas se usan en multitud de aplicaciones para controlar el flujo de todo tipo de fluidos, un tipo de ellas se muestra en la figura 31.



Figura 31: Electroválvula

Fuente: Elaboración propia

2.3.5 Comunicación por ProfiBus – DP

Su desarrollo fue perfeccionado principalmente para comunicación entre los sistemas de automatización y los equipos descentralizados. Es aplicable en los sistemas de control, donde se destaca el acceso a los dispositivos distribuidos de I/O. Es utilizado en sustitución a los sistemas convencionales 4 a 20 mA, HART o en transmisiones de 23 Volts, en medio físico RS-485 o fibra óptica. Requiere menos de 2 ms para transmitir 1 Kbyte de entrada y salida y es muy usado en controles con tiempo crítico.

Actualmente, 90% de las aplicaciones relativas a esclavos ProfiBus utilizan el PROFIBUS DP. Esta variedad está disponible en tres versiones: DP - V0 (1993), DP-V1 (1997) e DP-V2 (2002). Cada versión tuvo su origen según el adelanto de la tecnología y la búsqueda de nuevas aplicaciones a lo largo del tiempo.

El perfil PROFIBUS-DP fue desarrollado para propiciar la comunicación cíclica rápida entre los dispositivos distribuidos. Además, el PROFIBUS-DP ofrece funciones para servicios de acceso cíclico, tal como configuración,

monitoreo, diagnósticos y supervisión de alarmas de equipos de campo.

En 12Mbit/s el PROFIBUS-DP requiere sólo 1 ms para transmitir 512 bits de entrada y 512 bits de salida, distribuidos entre 32 estaciones. Este perfil es ideal para controles discretos, exigiendo alta velocidad de procesamiento. La figura 32 muestra el tiempo típico de transmisión del PROFIBUS-DP, en función del número de estaciones y la velocidad de transmisión, donde cada esclavo tiene 2 bytes de entrada y 2 bytes de salida, y el “Intervalo Mínimo de Tiempo del Esclavo” es 200µs.

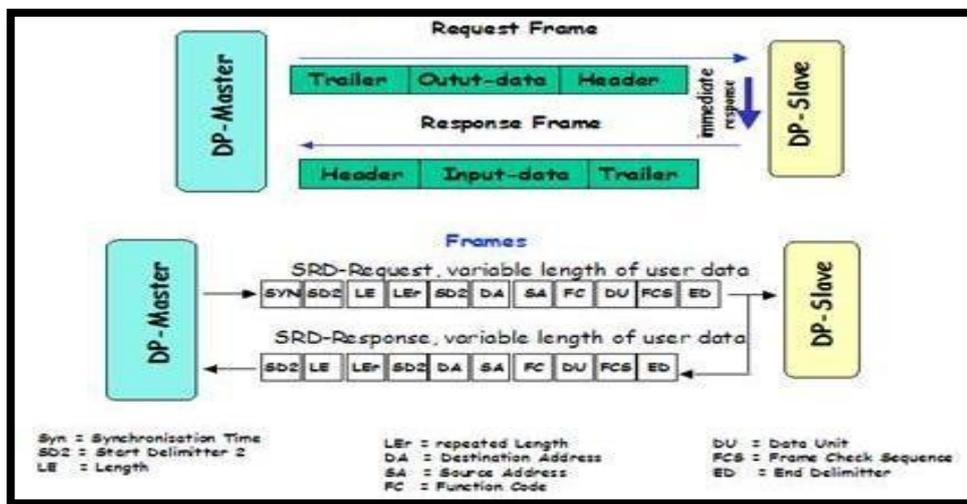


Figura 32: Principio de transferencia de datos

Fuente: Página web <http://www.smar.com/espanol/profibus>. Consultado en junio del 2016

2.3.6 Variadores de Frecuencia

Es un dispositivo electrónico encargado de brindar control de la velocidad de un motor a través de la variación de la frecuencia, sin dejar de mantener el torque, que es una de sus principales características. Estos dispositivos no se programan, ya que programar involucra introducir una lógica de funcionamiento, estos se configuran a través de parámetros. Dependiendo de la arquitectura de control, este puede ser operado en modo Local o Remoto

¿Cómo configuro un variador ya sea en modo Local o Remoto? Para configurar un VFD, podemos hacerlo de 2 formas:

- Utilizando el panel (básico o avanzado) del variador.
- Utilizando un software de configuración.

¿Qué debo configurar en un variador de velocidad?

Todos los variadores de frecuencia cumplen un standard de funcionamiento, por esto debemos tener en cuenta las siguientes generalidades:

- Ingresar los datos de placa del motor.
- Definir el modo de control que tendrá nuestro variador.
- Configurar los parámetros de marcha y paro.
- Configurar los parámetros de referencia de velocidad.
- Configurar el tipo de tarjeta de comunicación, en caso la tuviera

Estos equipos son alojados en una sala eléctrica, que a la vez están agrupados en CCM – Centro de Control de Motores. ^[28]

En la siguiente figura 33 se muestra una comparación de los esquemas en base al tipo de arranque que presenta debido a la velocidad a la cual entrara en operación.

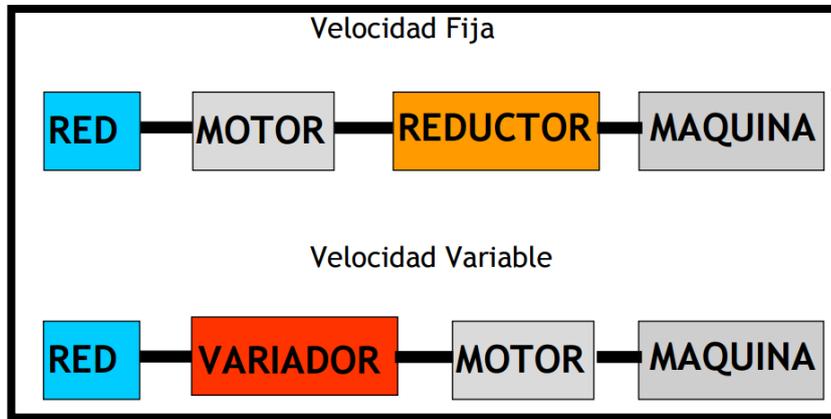


Figura 33: Comparación arranque sin / con variador

Fuente: Página web

http://automata.cps.unizar.es/bibliotecaschneider/VVD/Iniciacion_VVD.pdf. Consultado en junio del 2016

Cuando decidimos operar los equipos por medio de un variador este nos brinda la posibilidad de configurar rampas de aceleración como de desaceleración como protección de motor para evitar mayores impactos mecánicos y reducir el consumo de energía al momento de arranque como nos muestra la figura 34.

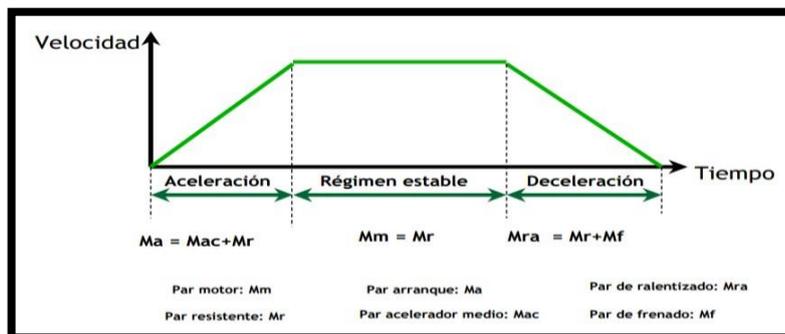


Figura 34: Velocidad vs tiempo

Fuente: http://automata.cps.unizar.es/bibliotecaschneider/VVD/Iniciacion_VVD.pdf. Consultado en junio del 2016

Ventajas:

En la alimentación eléctrica, menor sobre intensidad de arranque, posibilidad de ahorro de energía y optimización del factor de potencia.

Del sistema, control continuo y a distancia, flexibilidad de configuración y reglaje según aplicación.

En el motor, menores esfuerzos mecánicos y menos calentamientos.

Para la elección del VDF es necesario tener en cuenta la potencia para generar el par motor, el tipo de carga que manejaremos, la dinámica del accionamiento y la precisión requerida. [29]

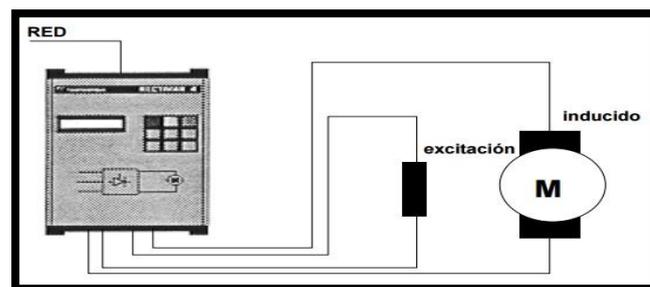


Figura 35: VDF conectado a motor

Fuente: http://automata.cps.unizar.es/bibliotecaschneider/VVD/Iniciacion_VVD.pdf.
Consultado en junio del 2016

En la figura 35 se observa un VDF alimentado por medio de la red y configurado para enviar una tensión y frecuencia variable al motor.

La función principal del variador de frecuencia, es permitirnos controlar la frecuencia para poder regular la velocidad a la cual trabajaremos, como nos muestra la figura 36, esto mediante una señal que pasa a través de un puente rectificador y una etapa de filtrado de la señal para poder controlarla, luego

enviamos esta señal al motor pasando por la etapa del puente inversor con IGBT's que controlara la frecuencia de trabajo del motor. [29]

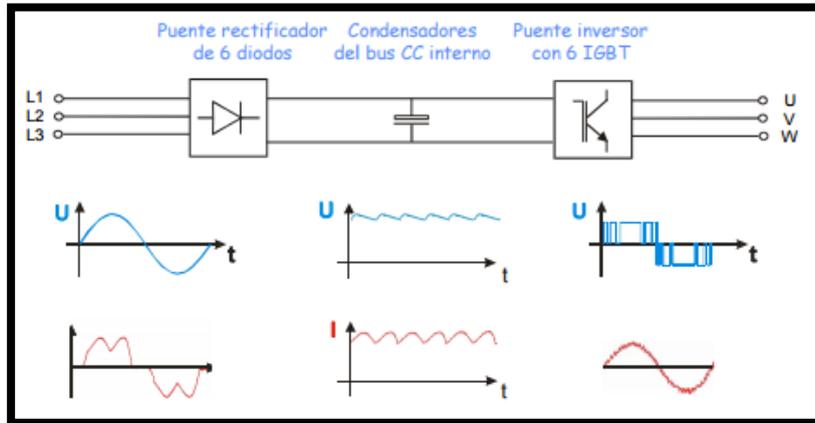


Figura 36: Esquema interno del VDF

Fuente: http://automata.cps.unizar.es/bibliotecaschneider/VVD/Iniciacion_VVD.pdf. Consultado en junio del 2016

El esquema de potencia general de un VDF se muestra en la figura 37. [29]

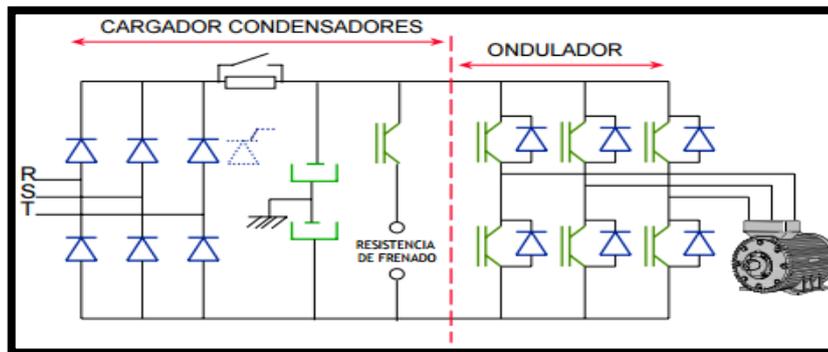


Figura 37: Esquema de potencia

Fuente: Página web http://automata.cps.unizar.es/bibliotecaschneider/VVD/Iniciacion_VVD.pdf. Consultado en junio del 2016

CAPITULO III: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO

3.1 ANALISIS DEL SISTEMA

El sistema se basa en el correcto funcionamiento del tanque Holding Tank de stand by, tal como se muestra en la figura 38 mediante un sistema automatizado que permita el control automático del mismo, previniendo perdidas de pulpa ya sea por fuga de relave o derrame del mismo, para lograr esto se colocan dos válvulas neumáticas a la entrada de la caja de recepción del tanque (XV-85722 y XV-85723), para regular el ingreso de relave mediante el control por medio de un sensor de nivel (LIT-85705), que mida en tiempo real el nivel del tanque, la salida del tanque estará compuesta por tres bombas (M-85232, M-85233 y M-85234), que alimenten independientemente a cada uno de los tres filtros banda que cuenta la planta de filtrado de relave, cada una de estas bombas estará controlada por un variador de frecuencia permitiendo de esta manera al operador de planta controlar la alimentación a los filtros evitando de esta manera la sobrecarga y derrame de relave en los mismos.

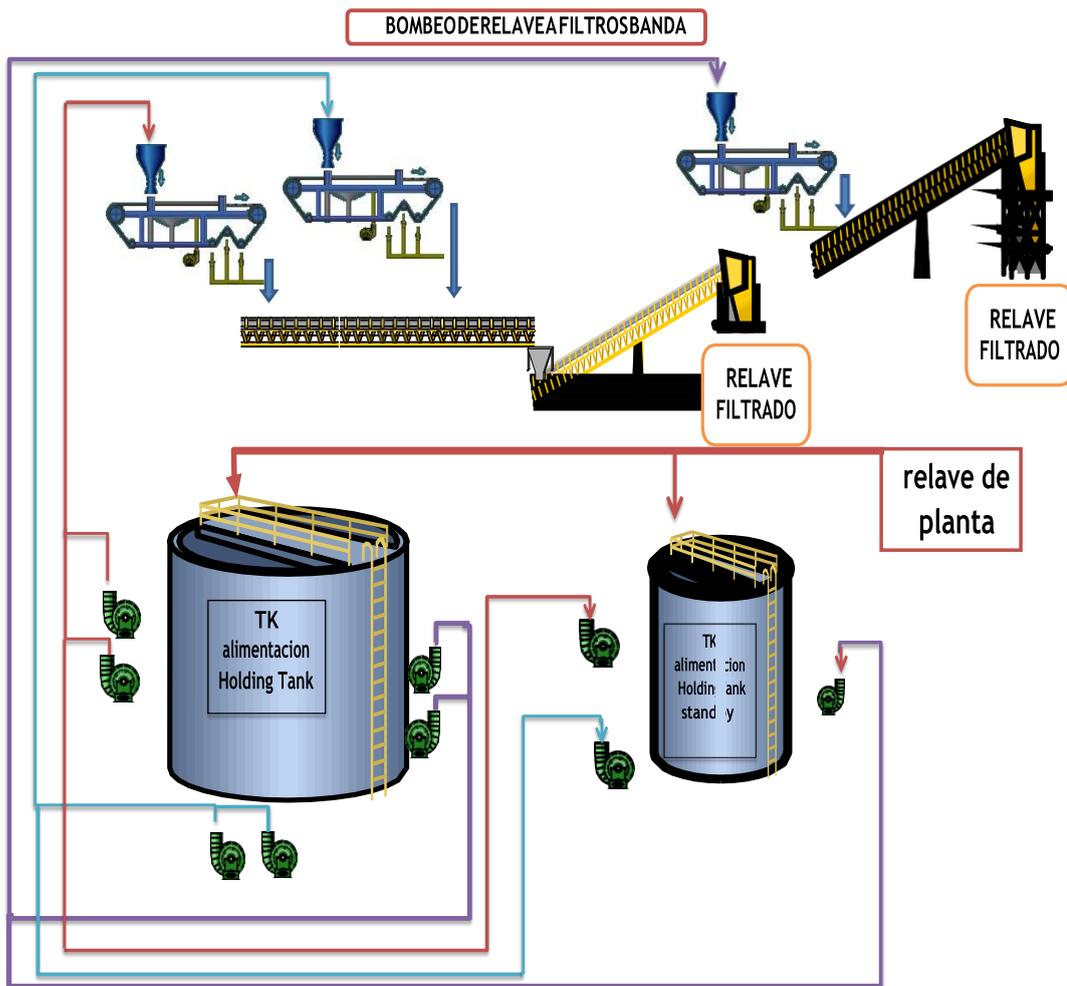


Figura 38: Esquema de Filtrado de Relave con tanque de stand By

Fuente: Elaboración propia

El presente proyecto se refiere concretamente a implementar al ingreso del tanque válvulas de control neumáticas tipo cuchilla que permitan regular el ingreso del flujo de relave mediante un sensor de nivel que nos permitirá visualizar el nivel del tanque, estos equipos se conectarán a módulos digitales dentro de un RIO (Estación remota de entradas y salidas) que se conecta a través de cable ProfiBus a un LIO (Estación Local de entradas y salidas) y luego a través de cable de fibra óptica a la planta principal exactamente a sala de

control desde donde un personal capacitado realiza la programación necesaria según los requerimientos que se emplean que permita controlar de forma automática o manual estos equipos mediante el controlador AC 800M, detallado en el anexo 1, a su vez también se implementaran variadores de frecuencia que controlen los motores de las bombas de alimentación a los filtro banda que se encuentran a la salida del tanque, estos variadores se conectaran a la red de planta usando el protocolo de comunicación ProfiBus DP para su control tanto de forma manual por parte del operador para que pueda regular el flujo de relave con el que alimentara a los filtros.

La selección Auto/Manual se dispondrá desde sala de control, la selección Auto se usara cuando se desee accionar o detener un equipo de manera automática por decisión del sistema de control sin intervención del operador de planta, un ejemplo de esto es cuando el nivel del tanque se encuentre alto o bajo se apertura o cierre las válvulas neumáticas. La selección Manual entrega control total al operador dando paso a las botoneras en campo o panel de operación.

Los selectores Local/Remoto que se encuentran en los cubículos propios de cada arrancador, tienen mayor prioridad que el selector Auto/Manual, en operación Remoto el equipo es arrancado o detenido desde el panel del operador mientras que en modo Local los pulsadores de arranque y parada pueden ser usados para operar el equipo, en modo remoto las botoneras quedan deshabilitadas, pero por razones de seguridad, la orden de campo parar siempre están disponibles. El cambio en el selector de remoto a local debe parar el equipo.

La siguiente es una lista de los principales estados que son monitoreados continuamente por el sistema de control:

- Motor funcionando.
- Motor en modo LOCAL o REMOTO.
- Falla de sobrecarga o falla a tierra.

La siguiente es una lista de los principales eventos que son monitoreados continuamente por el sistema de control:

- Cierres de enclavamientos de seguridad y protección de equipamiento.
- Cierres de enclavamientos de proceso.
- Cambio de modo REMOTO a LOCAL.

La siguiente es una lista de los principales estados que son monitoreados continuamente por el sistema de control en los variadores de los motores:

- Variador funcionando.
- Falla variador.

3.2 DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA

3.2.1 SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS

Realizando un análisis del proceso de retratamiento de relave en función de controlar y medir, para el mejor trabajo de todo el sistema se procedió a la selección de los instrumentos de control.

3.2.1.1 Sensor de nivel

Marca: HAWK

Modelo: Sultan2

3.2.1.1.1 Principio de operación

Un sensor de la serie SULTAN 234 transmite un pulso de onda de alta potencia acústica, que se refleja luego desde la superficie del material u objetivo a medir, tal y como vemos en la figura 39 en una comparación de nivel entre sólidos y líquidos.

Las señales reflejadas se procesan mediante algoritmos altamente desarrollados para mejorar la señal correcta y rechazar los ecos falsos o espurios.

La transmisión de alta potencia, bajas ondas de frecuencia asegura un mínimo de pérdidas a través del entorno en el que el sensor está funcionando. La alta energía inicial del pulso, para penetrar en las frecuencias bajas, asegura que las pérdidas de señal que hacen ocurrir tienen efecto mucho menos de lo que sería negativo ser experimentado por tradicional dispositivos de ultrasonidos.

El circuito del receptor sensible de la serie Sultan está diseñado para identificar y monitorear las señales de retorno de baja resistencia, incluso cuando se combina con altos niveles de ruido.

Las señales medidas son la temperatura compensado para proporcionar la máxima precisión de los resultados y de visualización.

La Serie 234 Acústica SULTAN ofrece una amplia y amplia gama de ventajas

- Amplia selección de transductores
- No hay contacto entre el transductor y el material
- Adecuado para la medición de rocas, polvos, medios viscosos y agresivos
- Fuente de alimentación flexibilidad permite a 2 hilos alimentación de lazo, CA y CC suministra todos dentro de un solo amplificador
- Fácil de calibrar y comisiones
- Amplia gama de aplicaciones.
- Capacidad de cabeza múltiple para reducir costes por unidad (máx. 128 puntos)
- El flujo de canal abierto
- Nivel diferencial
- Grúa / posicionamiento
- Promedio de 2 entradas
- Transductor cruz prevención de conversación

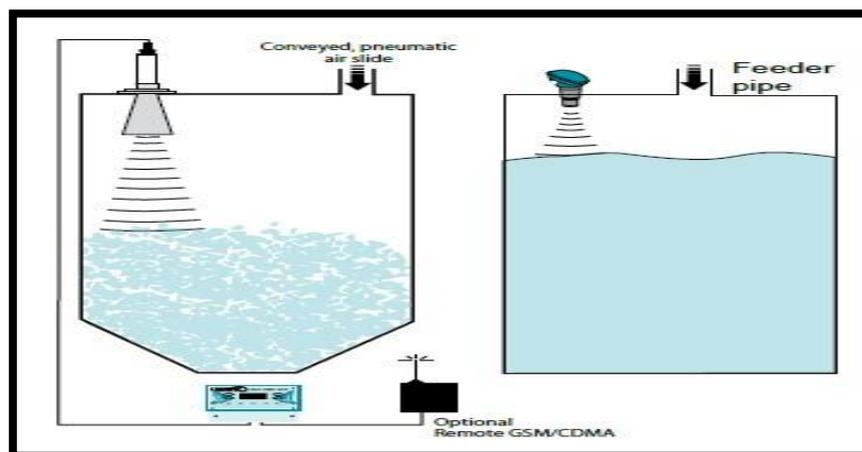


Figura 39: Comparación nivel de sólidos y líquidos.

Fuente: Página web <https://es.scribd.com/doc/232947035/Sultan-Manual-2007-SPANISH>. Consultado en junio del 2016

3.2.1.1.2 Características del sensor

Frecuencia

- 5kHz, 10kHz, 15kHz, 20kHz, 30kHz, 40kHz, 50kHz

Voltaje de Operación

- 12-30Vcd (Fluctuación residual no mayor a 100mV)
- 90-260Vca 50/60Hz

Consumo de Energía

- <10W@24Vcd
- <10VA@240Vca

Salida Análoga

- 4-20mA (750ohms Fuente de usuario 24Vcd) (400ohms Suministro Interno)

Comunicaciones

- GOSHAWK, HART, MODBUS, PROFIBUS (DP)

Distancia Ciega

- 50 kHz = 0.25 m (10")
- 40 kHz = 0.30 m (12")
- 30 kHz = 0.35 m (14")
- 20 kHz = 0.45 m (17")
- 15 kHz = 0.60 m (24")
- 10 kHz = 1.0 m (39")
- 05 kHz = 1.5 m (59")

Máximo Rango

- 5m (16pies) 50kHz líquidos
- 7m (22pies) 40kHz líquidos
- 10m (33pies) 30kHz líquidos, 5m (16pies) sólidos

- 20m (65pies) 20kHz líquidos/lechadas, 10m (33pies) sólidos
- 30m (98pies) 15kHz líquidos/lechadas, 20m (65pies) sólidos
- 50m (165pies) 10kHz líquidos/lechadas/polvos/sólidos
- 60m (196pies) 5kHz líquidos/lechadas/polvos/sólidos

Resolución

- 1mm (0.04pulgadas) 50kHz/40kHz/30kHz/20kHz/15kHz/10kHz
- 2mm (0.08pulgadas) 10kHz/5kHz – Rango de 120m

Precisión Electrónica

- +/- 0.25% del rango máximo

Temperatura de Operación

- Sistema Integral -40°C (-40°F) a 80°C (176°F)
- Electrónicas Remotas -40°C (-40°F) a 80°C (176°F)
- Transductor Remoto -40°C (-40°F) a 80°C (176°F) -40°C (-40°F) a 175°C

3.2.1.1.3 Dimensiones

Las dimensiones del sensor a usar se muestran en la figura 3.3 mostrada a continuación.

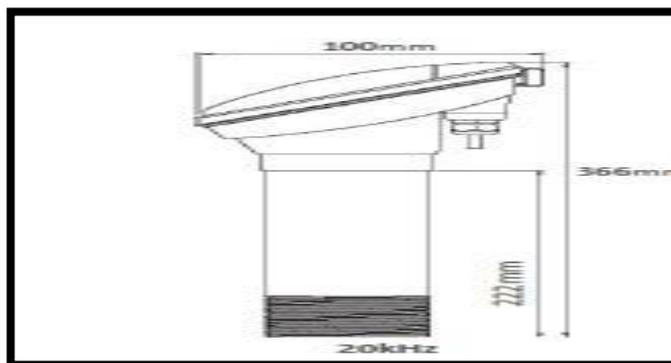


Figura 40: Dimensiones del sensor

Fuente: Página web <https://es.scribd.com/doc/232947035/Sultan-Manual-2007-SPANISH>. Consultado en junio del 2016

Para más información consultar el anexo 2.

3.2.1.1.4 Condiciones de montaje a tomar en cuenta

A continuación se detallan las condiciones adecuadas para el correcto montaje del sensor de nivel, luego se muestra en la tabla 5 algunas recomendaciones para distintos modelos según la frecuencia a la cual se trabaje.

AMPLIFICADOR

Selecciona una posición de montaje adecuada donde no de la luz del sol directo. Si es necesario, utiliza una pantalla de protección solar. Observa los límites de temperatura mínima y máxima (-20°C/-4°F a 60°C/140°F). No montar cerca de fuentes de alto Campo Electromagnético (E.M.F.) como los cables de alta de corriente, arrancadores de motor, o variadores de velocidad S.C.R. Evita montaje en áreas de alta vibración como barandales y plantas giratorias. Use goma de absorción en su montaje si se monta en áreas de ligera vibración. Elimina el ensamble P.C.B. antes de quitar las tapas de los orificios de entrada de cable y conduit.

DISTANCIA CIEGA

Donde sea posible use los valores conservadoramente e incrementa esa distancia por un 50% si hay espuma, polvo, vapor o condensación en el recipiente siendo monitoreado. Si se está usando montaje bridado, usa un empaque y arandela de goma o neopreno. Si se usa montaje en nipple, asegúrese que el herraje montaje está a >6mm (0.24 pul) desde la parte trasera del transductor. No sobre apretar las tuercas. Cuando se usa un cono focalizador, asegúrese que este sobresalga al menos 50mm (2 pulg) en el recipiente. Si el transductor necesita ser montado arriba de la línea del techo, usa una boquilla o carrete apropiado.

TRANSDUCTOR

Seleccionar una posición adecuada para montar el transductor en el recipiente es el paso más importante. La cara del transductor siempre debe de estar alejada por lo menos la distancia ciega del nivel más alto del producto en el recipiente, tanque o silo (referirse a la tabla abajo indicada).

MONITOREANDO SOLIDOS

En general, la posición de montaje del transductor puede ser determinada midiendo la distancia desde la entrada de carga hasta la pared del recipiente, y montando el transductor a 1/3r de distancia de la pared. ^[30]

Tabla 5: Recomendaciones de instalación

| TRANSDUCTOR | FRECUENCIA | DISTANCIA CIEGA | | |
|-------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Mínimo | Nominal | Conservativo |
| AWRT50 | 50kHz | 0.25m (10") | 0.3m (1pie) | 0.35m (1.2pies) |
| AWRT40 | 40kHz | 0.3m (1pie) | 0.35m (1.2pies) | 0.4m (1.4pies) |
| AWRT30 | 30kHz | 0.35m (1.2pies) | 0.4m (1.4pies) | 0.5m (1.7 pies) |
| AWRT20 | 20kHz | 0.5m (1.7pies) | 0.6m (2pies) | 0.8m (2.6pies) |
| AWRT10 | 10kHz | 1.0m (3.3pies) | 1.1m (3.6pies) | 1.3m (4.2pies) |
| AWRT5 | 5kHz | 1.2m (3.9pies) | 1.4m (4.6pies) | 1.5m (5pies) |

Fuente: Página web <https://es.scribd.com/doc/232947035/Sultan-Manual-2007-SPANISH>. Consultado en junio del 2016

3.2.1.1.5 Montaje en agitadores

Monte el transductor perpendicular a la superficie del líquido y lejos del tubo de alimentación, tal como se muestra en la siguiente figura 41.

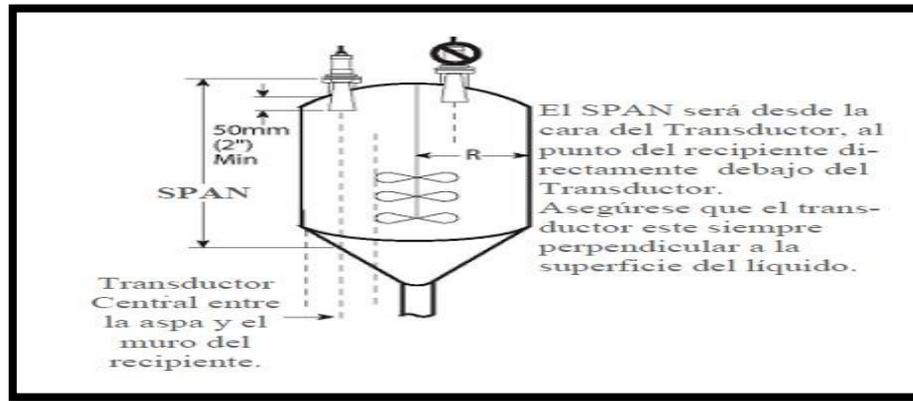


Figura 41: Montaje en agitadores

Fuente: Página web <https://es.scribd.com/doc/232947035/Sultan-Manual-2007-SPANISH>. Consultado en junio del 2016

3.2.1.1.6 Diagrama de conexión

Como se muestra en la figura 43 la alimentación a los terminales del transmisor AWI2 es de 24VDC a dos hilos conectados tal como se ve en la figura 42.

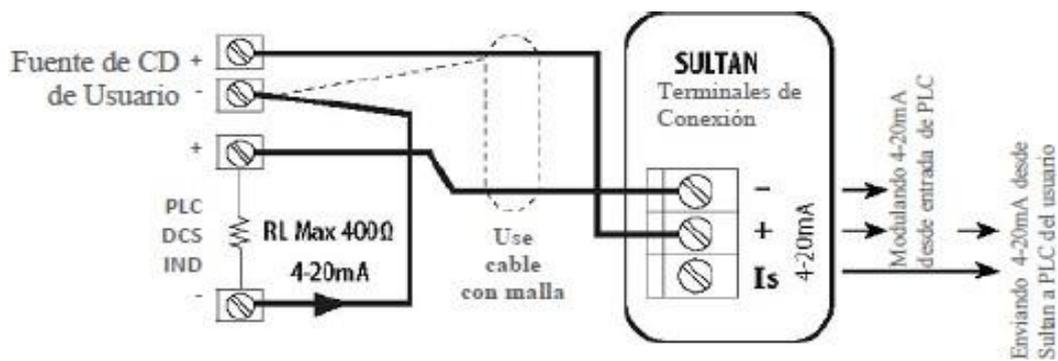


Figura 42: Conexión de terminal para suministro CD

Fuente: Página web <https://es.scribd.com/doc/232947035/Sultan-Manual-2007-SPANISH>. Consultado en junio del 2016

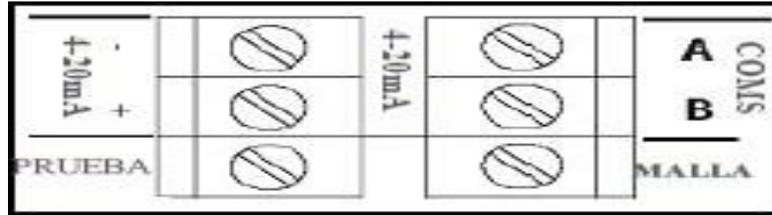


Figura 43: Transmisor Serie AWI2

Fuente: Página web <https://es.scribd.com/doc/232947035/Sultan-Manual-2007-SPANISH>. Consultado en junio del 2016

3.2.1.1.7 Ingreso de datos

Todos los ajustes de software son logrados vía las cuatro TECLAS en el panel frontal del amplificador Sultan mostrado en la siguiente figura 44.



Figura 44: Panel frontal Sultan 2

Fuente: Página web <https://es.scribd.com/doc/232947035/Sultan-Manual-2007-SPANISH>. Consultado en junio del 2016

A continuación, se detallará la función de los botones del sensor y la forma de configuración de los parámetros mostrados en la figura 45 y la figura 46.

DESDE PANTALLA PRINCIPAL

Botón CAL:

(A) Presione y mantenga presionado – interrumpe operaciones normales y permite acceso a opciones personalizadas.

Cambia encabezados y permite la función de EDITAR.

EN CONFIGURACION

(B) Presione Momentáneamente – guarda valor seleccionado.

Presione y mantenga presionado le desplaza por los menús y parámetros de

configuración.

Botón UP:

(A) Aumenta el valor desplegado.

(B) Desplaza hacia arriba a través de las opciones de configuración del software.

Botón DOWN:

(A) Disminuye el valor desplegado.

(B) Desplaza hacia abajo a través de las opciones de configuración del software.

Botón RUN:

(A) Solo usado cuando las selecciones se han finalizado.

(B) Guarda la configuración actual en la memoria, y checa la validez de las selecciones del software, luego regresa al Sultan a condiciones normales de operación.

CONFIGURACION RAPIDA

Para asesar el menú de parámetros, presione y mantenga presionado el botón hasta "Desbloquear 0" es desplegado en la pantalla LCD. Luego usa los botones para seleccionar un código de acceso.

El valor de fábrica es 0.

CODIGO

Permite el usuario configurar un código de acceso aparte de 0 para evitar cambios no autorizados a la programación. Use los botones para seleccionar el código de acceso deseado.

UNIDADES

Permite el usuario seleccionar las unidades para el despliegue de las distancias medidas y la programación de los puntos de disparo del relevador. Las opciones son metros/centímetros o pies/pulgadas.

NIVEL BAJO

Configura la distancia desde la cara del transductor que corresponde al Nivel Bajo en el recipiente siendo monitoreado -nivel de salida análoga 4mA.

NIVEL ALTO

Configura la distancia desde la cara del transductor que corresponde al Nivel Alto en el recipiente siendo monitoreado –nivel de salida análoga 20mA.

Nota: Cuando se configuran los Niveles Alto y Bajo un Span mínimo de 100mm DEBE de ser mantenido.

TIEMPO DE FALLA

Permite el usuario ingresar el número de pulsos cuando la condición de último eco sucede previa a fallar. Es recomendado ingresar un mínimo de 50 pulsos.

Condición Segura a Falla (Failsafe)

Permite el usuario seleccionar su condición segura en caso de falla. Hay 5 posibles valores de falla en salida de mA. Son: 20mA, 4mA, Ultimo Conocido, <4.00mA y >20.00mA.

TIPO DE APLICACIÓN

Permite el usuario seleccionar el tipo de aplicación Líquidos, Lechadas y Sólidos. La respuesta del sistema es automáticamente cambiada para permitir los requerimientos de la aplicación.

VELOCIDAD DE LLENADO/VELOCIDAD DE VACIADO

Permite el usuario seleccionar la velocidad aproximada del cambio de nivel. Este automáticamente configura varios parámetros para permitir una respuesta más rápida o más lenta.

PANTALLA

Permite al usuario seleccionar el despliegue preferido en la Pantalla LCD,

opciones de espacio, Material, % de Material, Flujo, Promedio de Material, Dilhrd P, Tbl Flujo, Volumen.

FLUJO

Permite Flujo de Canal Abierto usando $q=kha$

UNIDAD DE FLUJO

Litros, k litros, m litros, Pie Cúbico, metros Cúbicos.

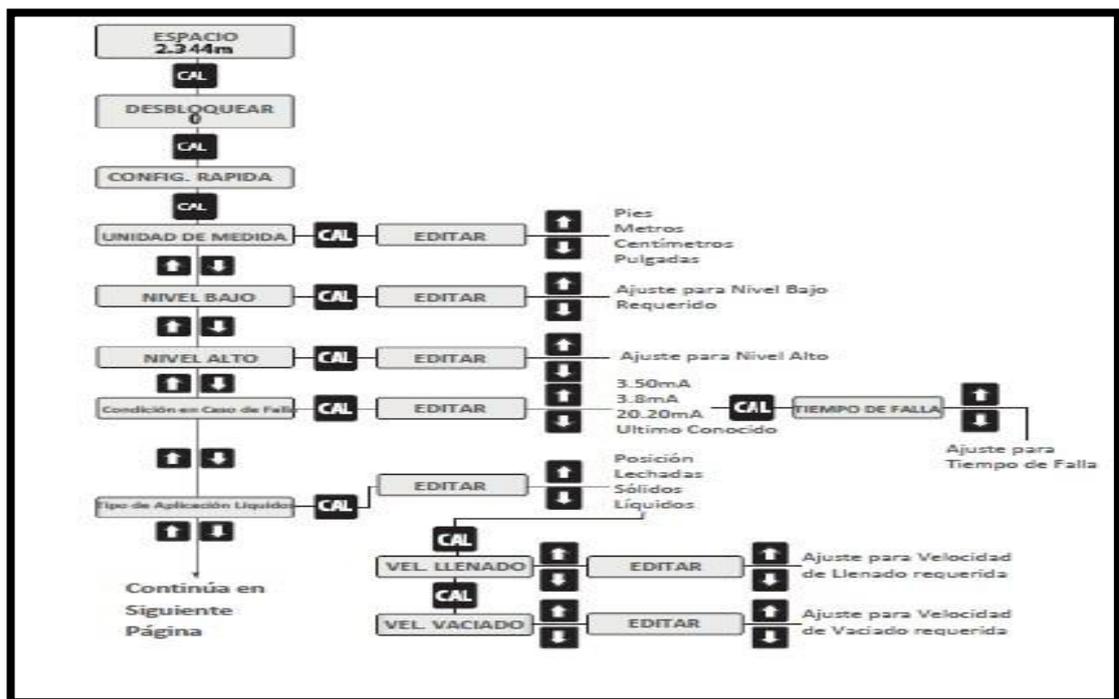


Figura 45: Configuración rápida

Fuente: Página web <https://es.scribd.com/doc/232947035/Sultan-Manual-2007-SPANISH>. Consultado en junio del 2016

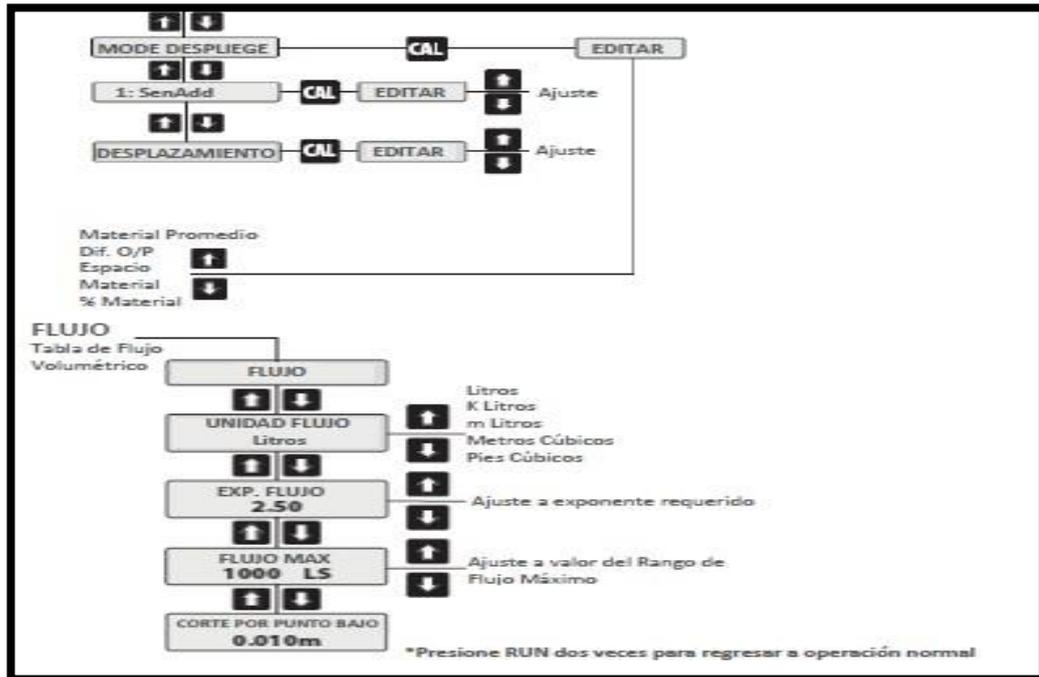


Figura 46: Configuración rápida (2)

Fuente: Página web <https://es.scribd.com/doc/232947035/Sultan-Manual-2007-SPANISH>. Consultado en junio del 2016

3.2.1.2 Válvula Neumática tipo cuchilla

Marca: Clarkson

Modelo: KGD Mark III

3.2.1.2.1 Características

El Mark III, mostrado en la figura 47, incorpora características avanzadas obtenidas de miles de válvulas para lodo Clarkson KGD instalados, que le da un mejor rendimiento general con características adicionales:

- Un disco de soporte más robusto se incorpora en el diseño de una pieza que se resiste a sobre- compresión de la manga.
- Perfil interior de la funda proporciona una presión de ayudar a la función de sellado.
- Perfil de la manga reduce la fricción y proporciona una vida útil más larga.

- Una instalación más fácil en una variedad de estilos de tubería.
- Las pruebas muestran los requerimientos de torque de instalación más bajos.
- El manguito Mark III se puede instalar en cualquier válvula KGD existente, lo que permite trabajar sin problemas.



Figura 47: Válvula Clarkson

Fuente: Página web www.tycoflowcontrol.com. Consultado en junio del 2016

3.2.1.2.2 Datos Técnicos

Rango de tamaños: 2" a 24"

Grados de presión estándar: 2" a 16" clasificado para 150 psi CWP 18" a 24" clasificado a 90 psi CWP

Grados de presión opcionales hasta 200 psi CWP

Manga: estándar de goma

Temperatura: manga estándar de 180°F, hasta 300°F con la selección de elastómero opcional.

POSICION ABIERTA

Puerta colocada por encima de los sellos

Ajuste apretado entre las mangas internas, contiene la presión de las líneas.

No hay piezas metálicas en contacto con la pulpa

Zona portuaria despejada elimina la turbulencia, minimiza la caída de presión a través de la válvula.

No hay cavidad dentro del asiento donde los sólidos se pueden recoger y evitar el cierre de puerta completa

POSICION CERRADA

Puerta viaja a través de las mangas para proporcionar brida ciega, expulsara los sólidos que permiten el cierre completo.

100% de aislamiento de burbujas, cierre hermético resultando en absolutamente en cero fugas.

Diseño de doble asiento proporciona un flujo bidireccional y de cierre

El perfil de la manga y el ajuste apretado entra las mismas junto con la puerta contiene la presión interna.

Evita que la puerta penetre demasiado lejos, lo que minimiza el estrés en la manga.

3.2.1.3 Tablero Neumático de control

Se encuentra compuesto por un filtro regulador de presión, válvula solenoide y una bobina tales como los de la figura 48 y la figura 49.



Figura 48: Filtro regulador de presión

Fuente: Elaboración propia



Figura 49: Bobinas

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.3.1 Válvula ON - OFF

Cuenta con un conector neumático $\frac{1}{4}$ " a $\frac{3}{4}$ "; indicador de presión: sin manómetro, y un actuador cerrado: botón rotatorio con detención, como el de la figura 50.



Figura 50: Válvula ON - OFF

Fuente: Página web https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ENGB/PDF/EN/LFR-D_EN.PDF. Consultado en junio del 2016

3.2.1.3.2 Filtro regulador de presión

Se encarga de filtrar las impurezas que pueda presentar la línea de aire que pasa a través del mismo, ver figura 51.



Figura 51: Unidad de mantenimiento

Fuente: Página web https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ENGB/PDF/EN/LFR-D_EN.PDF. Consultado en junio del 2016

3.2.1.3.3 Válvula solenoide MFH – 5 – ¼ - 6211

Es la válvula solenoide que se encarga de abrir o cerrar la válvula Clarkson dependiendo de la señal que manda la bobina de control, ver figura 3.15.



Figura 52: Válvula solenoide

Fuente: Página web https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ENGB/PDF/EN/LFR- D_EN.PDF. Consultado en junio del 2016

Las características de la válvula se detallan en la siguiente tabla 6.

Tabla 6: Características de la válvula

| CARACTERISTICA | VALOR |
|-------------------------------|---|
| Función | 5/2 MONOESTABLE |
| Tipo | ELECTRICA |
| Estándar nominal flujo/tiempo | 1000 L/MIN |
| Presión de operación | 2.2-8 BAR |
| Clase protección | IP65 |
| Size nominal | 7mm |
| Dirección de flujo | no reversible |
| Tiempo de conmutación off | 29 ms |
| Tiempo de conmutación on | 9 ms |
| Medio de funcionamiento | Aire comprimido filtrado, grado de filtración de 40 um, con o sin lubricación |
| Temperatura del medio | -10 - 60 °C |
| Temperatura ambiente | -5 - 40 °C |
| Peso del producto | 290 g |
| Conexión eléctrica | A través de la bobina F |
| Tipo de montaje | Opcional, con el agujero a través, el perfil distribuidor |

Fuente: Página web <http://www.dielco-store.com/media/datasheets/mfh-5-1-4.pdf>. Consultado en junio del 2016

3.2.1.3.4 Bobina MSFW 110 50/60 HZ

- Tipo de fijación: Con tuerca moleteada
- Posición de montaje: Indistinta (sobre el núcleo de la bobina, girable en 360°)
- Bobina: Plástico termo endurecido, cobre, acero.
- Conector eléctrico: 3 contactos

- Tiempo mínimo de respuesta: 10 ms

3.2.1.4 Variador de Velocidad

Marca: Allen Bradley

Modelo: Power Flex 700

3.2.1.4.1 Placa de datos

La siguiente figura 53 muestra la placa de datos del variador Power Flex 700.

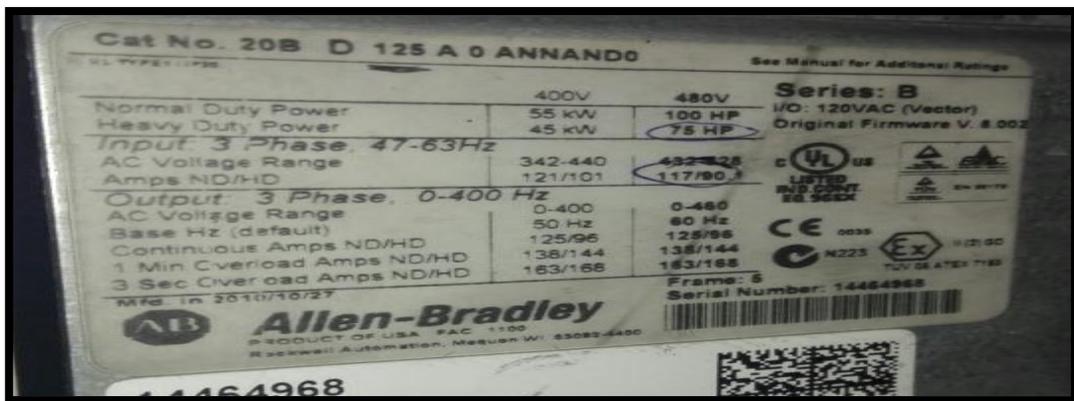


Figura 53: Placa del VDF

Fuente: Elaboración propia

- 20B D 125 A 0 ANNAND0

20B: Variador de velocidad tipo 700

D: Tensión 480V CA, 3 Fases

125: Corriente nominal 125A, Potencia nominal 100HP. Entrada 480V a 60 HZ

A: Envoltente IP 20NEMA Tipo 1

0: HIM Interfase de Operador: Cubierta ciega

A: Documentación: Manual de Usuario

N: Con IGBT de freno: NO

N: Resistencia de frenado: NO

A: Emisión: Filtro CE: si, Obturadores Cm: si

N: Ranura de comunicación: No

D: E/S: Control Vectorial, E/S Volts: 115VCA

0: Realimentación: Ninguna

3.2.1.4.2 Instalación y cableado

La mayoría de las dificultades durante la puesta en marcha son el resultado de un cableado erróneo. Es necesario tomar todas las precauciones necesarias para asegurarse de que el cableado se realice de la manera especificada.

APERTURA DE LA CUBIERTA

1. Localizamos la ranura en la esquina superior izquierda, deslizamos hacia arriba y giramos para abrirla, ver figura 54. Tiene unas bisagras especiales que permiten desenganchar la cubierta del variador para colocarlo en la parte superior del mismo.

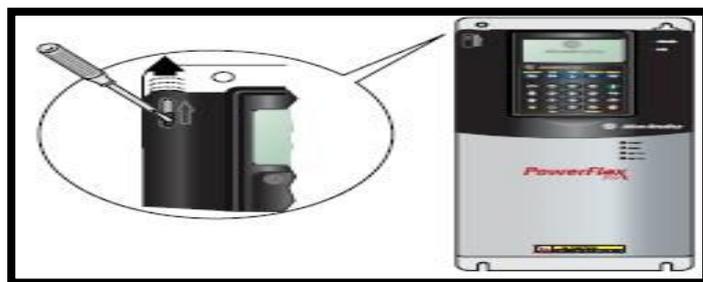


Figura 54: Ubicación de lengüeta de seguridad

Fuente: Página web <http://ab.rockwellautomation.com/es/Drives/PowerFlex-700#documentation>. Consultado en junio del 2016

CONSIDERACIONES DE MONTAJE

- Temperaturas de operación: los variadores Power Flex 700 están diseñados para funcionar a temperaturas ambiente de 0° a 40° C.
- Distancias libres mínimas de montaje: Los requisitos de espacio libre vertical especificados están destinados para aplicarse entre variador y variador, ver figura 55. Otros objetos pueden ocupar este espacio; sin embargo, el flujo de

aire reducido puede causar que los circuitos provoquen fallos en el variador.

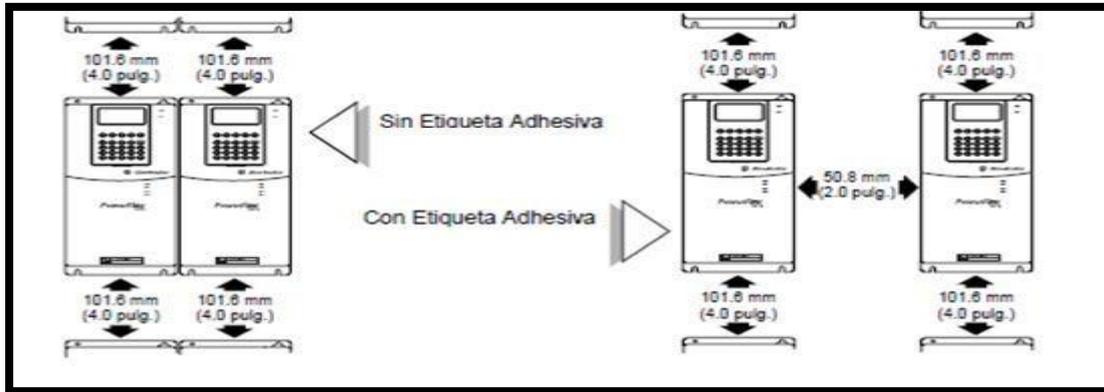


Figura 55: Distancias libres mínimas permitidas

Fuente: Página web <http://ab.rockwellautomation.com/es/Drives/PowerFlex-700#documentation>. Consultado en junio del 2016

REQUISITOS GENERALES DE CONEXIÓN A TIERRA

La Conexión a Tierra de Seguridad del variador - PE debe estar conectada a la tierra del sistema como lo muestra la figura 56. La impedancia de la conexión a tierra debe cumplir con los requisitos establecidos por las normativas de seguridad industrial nacional y local, y por los códigos eléctricos. Es necesario verificar periódicamente la integridad de todas las conexiones a tierra. Todos los circuitos incluso el del conductor a tierra de la entrada de CA deben conectarse a tierra independientemente y directamente a este punto/barra.

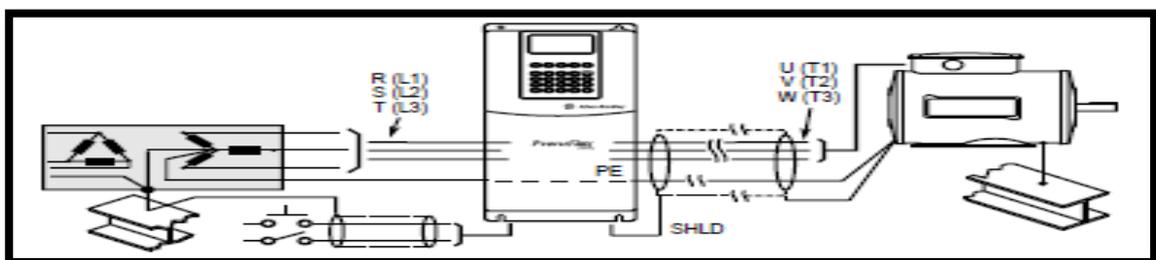


Figura 56: Conexión típica a tierra

Fuente: Página web <http://ab.rockwellautomation.com/es/Drives/PowerFlex-700#documentation>. Consultado en junio del 2016

CABLEADO DE POTENCIA

El cable apantallado comprende todos los beneficios generales del cable multiconductor, además del beneficio de una pantalla trenzada de cobre que contiene gran parte del ruido generado por un variador típico de CA. Se debe enfatizar el uso de cable apantallado en instalaciones con equipos sensibles tales como básculas de pesaje, interruptores capacitivos de proximidad y otros dispositivos que pueden resultar afectados por el ruido eléctrico en el sistema de distribución. Para algunas aplicaciones, el cable apantallado también puede ayudar a reducir la tensión en el eje y las corrientes inducidas en los cojinetes.

Además, la mayor impedancia del cable apantallado puede ayudar a aumentar la distancia a la que se puede ubicar el motor desde el variador sin necesidad de agregar dispositivos de protección del motor tales como las redes de terminación.

[34]

PREPARACION PARA LA PUESTA EN MARCHA DEL VARIADOR

Antes de colocar la fuente de alimentación al variador:

- Confirmar que todas las entradas se encuentren firmemente conectadas a los terminales correctos.
- Verificar que la potencia de línea de CA en el seleccionador se encuentre dentro del valor nominal del variador
- Verificar que la tensión de la potencia de control sea la correcta.
- Conecte la potencia de CA y las tensiones de control al variador.
- Proceda a las rutinas de puesta en marcha.

Al momento de energizar el variador de frecuencia este presenta unos leds indicadores de estado, ver figura 57, que nos describen el estado del mismo al momento de aplicar tensión si se encuentra listo o con alguna falla en el mismo, ver figura 58.

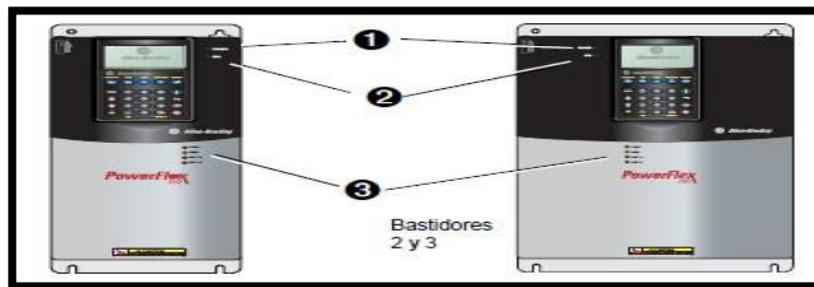


Figura 57: Indicadores de estado

Fuente: Página web <http://ab.rockwellautomation.com/es/Drives/PowerFlex-700#documentation>. Consultado en junio del 2016

| # | Nombre | Color | Estado | Descripción |
|------|--|---|---|--|
| 1 | POT (Potencia) | Verde | Fijo | Se enciende cuando se aplica potencia al variador. |
| 2 | STS (Estado) | Verde | Intermitente | El variador está listo, pero no está en marcha y no hay fallos presentes. |
| | | | Fijo | El variador está en marcha, no hay fallos presentes. |
| | | Amarillo Vea la página 4-10 | Intermitente, el variador se encuentra detenido | Existe una condición de inhibición de arranque, no se puede poner en marcha el variador. Verifique el parámetro 214 [Inhibic. arranq]. |
| | | | Intermitente, el variador está en marcha | Existe una condición de alarma intermitente tipo 1. Verifique el parámetro 211 [Alarma variadr 1]. |
| | | | Fijo, el variador está en marcha | Existe una condición de alarma continua tipo 1. Verifique el parámetro 211 [Alarma variadr 1]. |
| | | Rojo Vea la página 4-4 | Intermitente | Ha ocurrido un fallo. Verifique [Código fallo x] o Cola de fallo. |
| Fijo | Ha ocurrido un fallo que no se restablece. | | | |
| 3 | PUERTO | Consulte el Manual del Usuario del Adaptador de Comunicación. | | Estado de comunicaciones internas del puerto DPI (si está instalado). |
| | MOD | | | Estado del módulo de comunicaciones (si está instalado). |
| | RED A | | | Estado de la red (si está conectada). |
| | RED B | | | Estado de la red secundaria (si está conectada). |

Figura 58: Descripción Indicadores de estado

Fuente: Página web <http://ab.rockwellautomation.com/es/Drives/PowerFlex-700#documentation>. Consultado en junio del 2016

RUTINAS DE PUESTA EN MARCHA

- Puesta en Marcha S.M.A.R.T.

Esta rutina permite configurar rápidamente el variador programando valores para las funciones de uso más frecuente.

- Puesta en Marcha Asistida

Esta rutina le solicita información necesaria con el fin de poner en marcha un variador para la mayoría de aplicaciones, tales como datos de líneas y del motor, parámetros ajustados comúnmente y E/S, ver figura 59. La opción de Control Vectorial proporciona dos niveles de Puesta en Marcha Asistida: Básico y Detallado.

- Arranque de Verificación de Izado/Par Motor

Las aplicaciones de Verificación de Par Motor pueden utilizar la puesta en marcha asistida para ajustar el motor. Sin embargo, se recomienda desconectar el motor del equipo de izado o montacargas durante la rutina.

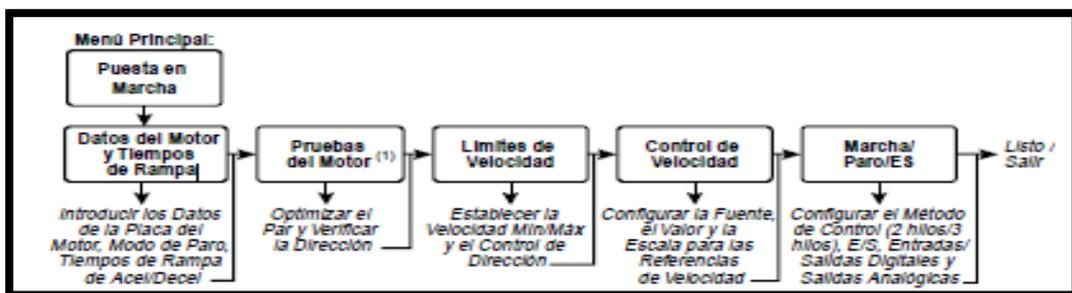


Figura 59: Puesta en marcha con opción de control estándar

Fuente: Página web <http://ab.rockwellautomation.com/es/Drives/PowerFlex-700#documentation>. Consultado en junio del 2016

PARAMETROS BASICOS

Tabla 7: Parámetros básicos de configuración

| ARCHIVO | GRUPO | PARAMETROS | CODIGO |
|--------------------------|----------------------|-----------------------------|---------------|
| Visualización | Mediciones | Frec. De Salida | 1 |
| | | Frec. De comando | 2 |
| | | Int. Salida | 3 |
| | | Tensión bus CC | 12 |
| Control de motor | Datos del motor | Volt. Placa motor | 41 |
| | | Amps. Placa del motor | 42 |
| | | Hz placa del motor | 43 |
| | | Rpm placa del motor | 44 |
| | | Pot. Placa del motor | 45 |
| | | Unid. Pot. Mtr. | 46 |
| | | Hz sobrecrg. Mtr. | 47 |
| | Atributos de par | Modo rend. Par | 53 |
| | | Tensión máxima | 54 |
| | | Frecuencia máxima | 55 |
| | | Autoajuste | 61 |
| | Comando de velocidad | Modo de Velocidad y limites | Veloc. Mínima |
| Veloc. Máxima | | | 82 |
| Referencias de velocidad | | Sel. Ref. Vel. A | 90 |
| | | Sel. Ref. Vel. B | 93 |
| | | Lm. Sup. Rf vel A | 91 |
| | | Lm. Sup. Rf vel B | 94 |
| | | Lm. Inf. Rf. Vel A | 92 |
| | | Lm. inf. Rf. Vel B | 95 |
| | | Sel. Ref. Man TB | 96 |
| | | Lm. Sup. Rf. Man TB | 97 |
| | | Lm. Inf. Rf. Man TB | 98 |

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 IMPLETACION DEL SISTEMA

3.2.2.1 Introducción

Una vez seleccionados los instrumentos de control para el equipamiento y configuración del sistema de control del tanque de stand by del Holding Tank se detallará el paso a paso realizado para su implementación.

3.2.2.2 Implementación del sistema de control automático

3.2.2.2.1 Instalación de equipos

Como primer paso a realizar se procederá a la instalación de las válvulas neumáticas tipo cuchilla que se encargaran de controlar la alimentación de pulpa al tanque de stand by del Holding tank y evitar de esta manera derrames de carga como se muestra en la figura 60.



Figura 60: Derrame de relave del Holding Tank

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la figura 61 de muestra el antes y después de las líneas de alimentación al tanque los cuales contaban con válvulas manuales tipo volante que requiere esfuerzos por parte del operador para abrir o cerrar la válvula, y regular el flujo para esto se instalan a cada línea válvulas neumáticas accionadas por aire a presión controlado por un tablero de control neumático.

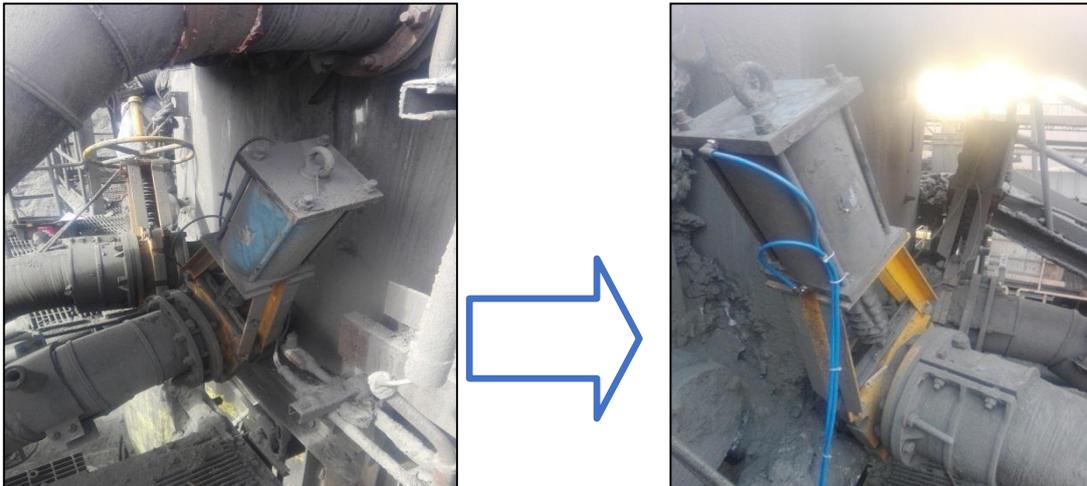


Figura 61: Antes y después de instalación de válvulas neumáticas

Fuente: Elaboración propia

El tablero neumático de la figura 62 contará con distintos dispositivos que se encargaran de confirmar el accionamiento del mismo, así como de controlarlo por medio de una bobina que controlara una válvula solenoide.



Figura 62: Tablero de control neumático

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la imagen anterior el tablero cuenta con una unidad de mantenimiento, el cual se encuentra formado por una válvula on off y un filtro regulador de presión, luego pasa por una válvula solenoide la cual está

controlada por una bobina, ver figura 63, que se acciona de forma automática mediante una lógica de control enviada desde sala de control, y de forma manual mediante una botonera en campo que cuenta con un selector manual / automático, y dos pulsadores open y close, esta botonera va conectada a un RIO en campo, a un módulo DI 820 al igual que la señal de confirmación de la válvula abierta o cerrada la cual manda esta señal al LIO dentro del CCM y esta es transmitida por medio de fibra óptica a sala de control, tal como se muestra en la figura 64.



Figura 63: Accionamiento de la bobina

Fuente: Elaboración propia

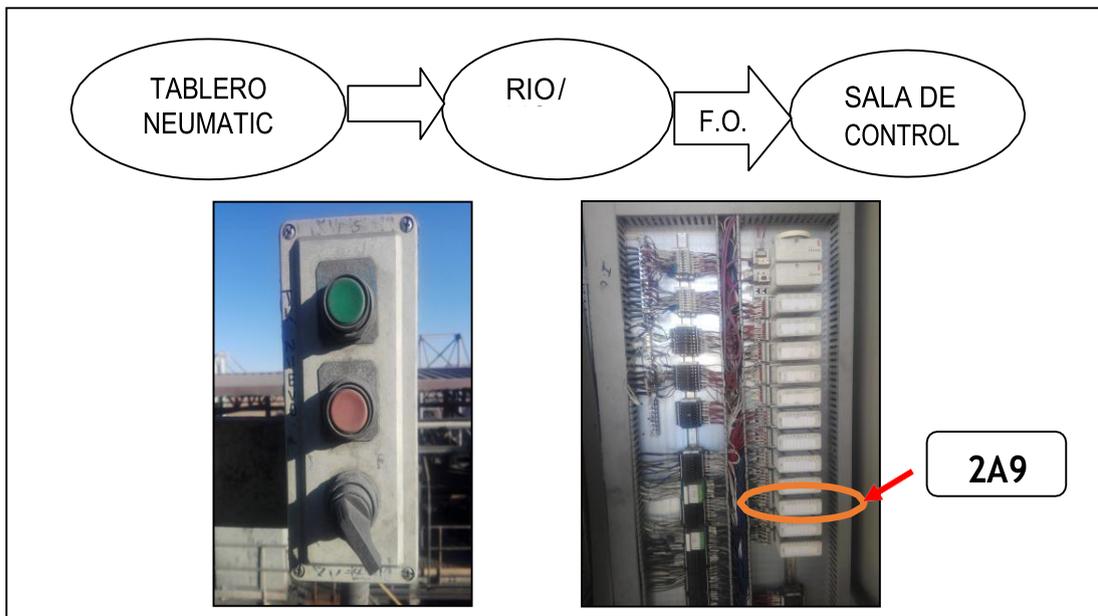


Figura 64: Esquema de comunicación del tablero neumático

Fuente: Elaboración propia

Una vez instalado las válvulas neumáticas de control se procedió a instalar el sensor de nivel Sultan 2 en la parte superior del holding tank, ver figura 65, para poder controlar el aperturamiento de las mismas por medio del control de nivel de pulpa.



Figura 65: Vista aérea parte superior de holding tank de stand by

Fuente: Elaboración propia

El sensor a instalar es el Sultan 2 mostrado en la figura 66, primero se monta la estructura de soporte de la base del sensor, luego se procede con el montaje del mismo. A continuación, se realiza el cableado del sensor el cual ira conectado al módulo AI 820 del RIO mediante un cable de dos hilos que transmiten una señal de 0 – 24mv conectado tal como muestra la figura 67, luego se conecta mediante señal ProfiBus DP a un LIO dentro del CCM para ser transmitida a sala de control en planta mediante fibra óptica. Esta señal es visualizada y programada para el control de las válvulas de alimentación.



Figura 66: Sensor de nivel Sultan instalado en tanque

Fuente: Elaboración propia



Figura 67: Conexión del sensor de nivel Sultan

Fuente: Elaboración propia

Una vez instalado el sensor de nivel y las válvulas neumáticas se procedió a instalar los VDF Power Flex 700 para el control de las bombas de alimentación a los filtros banda.



Figura 68: Tablero de bomba de alimentación

Fuente: Elaboración propia

Como se ve en la imagen 68 se observa el diseño que tienen el tablero arrancador con VDF de las tres bombas de alimentación a los respectivos filtros, las tres líneas de fase de 480VAC 60HZ van conectadas a un interruptor termo magnético de 125A, un fusible por línea de 200A y una reactancia de 200A, el plano de conexión del VDF se muestra en la siguiente figura 69 donde se designa el conexionado de las entradas digitales y analógicas y la etapa de control del motor, para esto de dos fases vana conectados a un transformador

de 480/120 VAC, se utilizaron las entradas digitales de los terminales 27, 28, 29 y 30 para los pulsadores de start, stop y local/automático y las salidas digitales conectadas a leds de estado 11, 13 y 14, como se observa en el anexo 3.

En el anexo 3 se muestra la descripción detallada de las borneras de control tanto digital como analógicas.



Figura 69: Entradas digitales y análogas en VDF

Fuente: Elaboración propia

Y la etapa de control mostrada en las siguientes imágenes nos muestra los terminales usados para los pulsadores start, stop y el selector manual/automático y los indicadores de estado encendido, apagado y falla. Y también nos muestra la forma de conexión en el mismo variador.

Este variador Power Flex de 100HP y 125A se encargará de controlar un motor trifásico marca MARATHON con las siguientes características:

- Potencia 75 HP
- Corriente 86 A
- Velocidad 1765 RPM
- Voltaje 480 V

Una vez instalado y conectado el variador, se procedió a la instalación de la botonera, mostrado en la figura 70, en campo la cual cuenta con dos pulsadores de start y stop un selector manual/automático y un pulsador de parada de emergencia, esta botonera está alimentada con una tensión de 110 VAC con contactos normalmente cerrado y abierto, conectados con cable apantallado hacia un RIO en campo y luego a un LIO para ser enviado a través de cable de fibra óptica a sala de control.



Figura 70: Botonera en campo

Fuente: Elaboración propia

Las tres bombas descritas líneas anteriores se muestran en la siguiente figura 71.



Figura 71: Motores en campo

Fuente: Elaboración propia

3.3 REVISION Y CONSOLIDACION DE RESULTADOS

3.3.1 Configuración y puesta en marcha de sensor de nivel

Los equipos a configurar en campo son en primer lugar el sensor de nivel Sultan 2, ver figura 72, mediante el panel frontal en el cual visualizamos 4 teclas ya detalladas páginas atrás.



Figura 72: Sensor Sultan2

Fuente: Elaboración propia

Como primer paso entramos al menú de configuración rápida (QuickSet) presionando el botón CAL como se indica en la siguiente figura 73.



Figura 73: Menú de configuración rápida

Fuente: Elaboración propia

Luego con las flechas pasamos a editar los parámetros siguientes como unidad de medida (Unit Metres) presionamos el botón CAL y seleccionamos la unidad a usar: metros, ver figura 74.



Figura 74: Parámetro unidad de medida

Fuente: Elaboración propia

El siguiente parámetro a ingresar es el de nivel bajo (low level) en el cual ingresamos la distancia desde la cara del transductor que corresponde al nivel bajo en el recipiente que como vemos en la figura 75 es de 3.45 mts. Salida analógica 4mA.



Figura 75: Parámetro nivel bajo

Fuente: Elaboración propia

El siguiente parámetro es el de nivel alto (hi level) en el cual se ingresa la distancia desde la cara del transductor que corresponde al nivel alto en el recipiente, ver figura 76. Salida analógica 20mA.



Figura 76: Parámetro nivel alto

Fuente: Elaboración propia

Luego configuramos el tipo de aplicación (App Type) presionamos CAL para ingresar y seleccionamos el tipo de material a censar en este caso seleccionamos Slurry, ver figura 77. Al seleccionar este tipo automáticamente configura varios parámetros para permitir una respuesta más rápida o más lenta.



Figura 77: Parámetro tipo de aplicación

Fuente: Elaboración propia

Por último, el parámetro de modo de despliegue (mode despliegue) en el cual seleccionamos el valor %material con lo cual concluimos con la configuración de parámetros en el sensor de nivel, ver figura 78.



Figura 78: Parámetro modo de despliegue

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Configuración y puesta en marcha de variador Power Flex 700

Una vez terminado de configurar el sensor de nivel se procedió a configurar los parámetros básicos del variador Power Flex 700 ingresando los datos de la placa del motor a emplear mostrados en la siguiente tabla en la cual se describe las características del mismo.

Tabla 8: Datos del motor

| DATOS TECNICOS DEL EQUIPO | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|---|-------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|----------------|-------------------------------|--------------------|
| AREA | TAG | Equipo | Componente | Tipo | Marca | Modelo | N° Serie | Identif. Fabric | Potencia (HP) |
| FILTRADO DE RELAVES | M-xxxxx | Bomba de Alimentación a Filtro de Banda | Motor | | MARATHON | | | | 75 |
| Voltaje (V) | Corriente (A) | Velocidad (rpm) | Frecuencia | Eficiencia (%) | Fact. Potencia | Frame | Armazón | Aumento Perm. Temp. ΔT | Diam. Polea |
| 460 | 86 | 1785 | 60 | | 0.85 | 405 T | | | |

Fuente: Elaboración propia

Una vez inicializado el variador ingresamos al menú parámetros mostrado al momento de energizar el mismo como se muestra en la figura 79.



Figura 79: Menú Parámetro

Fuente: Elaboración propia

Dentro de este parámetro encontraremos los submenús, ver figura 80, de visualización, control del motor, comando de velocidad, comando dinámico, utilidades, comunicación, entradas y salidas y aplicaciones los cuales nos proporciona una configuración más avanzada para distintas formas de trabajo que se puedan presentar.



Figura 80: Menú Visualización

Fuente: Elaboración propia

Dentro de esta pantalla seleccionamos e ingresamos al submenú control del motor donde podremos ingresar los datos del motor seleccionado, ver figura 81.



Figura 81: Menú Control del motor

Fuente: Elaboración propia

Dentro de este submenú elegimos la opción datos del motor, ver figura 82, para proceder a ingresar los valores de la placa de datos del motor mostrados en la tabla 8.

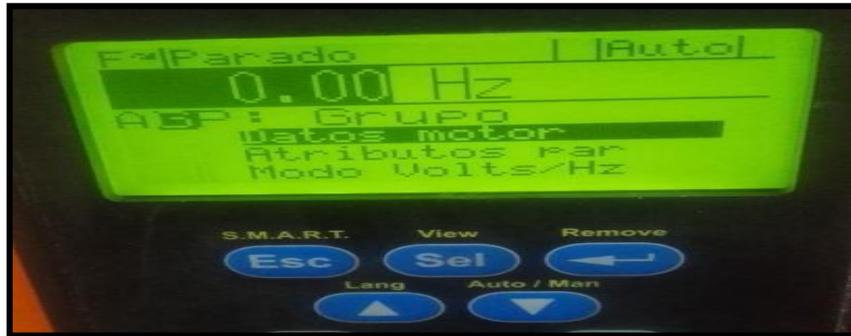


Figura 82: Menú Datos del motor

Fuente: Elaboración propia

Dentro del cual nos mostrara los parámetros a ingresar desde el teclado.

Ingresando al primer parámetro Tipo de motor el cual es establecido para que coincida con el tipo de motor conectado, en nuestro caso el valor "0" indica que es un motor de inducción, ver figura 83.



Figura 83: Parámetro tipo de motor

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso es configurar los siguientes parámetros, el parámetro 41 a ingresar es el voltaje del motor nominal a 460 VAC, el parámetro 42 es el amperaje nominal a 86 A, y el parámetro 43 es la frecuencia del motor nominal de 60 HZ como se muestra en la siguiente figura 84.



Figura 84: Parámetro 41, 42 y 43

Fuente: Elaboración propia

Luego continuamos configurando el variado ingresando los datos de velocidad del motor a 1780 RPM en el parámetro 44, la potencia del motor a 75 HP en el parámetro 45, luego se selecciona la unidad de potencia del motor, ingresando "0" se selecciona la unidad en HP en el parámetro 46, tal como se muestra en la figura 85.

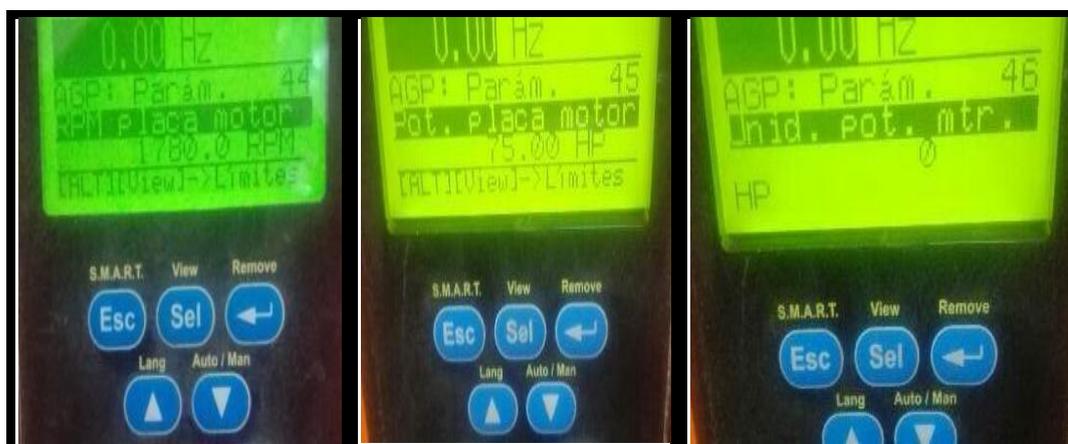


Figura 85: Parámetros 44, 45 y 46

Fuente: Elaboración propia

En el parámetro 47 se selecciona la frecuencia de salida por debajo de la cual se reduce la capacidad nominal de la intensidad de operación en este caso 20 Hz , el parámetro 48 es el Factor de Sobrecarga del Motor seteado a 1.00, donde se establece el nivel de operación para la sobrecarga del motor. Amps. Motor X Factor Sobrecarga = Nivel operación, en el parámetro 49 se define el número de polos del motor colocado a 4, ingresamos estos datos y lo configuramos como se muestra en la figura 86.



Figura 86: Parámetro 47, 48 y 49

Fuente: Elaboración propia

Luego de ingresar los datos del motor trifásico a controlar, pasamos a ingresar los parámetros de las entradas digitales que se usaran para los pulsadores y selectores ubicados en la parte frontal del cubículo del variador.

Tabla 9: entradas digitales básicas

| PARAMETRO N° | DESCRIPCION | VALOR | NOMBRE |
|--------------|-------------|-------|-------------|
| 361 | ENT. DIG. 1 | 4 | PARO-BF |
| 362 | ENT. DIG. 2 | 5 | ARRANQUE |
| 363 | ENT. DIG. 3 | 18 | AUTO/MANUAL |
| 364 | ENT. DIG. 4 | 15 | SEL.VEL.1 |

Fuente: Elaboración propia

Se procede entonces a ingresar los datos de la tabla 9 al variador como se muestra en la figura 87.



Figura 87: Entradas digitales

Fuente: Elaboración propia

Este ingreso de parámetros se realiza también en los otros dos variadores, por lo cual ahora solo nos faltaría establecer la comunicación con sala de control, por lo tanto se procederá a conectar el puerto ProfiBus DP a través del módulo de comunicación 20-comm-p mostrado en la figura 88.

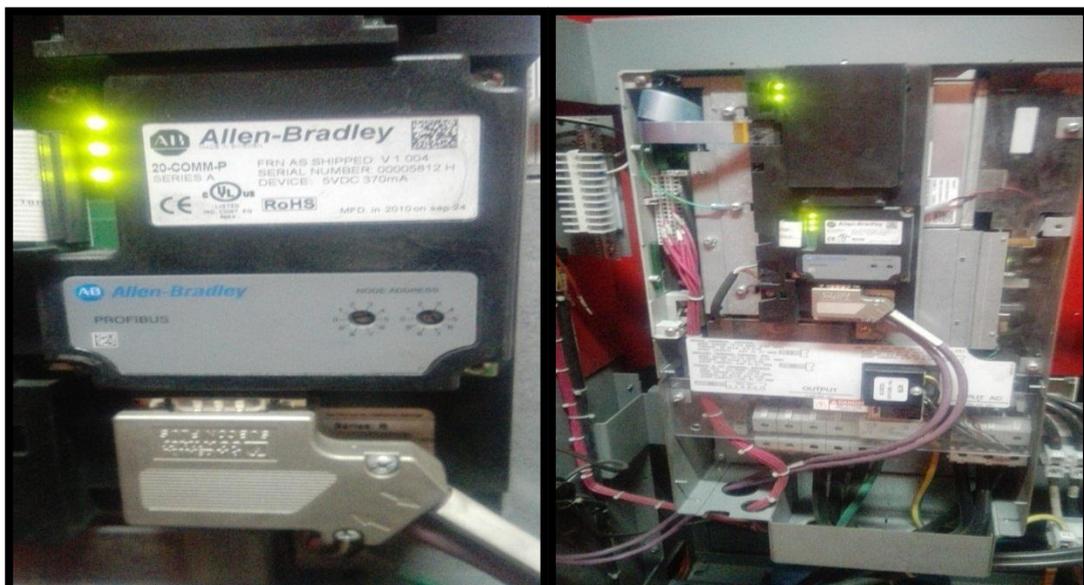


Figura 88: Adaptador ProfiBus DP

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Comprobación de resultados en sala de control

Ahora bien, para poder establecer la comunicación del VDF Power Flex 700 con la red ProfiBus se emplea una tarjeta adaptador de ProfiBus, que lleva el nombre de 20-COMM-P, para poder establecer la comunicación es necesario tener un archivo .gsd que nos permita configurar la red, es decir, que nos permita mapear y definir las entradas y salidas del equipo. Cada tipo de adaptador de red tiene su propio archivo .gsd, para nuestro caso el archivo lleva el nombre de A_B_0572.gsd por defecto la cual el proveedor nos habilita en formato digital, luego este archivo .gsd se añade a nuestra red de trabajo por personal especializado como se muestra en la siguiente figura 89.

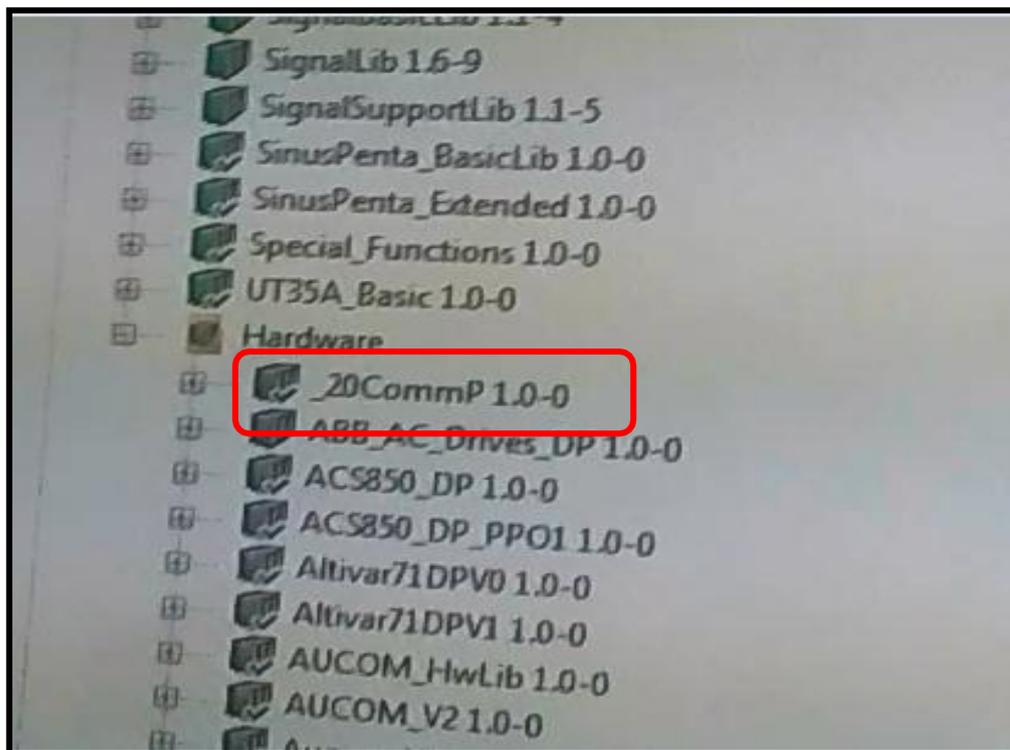


Figura 89: librería 20-COMM-P

Fuente: Elaboración propia

Las tablas para la configuración de entradas y salidas se mostraran en el anexo 4. En la siguiente figura 90 se muestra como se encuentra configurado en sala los adaptadores de red ProfiBus para las bombas a comunicar para el control en sala, a través del módulo CI854 para los equipos con TAG: M-85232, M-85233 y M-85234; es la siguiente imagen se muestra ya establecida la comunicación para los equipos con variador de frecuencia Power Flex 700 con controlador ProfiBus DP.

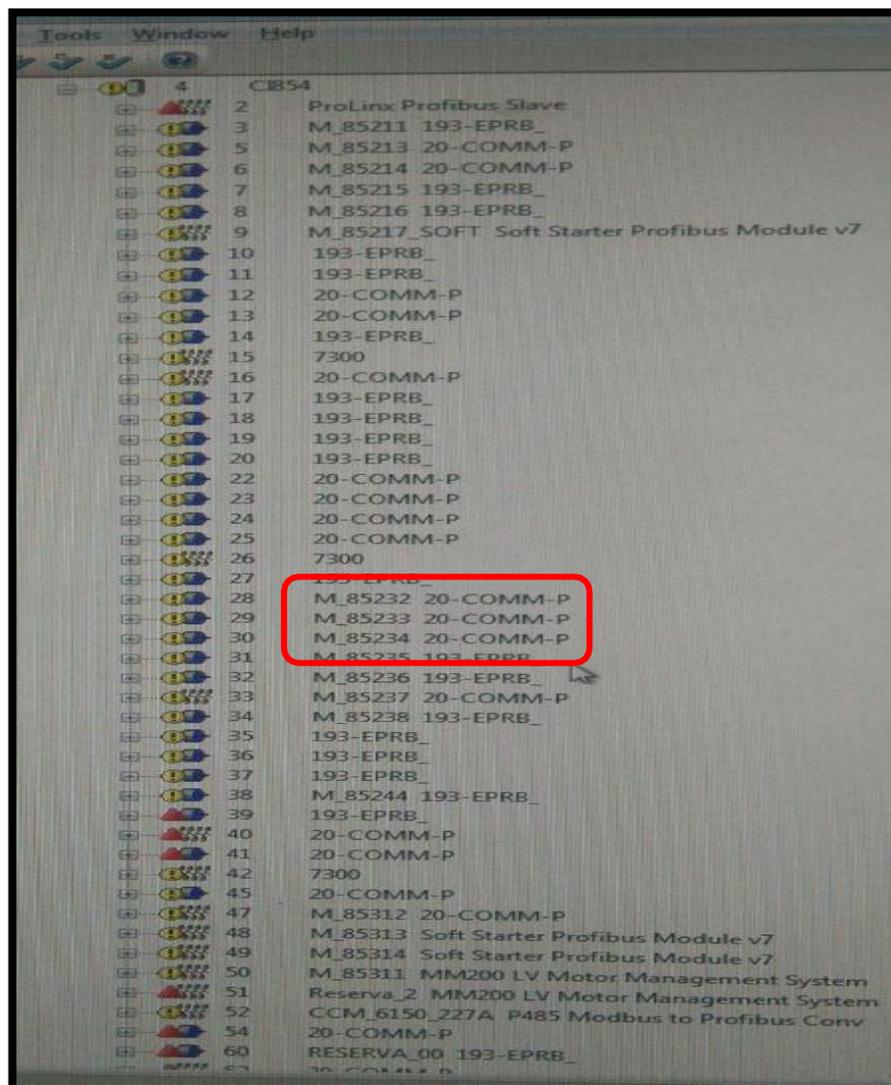


Figura 90: Equipos VDF comunicados a red

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura 91 se muestran los equipos funcionando trabajando desde el panel view del operador en la planta de filtrado de relave, se observa la letra R que representa que se encuentra en modo Remoto desde el cubículo del variador, y la letra P por el modo panel; también se observa el display Vel. Ref. por el cual el operador de planta ingresa el valor de frecuencia en el cual va a trabajar.



Figura 91: Equipos VDF desde panel de operación

Fuente: Elaboración propia

El sensor de nivel Sultan instalado en el tanque de alimentación llevara el TAG: LIT-85705 como se muestra en la siguiente figura 92 el sensor se encuentra trabajando en tiempo real y marcando un valor del 41,9% del tanque lleno.

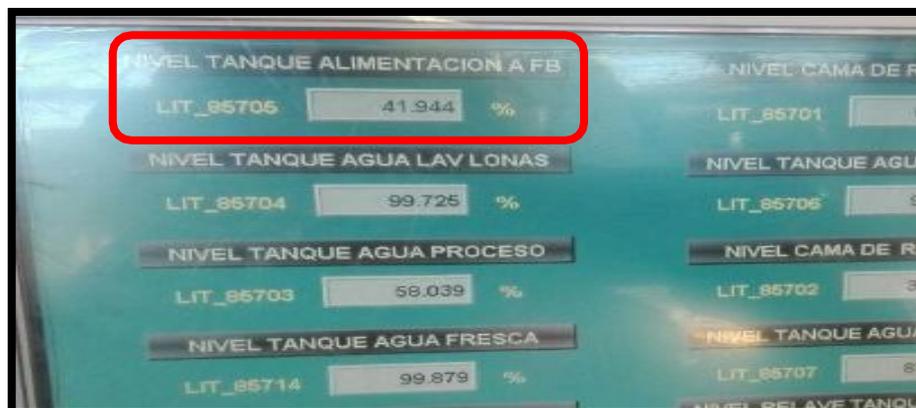


Figura 92: Panel view del operador

Fuente: Elaboración propia

Este sensor controla a un nivel $30 <$ abre las dos válvulas neumáticas con el TAG: XV_85722 y XV_85723, luego al $40 <$ se cierra la válvula XV_85723, y por ultimo al llegar al $90 \leq$ se cierran ambas válvulas tal como se muestra en la siguiente figura 93 las válvulas trabajando en tiempo real.



Figura 93: Válvulas Neumáticas en funcionamiento

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura 94 se muestra en detalle el sistema scada de nuestro holding tank de stand by trabajando en conjunto con las bombas M-85232, M-85233 y M-85234, el sensor de nivel LIT-85705 y las válvulas de alimentación XV_85722 y XV_8572 en modo remoto.

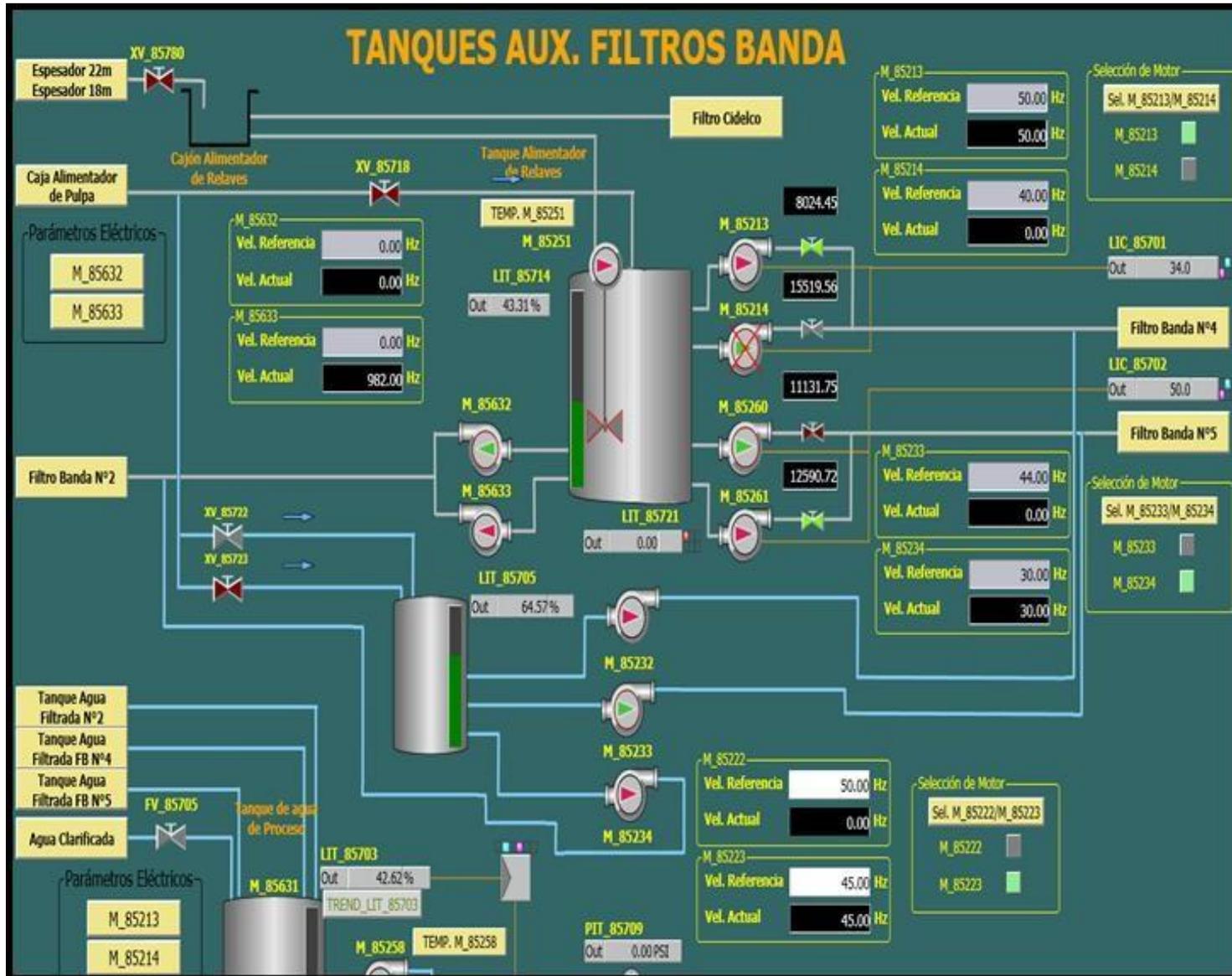


Figura 94: DIAGRAMA SCADA DE FILTRADO DE RELAVE CON STAND BY
Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

- Se implementó un sistema de control automatizado el cual cumple con el proceso de la planta de filtrado de relave.
- Se realizó una adecuada selección de equipos e instrumentos de control e instrumentación de acuerdo a los requerimientos de la planta.
- Se estableció la comunicación de los equipos mediante la red ProfiBus DP.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, al implementar el sistema de control adecuado, se tenga en consideración a los operadores de planta ya que ellos al estar constantemente observando el sistema necesitan estar familiarizados con los mismos.
- Se recomienda analizar bien el proceso de la planta de filtrado y con la ayuda de los manuales técnicos de los equipos realizar una adecuada selección de los mismos.
- Se recomienda tener en cuentas las normas y especificaciones técnicas del protocolo de comunicación ProfiBus de los equipos utilizados en la implementación del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] **Emb.cl.** (2016). Revista Electro industria - Hacia un concepto moderno de la Automatización Industrial. [online] Available at: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=81> [Accessed 15 Jun. 2016].
- [2] **W3.siemens.com.** (2016). Tecnología de automatización - Tecnología de automatización - Siemens. [online] Available at: <http://w3.siemens.com/mcms/automation/es/pages/automation-technology.aspx> [Accessed 15 Jun. 2016].
- [3] **Sc.ehu.es.** (2016). AUTOMATIZACION. [online] Available at: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm> [Accessed 15 Jun. 2016].
- [4] **Universidad Politécnica de Catalunya,** (2016). [online] Available at: <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf> [Accessed 15 Jun. 2016].
- [5] **Instalaciones electrotécnicas,** (2016). [online] Available at: <http://www.pertiga.es/pdf/ie/ie34.pdf> [Accessed 15 Jun. 2016].
- [6] **Sapiensman.com.** (2016). Instrumentación industrial - Definición de instrumentación - Transductores. [online] Available at: http://www.sapiensman.com/control_automatico/control_automatico7.htm [Accessed 15 Jun. 2016].
- [7] **Google Books.** (2016). Sistemas de instrumentación. [online] Available at: <https://books.google.com.pe/books?id=KBQdYZgwO-wC&pg=PA7&lpg=PA7&dq=Un+sistema+de+instrumentaci%C3%B3n+es+una+estructura+compleja+que+agrupa+un+conjunto+de+instrumentos,+un+dispositivo+o+un+sistema+en+el+que+se+mide,+unas+conexiones+entre+estos+elementos&source=bl&ots> [Accessed 15 Jun. 2016].

- [8] **Departamento de diseño mecánico**, (2016). [online] Available at: <http://www.tav.net/transductores/instrumentacion-industrial.pdf> [Accessed 15 Jun. 2016].
- [9] **Creus**, (2016). [online] Available at: <http://www.profesaulosuna.com/data/files/ELECTRONICA/INSTRUMENTACION/LIBRO%20DE%20INSTRUM/inscreus8th.pdf> [Accessed 15 Jun. 2016].
- [10] **TODO INGENIERIA INDUSTRIAL**. (2012). 3.7.- MEDIDORES DE PRESIÓN. [online] Available at: <https://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/metrologia-y-normalizacion/3-7-medidores-de-presion/> [Accessed 15 Jun. 2016].
- [11] **Escuela Técnica Superior de Valencia**, (2016). [online] Available at: <http://www.uv.es/rosado/courses/CINS/CINS-parteVII.pdf> [Accessed 15 Jun. 2016].
- [12] **Educaciones.cubaeduca**, (2016). [online] Available at: <http://educaciones.cubaeduca.cu/medias/pdf/2453.pdf> [Accessed 15 Jun. 2016].
- [13] **Educaciones.cubaeduca**, (2016). [online] Available at: <http://educaciones.cubaeduca.cu/medias/pdf/2452.pdf> [Accessed 15 Jun. 2016].
- [14] **Microautomacio.com**, (2016). [online] Available at: <http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual021IntroduccionalaNeumatica.pdf> [Accessed 15 Jun. 2016].
- [15] **Circuitos-hidraulicos-y-neumaticos.blogspot.pe**. (2016). Circuitos Hidráulicos y Neumáticos: 1.1 Conceptos básicos de la neumática. [online] Available at: <http://circuitos-hidraulicos-y-neumaticos.blogspot.pe/p/conceptos-basicos-de-la-neumatica.html> [Accessed 15 Jun. 2016].
- [16] **Oficina Técnica**, (2016). [online] Available at: <http://oficinatecnica.webs.uvigo.es/present1/Neumatica.pdf> [Accessed 15 Jun. 2016].
- [17] **Aie.com**, (2016). [online] Available at: <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/articulos/agosto-06.pdf> [Accessed 15 Jun. 2016].

- [18] **Emb.cl.** (2016). Revista Electro industria - Protocolos de Comunicación Industrial. [online] Available at: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=562> [Accessed 15 Jun. 2016].
- [19] **Conacin,** (2016). [online] Available at: http://conacin.upeu.edu.pe/wpcontent/uploads/2014/10/CIn_3415.pdf [Accessed 15 Jun. 2016].
- [20] **lied.org,** (2016). [online] Available at: <http://pubs.iied.org/pdfs/G00684.pdf> [Accessed 15 Jun. 2016].
- [21] **Convencionmineta.com,** (2016). [online] Available at: <http://www.convencionminera.com/perumin31/encuentros/tecnologia/miercoles18/1010-Edward-Medina.pdf> [Accessed 15 Jun. 2016].
- [22] **Tecnologiaminera.com.** (2016). Tecnología Minera | Biblioteca Virtual. [online] Available at: <http://www.tecnologiaminera.com/tm/biblioteca/articulo.php?id=166> [Accessed 15 Jun. 2016].
- [23] **Scribd.** (2016). Control de Motores Eléctricos. [online] Available at: <https://es.scribd.com/doc/41366202/Control-de-Motores-Electricos> [Accessed 15 Jun. 2016].
- [24] **prezi.com.** (2016). MEDICIÓN DE NIVEL, SENSORES Y PRINCIPIOS. [online] Available at: <https://prezi.com/ggbmlo3r5aty/medicion-de-nivel-sensores-y-principios/> [Accessed 15 Jun. 2016].
- [25] **Valvulasymedidores.com.** (2016). Válvulas de Cuchilla Válvulas de Cuchillas Válvula de Cuchilla. [online] Available at: http://www.valvulasymedidores.com/valvulas_de_cuchilla.html [Accessed 15 Jun. 2016].
- [26] **Metroinstruments.com.** (2016). [online] Available at: <http://www.metroinstruments.com/descargas/descarga.php?id=28> [Accessed 15 Jun. 2016].
- [27] **Smar.com.** (2016). Qué es PROFIBUS? | SMAR - Mejorando su Proceso y

Rentabilidad. [online] Available at: <http://www.smar.com/espanol/profibus> [Accessed 15 Jun. 2016].

[28] Senati, (2016). [online] Available at: <http://www.senati.edu.pe/web/sites/default/files/galeria/ZONAL%20HUANCAYO/ELECTRICIDAD%20INDUSTRIAL/VARIADORES%20DE%20FRECUENCIA%20EN%20UN%20SISTEMA%20DE%20CONTROL%20DISTRIBUIDO%20-%20DCS.pdf> [Accessed 15 Jun. 2016].

[29] Schneider Electric, (2016). [online] Available at: http://automata.cps.unizar.es/bibliotecaschneider/VVD/Iniciacion_VVD.pdf [Accessed 15 Jun. 2016].

[30] Scribd. (2016). Sultan Manual 2007 SPANISH. [online] Available at: <https://es.scribd.com/doc/232947035/Sultan-Manual-2007-SPANISH> [Accessed 15 Jun. 2016].

[31] Clarkson, (2016). [online] Available at: <http://flosource.com/wp-content/uploads/2011/10/Clarkson-KGF-Brochure.pdf> [Accessed 15 Jun. 2016].

[32] Festo, (2016). [online] Available at: https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ENUS/PDF/US/D-REGULATORS_ENUS.PDF [Accessed 15 Jun. 2016].

[33] Festo, (2016). [online] Available at: https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ES/PDF/ES/VACS_ES.PDF [Accessed 15 Jun. 2016].

[34] Rockwell Automation, (2016). [online] Available at: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/20b-um002_-en-p.pdf [Accessed 15 Jun. 2016].

[35] Vasconez, J. (2012). Controlador lógico programable. [online] Available at: <http://es.slideshare.net/dorissaravia/controlador-lgico-programable> [Accessed 15 Jun. 2016].

ANEXOS

ANEXO 1

**Control^{IT}
AC 800M Controller**

the modular and scalable process controller



AC 800M is a modular, scalable and energy-efficient industrial controller belonging to ABB's Control™ family. It is configured and programmed with Control Builder M, a fully Windows 2000-integrated application.

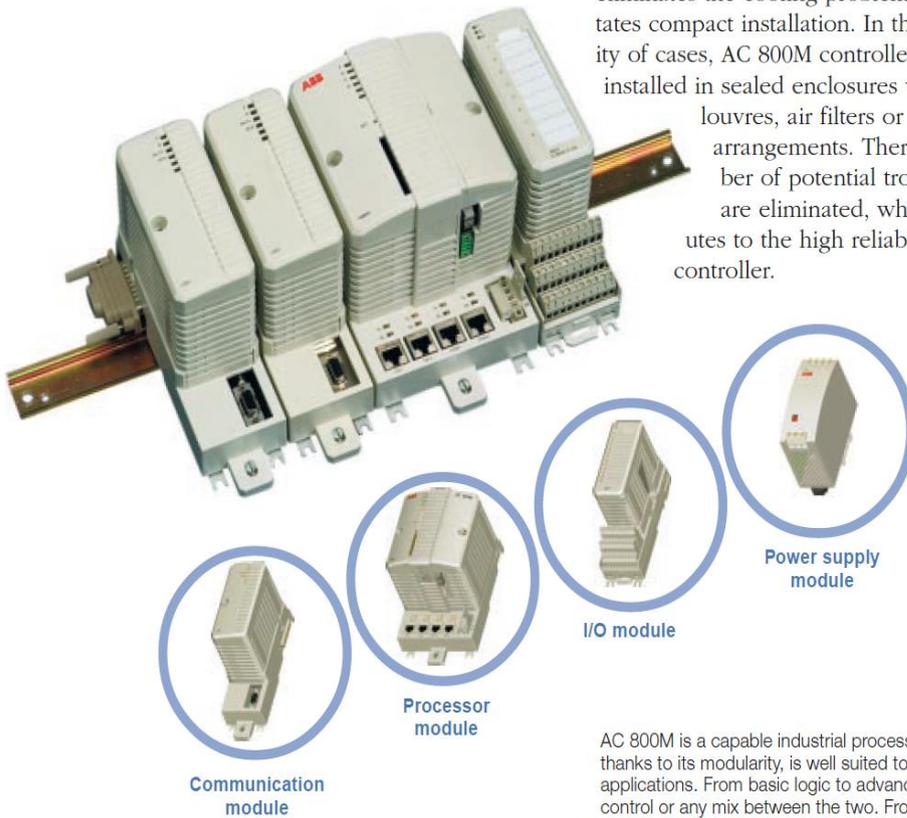
The controller is very capable and well suited to a wide range of applications. From basic logic to advanced regulatory control or any mix between these two. From only a handful of I/O points to thousands of them, installed locally or remotely. It is communicative too by supporting the IEEE 802.3 (Ethernet), PROFIBUS-DP/DP-V1, HART and several RS 232C protocols. And it supports calibration and diagnosis of HART-compatible field devices from a central system point.

The unit mounts on a DIN rail and interfaces with ABB's S800 I/O system directly, by electrical or fiber-optic bus extension cable, or remotely by PROFIBUS-DP/DP-V1.

Thanks to this modularity and scalability, AC 800M is a feasible proposition for a wide range of industrial control applications, small or large, logic or loops, centralized or distributed.

Redundancy is available at a number of critical levels, i.e. control networks, processor modules, power supplies, fieldbus media, and process inputs/outputs. Thereby, the controller offers powerful ways of improving availability in critical applications.

A feature, common to all AC 800M modules, is low power consumption, which all but eliminates the cooling problem and facilitates compact installation. In the vast majority of cases, AC 800M controllers can be installed in sealed enclosures without fans, louvres, air filters or similar arrangements. Thereby, a number of potential trouble factors are eliminated, which contributes to the high reliability of the controller.



AC 800M is a capable industrial process controller which, thanks to its modularity, is well suited to a wide range of applications. From basic logic to advanced regulatory control or any mix between the two. From only a handful of I/O points to thousands of them.

Hardware

AC 800M consists of modules to be installed on DIN rails. Each module consists of a detachable unit and a base that are screwed together. The base carries all “external” connections, to/from the module, e.g. power supply as well as process and communication signals.

The heart of the controller is the central processor module and its base. The module is equipped with battery backed-up RAM to protect against power failures typically for a month. If longer back-up time is required an external battery back-up module can be installed.

Two processor modules can be connected in a redundant configuration with a maximum change-over time of 10 ms in case of trouble. That is equivalent to bumplessness in the vast majority of cases.

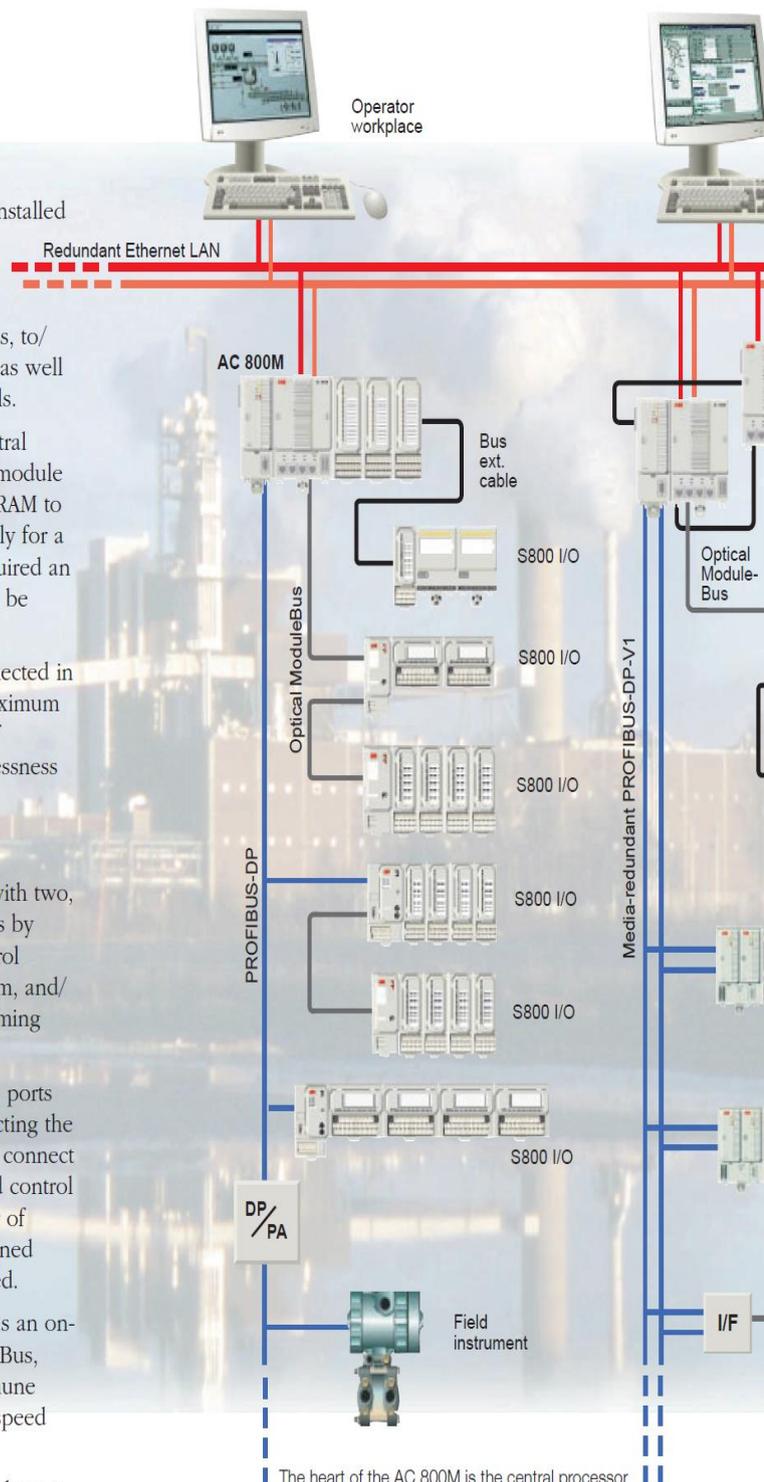
Wide-ranging connectivity

The processor module is equipped with two, on-board, IEEE 802.3 (Ethernet) ports by which it can be connected to a Control Network, a supervisory control system, and/or to the Control Builder M programming tool.

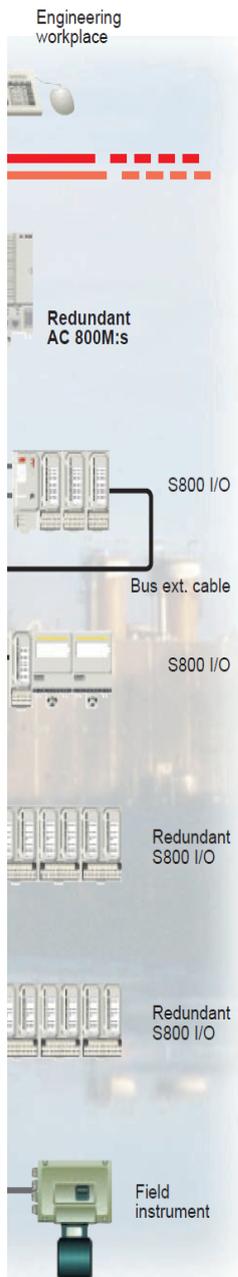
It is also equipped with two RS 232C ports offering an alternative way of connecting the Control Builder and the capability to connect to supervisory systems and dedicated control subsystems on the basis of a number of well-known protocols. Also user-defined protocols may be developed and used.

And finally, the processor module has an on-board port for ABB's Optical ModuleBus, offering cost-effective and noise-immune connection to I/O systems, variable speed drives, etc.

On the left-hand side of the module there is a connector for the Communications Expan-



The heart of the AC 800M is the central processor module. It is equipped with the industry-standard interfaces required to make it expandable in all directions in a multitude of ways.



sion (CEX) bus offering even further communication options. Interface modules for PROFIBUS-DP/DP-V1, HART, RS-232C, ABB's MasterBus 300, ABB's S100 I/O system and ABB's INSUM switchgear intelligence are available. Up to 12 communication modules can be connected, making AC 800M the most communicative industrial controller around.

Vast I/O expandability

On the right-hand side of the processor there is a connector for the S800 I/O electrical module bus to which it is possible to connect up to twelve S800 I/O modules, providing up to 192 S800 I/O points. This kind of basic I/O cluster can be distributed over two DIN rails by a bus extension cable.

The next step in the process of I/O expansion might be using the on-board optical module bus connector. To this bus, a further seven S800 I/O clusters can be connected.

If even further I/O expansion is required then even more I/O clusters can be installed at an even greater distance away, communicating with the parent controller over PROFIBUS-DP field buses. In this way a single AC 800M can manage thousands of I/O points.

I/O redundancy solutions are available at the Optical ModuleBus and PROFIBUS-DP levels as shown in the adjacent block diagram.

PROFIBUS-DP/DP-V1 communication modules

The PROFIBUS-DP/DP-V1 interfaces offer one such bus port (the DP-V1 module also media redundancy). The modules communicate with its host, the processor module, over the CEX bus.

The Profibus modules of AC 800M serve as bus master and handle cyclic reads and

writes from/to the slaves on the bus. The cycle time depends on the baud rate and the number of slaves attached.

When using repeaters, a maximum of 124 nodes can be connected to one bus, although the maximum number of nodes per segment is 32.

The maximum cable length is 100 – 1200 m, depending on baud rate.

RS 232C communication module

The RS 232C communication module of AC 800M offers two additional RS 232C ports with RJ45 sockets, both with full modem support.

The transmission speed is selectable from 75 to 19200 Baud.

Power supply units

Currently there are three power supply units in the AC 800M product family: SD821, SD822 and SD823. All three are of the switching type, converting mains a.c. voltage to regulated 24 V d.c. The three converters are rated 2.5, 5 and 10 A d.c.. The input voltage is switch-selectable 115 / 230 V a.c..

The soft start function of the converters reduces inrush currents and bridges power interruptions, which reduce the risk of undesirable trips.

All three supply units can be used in non-redundant and redundant applications. A voting unit, SS822, is available for controlling the power supply in the latter case.

External battery module

The battery unit is intended as an external energy source for longer back-up of the AC 800M controller than provided for as standard. The unit is delivered with a special 2 m long cable for connection to the processor module.



Control Software, the firmware and library software of AC 800M, offers a wide range of industrial control functionality. From binary logic to advanced regulatory control. From discrete process signals to high-level objects.

Software

In terms of functional capabilities, AC 800M is just as flexible. It runs ABB's scalable Control Software, thereby providing a vast range of control and communication functionality, including:

- ◆ *basic data types and functions*, e.g. type conversions, math, logic gates, flip-flops, timers and counters, as specified by the IEC 61131-3 standard.
- ◆ *communications*, enabling AC 800M to take part in single or redundant Control Networks as both server and client, thereby facilitating interaction with other systems, e.g. other controllers, OPC servers, operator – and engineering – stations, etc.

The software also supports a number of well-known, third-party, communication protocols on both Ethernet and RS-232C, providing easy connectivity to a wide range of third-party equipment.

- ◆ *process object handling*, offering ready-to use function blocks for frequently occurring plant devices such as motors and valves. This approach offers great benefits to both control engineers and plant operators,

- ◆ *regulatory control*, offering ready-to use function blocks for single and cascaded PID control loops, with digital or analog output and an impressive set of functional options – including autotuning.
- ◆ *batch control* to the industry standards.
- ◆ *advanced PID control* and adaptive regulatory control.
- ◆ *advanced object-oriented process control* by means of a construct called Control Modules.
- ◆ *sequence-of-events identification*, offering valuable help in fault-finding situations.
- ◆ *Fuzzy logic control*.

Option:

- ◆ *integration with Operate^{IT} Process Portal*, ABB's production supervision solution.

The unit is configured, programmed and handled with Control Builder M, which is fully Windows 2000-integrated software supporting all five of the programming languages specified by the IEC 61131-3 standard.

The functionality available from Control Software depends on the license level chosen for Control Builder M. For more information on this connection, see separate documentation on the latter software.

As part of its Industrial^{IT} activities ABB has developed a long-term strategy of offering a comprehensive range of products and systems for industrial applications. At the heart of this strategy is the Aspect ObjectsTM concept which allows users access to all control and information systems within the enterprise and to assemble the information they require in a format best suited to their needs. Users are able to extend, modify and migrate their systems without difficulty.

ABB has developed a suite of human-system interfaces which combines comprehensive process know-how and experience with advanced software functionality. Based on the Windows[®] platform, these user interfaces provide a consistent method for accessing enterprise-wide systems and for launching multiple applications from any connected workstation in a plant or office.

Automation Technologies within ABB offers a complete range of Industrial IT products, from individual programmable controllers to complete control systems for complex plants. These products are sold and supported by the worldwide network of ABB. If you would like to know more about the products please contact your local office or visit our website at www.abb.com/controlsystems.



Automation Technologies
SE-721 59 Vasteras, Sweden
Phone: +46 (0) 21342000
Fax: +46 (0) 21137845
www.abb.com/controlsystems
e-mail: processautomation@se.abb.com

Automation Technologies
29801 Euclid Avenue
Wickliffe, Ohio 44092, USA
Phone: +1 440 585 8500
Fax: +1 440 585 8756
www.abb.com/controlsystems
e-mail: industrialitsolutions@us.abb.com

Automation Technologies
Dudenstraße 44-46
D-68167 Mannheim, Germany
Phone: +49 (0) 1805 266776
Fax: +49 (0) 1805 776329
www.abb.de/controlsystems
e-mail: marketing.control-products@de.abb.com

3BSE023957R0401

© Copyright 2004 ABB. All rights reserved.

Specifications subject to change without notice. Pictures, schematics and other graphics contained herein are published for illustration purposes only and do not represent product configurations or functionality. User documentation accompanying the product is the exclusive source for functionality descriptions.

The Industrial^{IT} wordmark and all above-mentioned product names to the same format are registered or pending trademarks of ABB.

ANEXO 2

MEDICION DE NIVEL DE NO CONTACTO
Transmisor de Nivel de Onda Acústica
SULTAN 234 - SULTAN 2



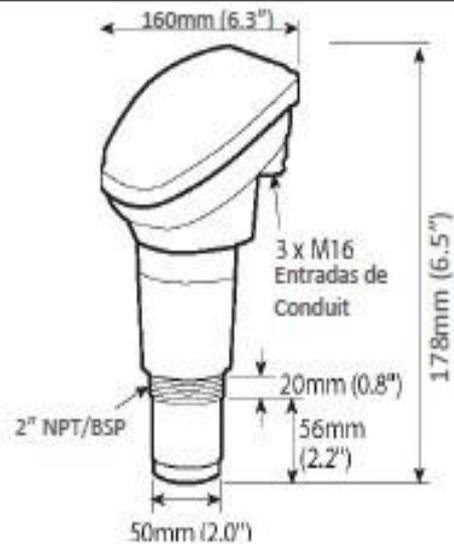
DIMENSIONES

UNIDAD INTEGRAL

AWI2SX30/40/50

AWI234SX30/40/50

2 pulgadas

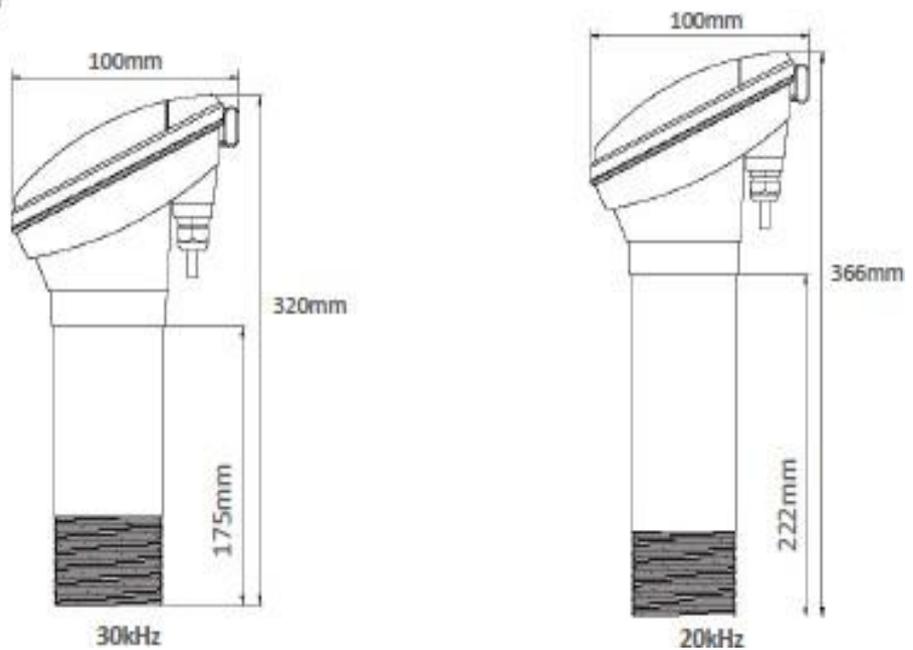


VERSION INTEGRAL (2 Relevadores)

AWI2SX20/30

AWI234SX20/30

3 pulgadas



DIMENSIONES

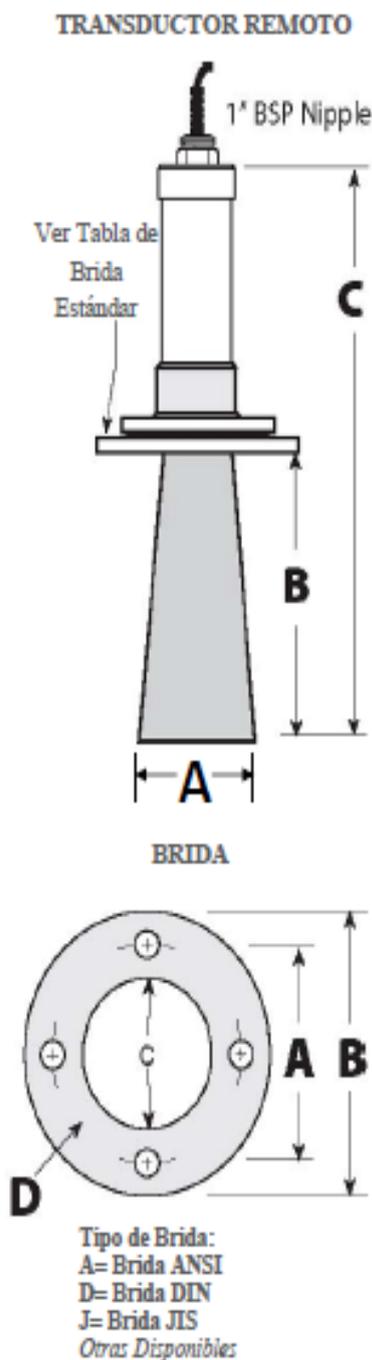


TABLA DE TRANSDUCTOR ESTANDAR REMOTO

| MODELO | A | | B | | C | |
|--------------------|------|-----|-----|------|------|------|
| | mm | pul | mm | pul | mm | pul |
| AWRT5 (10") | 236 | 9.2 | 520 | 20.4 | 1192 | 46.9 |
| AWRT10 (8") | 195 | 7.6 | 290 | 11.4 | 609 | 24.0 |
| AWRT10 (10") | 236 | 9.2 | 470 | 18.5 | 829 | 32.6 |
| AWRT15 (8") | 195 | 7.6 | 330 | 12.9 | 649 | 25.5 |
| AWRT15 (10") | 236 | 9.2 | 515 | 20.3 | 834 | 32.8 |
| AWRT20 (4") | 98.5 | 3.9 | 285 | 11.2 | 543 | 21.3 |
| AWRT20 (6") | 145 | 5.7 | 400 | 15.7 | 658 | 25.5 |
| AWRT530/40/50 (4") | 98.5 | 3.9 | 285 | 11.2 | 493 | 19.4 |

NOTA: PARA OTROS TAMAÑOS DE CONOS CONSULTAR A FABRICA

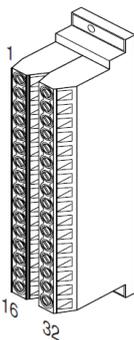
DIMENSIONES ESTANDARES DE BRIDAS ANSI/DIN/JIS

| TIPO BRIDA | A(PCD) | | B(OD) | | C(ID) | | D(Orificio) | |
|------------|--------|------|-------|------|-------|-----|-------------|------|
| | mm | pul | mm | pul | mm | pul | mm | pul |
| FCA4 | 190.5 | 7.5 | 228 | 9.0 | 100 | 4 | 19 | 0.75 |
| FCD4 | 180 | 7.0 | 220 | 8.7 | 100 | 4 | 18 | 0.7 |
| FCJ4 | 175 | 6.9 | 210 | 8.4 | 100 | 4 | 15 | 0.6 |
| FCA6 | 241 | 9.5 | 279.5 | 11.0 | 150 | 6 | 22 | 0.85 |
| FCD6 | 240 | 9.4 | 285 | 11.2 | 150 | 6 | 22 | 0.85 |
| FCJ6 | 240 | 9.4 | 280 | 11.0 | 150 | 6 | 19 | 0.75 |
| FCA8 | 298.5 | 11.8 | 343 | 13.5 | 200 | 8 | 22 | 0.85 |
| FCD8 | 295 | 11.6 | 340 | 13.4 | 200 | 8 | 22 | 0.85 |
| FCJ8 | 290 | 11.4 | 330 | 13.0 | 200 | 8 | 19 | 0.75 |
| FCA10 | 362 | 14.3 | 406 | 16.0 | 250 | 10 | 25 | 1.0 |
| FCD10 | 350 | 13.8 | 395 | 15.6 | 250 | 10 | 22 | 0.85 |
| FCJ10 | 355 | 14.0 | 400 | 15.7 | 250 | 10 | 23 | 0.9 |

NOTA: OTROS TAMAÑOS DE BRIDAS ESTAN DISPONIBLES

ANEXO 4

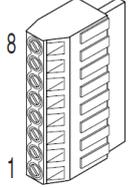
Figura 1.7 Bloque de Terminales de E/S

| No. | Señal | Valor Predeterminado de Fábrica | Descripción | Parám. Relacionado | |
|---|--|---------------------------------|---|--|-----------|
|  | 1 | Ent. anlg. 1 (-) ⁽¹⁾ | ⁽²⁾ | Aislado ⁽³⁾ , bipolar, diferencial, ± 10 V/ 4-20 mA, 11 bit y signo, impedancia de entrada de 88k ohm. El funcionamiento a 4-20 mA requiere hacer un puente entre los terminales 17 y 18 (o 19 y 20). | 320 - 327 |
| | 2 | Ent. anlg. 1 (+) ⁽¹⁾ | | | |
| | 3 | Ent. anlg. 2 (-) ⁽¹⁾ | | | |
| | 4 | Ent. anlg. 2 (+) ⁽¹⁾ | | | |
| 5 | Pot. Común | - | Para referencias de pot. de 10 V (+) y (-). | | |
| 6 | Sal. anlg. 1 (-) | ⁽²⁾ | Bipolar (la salida de corriente no es bipolar), ± 10 V/4-20 mA, 11 bit y signo, el modo Tensión – limita corriente a 5 mA. Modo intensidad – resistencia de carga máx. es 400 ohms. | 340 - 347 | |
| 7 | Sal. anlg. 1 (+) | | | | |
| 8 | Sal. anlg. 2 (-) | | | | |
| 9 | Sal. anlg. 2 (+) | | | | |
| 10 | Entrada 1 CTP HW | - | 1.8k ohm CTP, Resistencia interna de 3.32k ohm extraíble | 238 - 259 | |
| 11 | Sal. Digit. 1 – N.C. ⁽⁴⁾ | Fallo | Carga Resistiva Máxima: 240 V CA/30 V CC – 1200 VA, 150 W Corriente Máxima: Carga Mín. 5 A: 10 mA Carga Inductiva Máxima: 240 V CA/30 V CC – 840 VA, 105 W Corriente Máxima: Carga Mín. 3.5 A: 10 mA | 380 - 391 | |
| 12 | Sal. Digit. Común 1 | | | | |
| 13 | Sal. Digit. 1 – N.A. ⁽⁴⁾ | NO es fallo | | | |
| 14 | Sal. Digit. 2 – N.C. ⁽⁴⁾ | NO se ejecutó | | | |
| 15 | Salida Digital 2/3 Com. | | | | |
| 16 | Sal. Digit. 3 – N.A. ⁽⁴⁾ | Marcha | | | |
| 17 | Corriente en Puente ⁽¹⁾ – Ent. anlg. 1 | | La instalación de un puente entre los terminales 17 y 18 (o 19 y 20) configurará dicha entrada analógica para corriente. | | |
| 18 | Ent. anlg. 1 | | | | |
| 19 | Corriente en Puente ⁽¹⁾ – Ent. anlg. 2 | | | | |
| 20 | Ent. anlg. 2 | | | | |
| 21 | Ref. Pot. -10 V | - | Carga mínima de 2k ohm. | | |
| 22 | Ref. Pot. +10 V | - | | | |
| 23 | Entrada 2 CTP HW | - | Vea arriba | | |
| 24 | +24 VCC ⁽⁵⁾ | - | Potencia de entrada lógica suministrada por el variador. ⁽⁵⁾ | | |
| 25 | Ent. Digital Común | - | | | |
| 26 | 24 V Común ⁽⁵⁾ | - | Común para alimentación eléctrica interna. | | |
| 27 | Ent. Digital 1 | Paro - BF | 115 V CA, 50/60 Hz - Opto aislado Estado Bajo: menor que 30 V CA Estado Alto: mayor que 100 V CA 24 V CC - Opto aislado Estado Bajo: menor que 5 V CC Estado Alto: mayor que 20 V CC 11.2 mA CC | 361 - 366 | |
| 28 | Ent. Digital 2 | Arranque | | | |
| 29 | Ent. Digital 3 | Auto/Manual | | | |
| 30 | Ent. Digital 4 | Sel. vel. 1 | | | |
| 31 | Ent. Digital 5 | Sel. vel. 2 | | | |
| 32 | Ent. Digital 6/ Habilitación de Hardware, vea la pág. 1-18 | Sel. vel. 3 | | | |

- (1) **Importante:** El funcionamiento de 4-20 mA requiere hacer un puente entre los terminales 17 y 18 (o 19 y 20). Si no se instala el puente puede ocurrir daño al variador.
- (2) Estas entradas/salidas dependen de varios parámetros (consulte "Parámetros Relacionados").
- (3) Aislamiento Diferencial - La fuente externa debe mantenerse a menos de 160 V con respecto a PE. La entrada proporciona inmunidad al modo común.
- (4) Los contactos están en estado desactivado. Cualquier relé programado como Fallo o Alarma se energizará al aplicarle potencia al variador y se desenergizará al ocurrir un fallo o una alarma. Los relés seleccionados para otras funciones únicamente se energizarán cuando exista la condición y se desenergizarán al eliminar la condición.
- (5) Carga máxima de 150 mA. No está presente en versiones de 115 V.

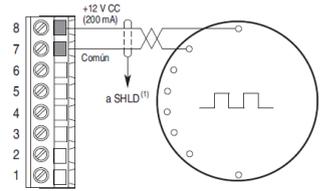
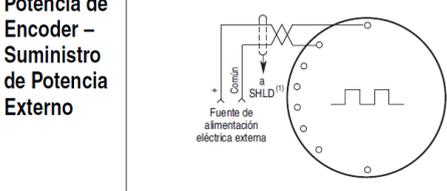
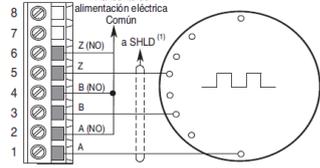
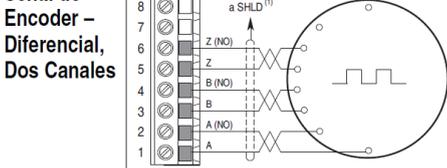
Bloque de Terminales del Encoder

Tabla 1.H Designaciones en el Bloque de Terminales del Encoder

| | No. | Descripción (consulte la página A-3 para las especificaciones del encoder) | |
|--|-----|--|--|
| Vea el "Detalle" en la Figura 1.6  | 8 | Alimentación eléctrica de +12 V ⁽¹⁾ CC | Suministro de potencia interior 250 mA. |
| | 7 | +12 V ⁽¹⁾ CC Retorno (Común) | |
| | 6 | Encoder Z (NOT) | Entrada de impulso, marcador o de registro. ⁽²⁾ |
| | 5 | Encoder Z | |
| | 4 | Encoder B (NOT) | Entrada de cuadratura B. |
| | 3 | Encoder B | |
| | 2 | Encoder A (NOT) | Un solo canal o cuadratura de entrada A. |
| | 1 | Encoder A | |

- (1) La tensión seleccionable por conexión en puente de +5/12 V está disponible en Tarjetas de Encoder 20B-ENC-1.
- (2) Se puede utilizar el canal Z como entrada de impulso mientras A y B se utilizan para el encoder.

Figura 1.8 Ejemplo de Cableado del Encoder

| E/S | Ejemplo de Conexión | E/S | Ejemplo de Conexión |
|---|---|---|--|
| Potencia de Encoder – (1)Potencia Interna del Variador Interna (variador) 12 V CC, 250 mA |  | Potencia de Encoder – Suministro de Potencia Externo |  |
| Señal de Encoder – Un Solo Extremo, Dos Canales |  | Señal de Encoder – Diferencial, Dos Canales |  |

(1) La conexión SHLD se encuentra en el chasis del variador (vea la [Figura 1.3 en la página 1-10](#)).

Circuito habilitación de hardware

Por defecto, el usuario puede programar una entrada digital como entrada de habilitación. El *software del variador interpreta* esta entrada. Si la aplicación requiere que se inhabilite el variador *sin* interpretación del software, se puede utilizar una configuración “dedicada” de habilitación de hardware. Esto se logra mediante la eliminación de un puente y el cableado de la entrada de habilitación en “Ent. Digital 6”.

1. Retire el Casete de Control de E/S y la cubierta según se describe en la [página 1-16](#).
2. Localice y retire el puente J10 en el Tablero de Control Principal (vea el diagrama).
3. Vuelva a ensamblar el casete.
4. Habilite el Cableado a “Ent. Digital 6” (vea la [Figura 1.7](#)).
5. Verifique que el parámetro 366 [Sel. ent digit 6] esté establecido en “1, Habilitar.”

