



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

Desarrollo de un sistema de control automático para el trabajo eficiente en la operatividad
de las electrobombas sumergibles en las empresas mineras de socavón

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista**

AUTORES:

Jhonatan García Ibañez (ORCID: 0000-0001-8952-7041)

José Valderrama Contreras (ORCID: 0000-0001-8602-9389)

ASESOR:

Dr. Ricardo Prado Gardini (ORCID: 0000-0002-9135-2663)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

Trujillo – Perú

2019

Dedicatoria

Esta tesis la dedico con amor y mucho anhelo a mi amada esposa Yuliana Paredes, por creer en mi capacidad y darme soporte todo este tiempo. Aunque hemos pasado por dificultades, siempre ha estado brindándome su comprensión y amor. A mi querido y muy amado hijo Gael García, por ser parte muy importante en mi vida para superarme y luchar para poder darle un futuro mejor. A mis padres por haberme brindado su apoyo incondicional a cada momento, por ellos soy lo que soy y muchos de mis logros, se los debo a ellos, porque siempre estuvieron a mi lado brindándome sus consejos para ser una mejor persona. A todos mis amigos que compartieron sus conocimientos sin esperar nada a cambio. Por último, a todas aquellas personas que mi vida universitaria estuvo a mi lado apoyándome y lograr esta meta tan anhelada. Gracias a todos

En primer lugar, a Dios por haber permitido llegar hasta donde estoy, sin él nada de esto hubiese sido posible. Gracias a su misericordia y bondad por sus cuidados y darme salud. A mi querido hijo José Gabriel Valderrama Medina que es mi inspiración para poder seguir adelante y brindarle un futuro mejor. A mis queridos padres por cumplir un rol muy importante para el avance y bienestar en mis objetivos, Ellos son el motor y motivo para todo el esfuerzo que he realizado hasta este momento. Por haberme brindado su amor, su confianza y sobre todo sus consejos para poder perseverar en los logros que quiero alcanzar.

García Ibañez, Jhonatan Leopoldo
Valderrama Contreras, José Luis

Agradecimiento

A Dios señor nuestro por permitirnos y a ayudarnos a cumplir esta meta tan anhelada que hemos estado siguiendo.

A nuestros padres por haber puesto su confianza en nosotros y darnos todo el apoyo incondicional tanto moral como monetario, todo el trabajo realizado no hubiese sido posible sin el apoyo de ellos.

A nuestra querida escuela profesional Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Cesar Vallejo de la ciudad de Trujillo y a nuestros amigos y diversos familiares quienes aconsejaron para seguir adelante.

García Ibañez, Jhonatan Leopoldo
Valderrama Contreras, José Luis

Página del jurado

Página del jurado

Acta de autenticidad


Nosotros: García Ibañez, Jhonatan Leopoldo y Valderrama Contreras, Jose Luis identificados con DNI N° 45548370 y 45648681 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Ingeniería Mecánica y Eléctrica, declaro bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces obtenidos como resultado de investigación.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo 18 de Julio del 2019



García Ibañez, Jhonatan Leopoldo



Valderrama Contreras, Jose Luis

Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Acta de autenticidad	vi
Índice	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad problemática	1
1.2. Trabajos previos.....	2
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	6
1.3.1. Bomba hidráulica.....	6
1.3.2. Tipo de bomba hidráulica	6
1.3.3. Electrobomba sumergible	6
1.3.4. Fórmulas de aplicación en las electrobombas sumergibles	11
1.3.5. Aplicaciones de las electrobombas sumergibles	13
1.3.6. Sistemas de automatización industrial.....	13
1.4. Formulación del problema	19
1.5. Justificación de estudio	20
1.6. Hipótesis	20
1.7. Objetivo general.....	20
1.7.1. Objetivos específicos	20
II. MÉTODO.....	21
2.1. Diseño de investigación	21
2.1.1. Tipo de investigación	21
2.1.2. Método.....	21
2.1.3. Diseño.....	21
2.2. Población y Muestra	24
2.2.1. Población	24
2.2.2. Muestra	24
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	24

2.3.1. Técnica.....	24
2.3.2. Instrumentos	24
2.3.3. Validez.....	25
2.4. Procedimiento	25
2.4.1. Análisis de recopilación de datos	25
2.5. Métodos de análisis de datos	28
2.6. Aspectos éticos	28
III. RESULTADOS.....	29
3.1. Variables de medición	29
3.1.1. Disponibilidad	29
3.1.2. Calculo de la Disponibilidad.	31
3.2. Selección de equipos, controladores y sistema sensitivo.....	34
3.2.1. Selección de Electrobomba sumergible.....	34
3.2.2. Análisis de bombas para implementación.	42
3.2.3. Sistema de control	45
3.2.4. Sistema sensitivo	47
3.3. Desarrollo del programa controlador	50
3.3.1. El autómatas programable o PLC modelo S7 200 de Siemens.....	52
3.3.2. Descripción del S7-200 Siemens.....	53
3.3.3. Comunicación vía puerto serial	56
3.3.4. Descripción del módulo de comunicación Ethernet modelo CP 243-1.....	57
3.3.5. Conexión inicial al CPU-224XP	59
3.3.6. Servidor OPC PC Access SP2.....	63
3.3.7. La interfaz para el operador WinCC flexible (SCADA).....	64
3.4. Validación del sistema de control automático	66
3.5. Evaluación costo beneficio del proyecto	67
3.5.1 Costo total del sistema de control automático.	68
3.5.2 Beneficio del proyecto.....	69
IV. DISCUSIÓN	73
V. CONCLUSIONES	75
VI. RECOMENDACIONES	76
REFERENCIAS	77
ANEXOS	78

RESUMEN

El siguiente proyecto de investigación surge debido a que en la empresa CIA GREER SAC Dedicada exclusivamente a alquilar electrobombas sumergibles para las empresas mineras, normalmente esta empresa tiene diversas Electrobombas con un sistema convencional y trabajan mecánicamente. En la cual hemos visto una necesidad esencial debido a que sus electrobombas tienden a quemarse muy seguidos debido a sobrecalentamiento y otros problemas más. Por lo tanto, esto genera un gasto excesivo en mantenimientos correctivos, perjudicando a la rentabilidad de esta empresa.

Esta tesis propone utilizar los conocimientos y herramientas necesarias en la ingeniería mecánica eléctrica para realizar un diseño personalizado de un sistema de control automático. El objetivo principal de este proyecto es la de implementar un sistema de control automático para mejorar la eficiencia en la operatividad de la electrobomba sumergible y para ello lo primero que se realizó es un análisis de la disponibilidad de las electrobombas con uso convencional para determinar qué tan operativa se encuentra las maquinas en el tiempo.

Las herramientas que hemos utilizado de la ingeniería, es un software para programar un controlador PLC, análisis de disponibilidad y análisis económico. Esto ayudo a obtener diversas informaciones y realizar el proyecto con eficiencia para solucionar el problema principal. Finalmente se puede observar las diversas pruebas en la realidad para calibrar y obtener un buen resultado con la electrobomba total mente automatizada y del mismo modo mejorar la rentabilidad de la empresa.

Palabras Clave: Electrobomba, diseño, disponibilidad, control automático.

ABSTRACT

The following research project arises because in the company CIA GREER SAC Dedicated exclusively to rent submersible electric pumps for mining companies, normally this company has several electric pumps with a conventional system and work mechanically. In which we have seen an essential need because their electropumps tend to burn very closely due to overheating and other problems. Therefore, this generates an excessive expenditure in corrective maintenance, harming the profitability of this company.

This thesis proposes to use the knowledge and tools necessary in electrical mechanical engineering to carry out a customized design of an automatic control system. The main objective of this project is to implement an automatic control system to improve the efficiency in the operation of the submersible electric pump and for this the first thing that was done is an analysis of the availability of conventional electric pumps to determine how much operative is the machines in time.

The tools that we have used for engineering, is software for programming a PLC controller, availability analysis and economic analysis. This helped to obtain various information and carry out the project efficiently to solve the main problem. Finally you can observe the various tests in reality to calibrate and obtain a good result with the totally automated electric pump and in the same way improve the profitability of the company.

Keywords: Electropump, design, availability, automatic control

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Las compañías mineras en sus actividades diarias realizan múltiples trabajos para transformar las materias primas, para que luego sean procesados y por consiguiente queden productos finales y terminados.

La producción minera básica tiene por función principal, extraer diversos minerales del subsuelo luego pasa por un sistema de procesamiento en donde se funde y refina para dejar el mineral listo para sus múltiples usos o trabajos como artículos eléctricos, ferreteros, artículos personales, etc.

En lo general la explotación de diversos minerales como metales y elementos semejantes, entran a una tarea económica de primer rango, para que las diversas compañías mineras, obtengan altos beneficios de rentabilidad.

El Perú, es reconocido a nivel mundial por ser uno de los países con mayores recursos de materias primas. Siendo la actividad minera uno de los pilares principales de su economía.

Sin embargo, La minería también ha generado diversos conflictos sociales en varias regiones de nuestro país dado que su instalación se ha hecho sin respetar el medio ambiente produciendo daños irreversibles a su entorno.

Existe un tipo de minería denominada subterránea o socavón donde el mineral se encuentra en la profundidad de las montañas rocosas o subsuelos. Ello requiere hacer perforaciones profundas para acceder a la misma. En este caso las excavaciones se realizan mediante túneles que pueden ser horizontales, verticales y diagonales hasta conectar con zonas ricas en mineral.

También hay que considerar que en este tipo de minas hay presencia de aguas ácidas que salen del subsuelo y estas dañan en altas consideraciones a diversos elementos de reforzamiento o sostenimiento. Este elemento ácido corroe los distintos materiales como elementos ferrosos, aceros y también daña la consistencia del concreto. Esto al pasar del tiempo pierde su estabilidad y efectividad, trayendo

consecuencias peligrosas para el personal que trabaja dentro de los socavones en cuanto a derrumbes o caídas de rocas.

La Empresa CIA GREER SAC (RUC: 20559967841) es una empresa especializada en sistemas de bombeo y ventilación para aplicaciones mineras e industriales. Alquilan, reparan (mantenimiento preventivo y correctivo) y administran electrobombas y ventiladores. Son profesionales en ingeniería y proyectos de bombeo de todo tipo de aguas y ventilación minera e industrial. En su amplia experiencia en el rubro de sistemas de bombeo, han identificado problemas en las electrobombas tales como: la falta de control, el poco tiempo de supervisión que se puede efectuar dentro de la mina, la demora logística en la entrega, la falta de datos para encontrar la falla en el equipo, etc.

En este trabajo se propone una estrategia de control automático de las electrobombas sumergibles para mejorar la inspección y evitar inoperatividad total del equipo.

1.2. Trabajos previos

Ojeda (2012), en la tesis titulada *Diseño de un sistema de automatización industrial para el sistema de bombeo de aguas acidas (Unidad Minera Yanacocha – Cajamarca)*

La finalidad de esta investigación es realizar un sistema de control automático para bombear aguas acidas de las minas, porque el agua es un elemento principal y considerable para las operaciones en las minas o en cualesquiera de proyectos mineros nuevos. Según estudios el agua es una buena opción de suministro ya que este elemento se encuentra muchas veces cerca de las minas o en esta propia.

Por ejemplo, la mina Yanacocha, es una mina que su objetivo principal es beneficiarse con la explotación y producción de oro. En su planta llamada Maqui Maqui, los trabajos consisten en explotar el mineral a tajo abierto. Los minerales que se extrae, la empresa ya no requiere de algunos procesos como tratamiento previo o molienda, porque su composición es por óxidos, materiales porosos o

materiales de fácil percolación. Cuando los materiales ya se encuentran fuera de la solución el precipitado es totalmente fundido y estas barras contienen plata y oro.

En las acciones de un sistema de bombeo y desagüe de la propia mina, por naturaleza esta produce residuos ácidos y por consiguiente serán despojados al medio ambiente y para contra arrear la consecuencia ácida dañina se requiere de un sistema de bombeo y neutralización. Con esto evitamos el problema de la contaminación y subsanando la calidad del agua subterránea. Se debe también hacer tratamiento al agua de los drenajes de la propia mina, para erradicar ciertos derrames de sustancias maliciosas y recubrir las áreas de almacenamiento de los materiales maliciosos o tóxicos. Esto con el fin de evitar los daños irreparables que se puedan hacer a las poblaciones más cercanas.

Delgado (2013), en la tesis titulada *Ingeniería de detalles de una planta elevadora de aguas servidas de capacidad $q=11,5$ l/s y $h=6,0$ m. de bombas sumergibles*

Este documento presenta el proceso de cálculo para una pequeña planta elevadora de aguas servidas, con una bomba en operación, más una de respaldo, y la ingeniería de detalles de una planta tipo con una capacidad de 11,5 l/s y una altura de elevación geométrica igual a 6 metros, usando bombas centrífugas sumergibles. También se incluye el apoyo teórico, criterios para los cálculos hidráulicos necesarios para su diseño, planos generales, detalles de las cámaras y sus elementos interiores más importantes.

Robayo, Silva y Mosquera (2015), en la tesis titulada *Sistema de control automatizado en planta de cargue de agua potable para camiones cisterna*

El siguiente proyecto consiste en el diseño e implementación de un sistema de control automático para automatizar la planta llamada la “Esmeralda” que está ubicada hacia el norte de la ciudad Neiva, la aplicación que haces es la de cargar agua potable en camiones cisterna. Para ello se hace la instalación de un conjunto de equipos electrónicos para controlar las bombas y válvulas del tanque de almacenamiento y para ello se hizo un acondicionamiento para ubicar y posicionar el sensor ultrasónico, que es parte fundamental para el monitoreo en esta actividad. Por lo tanto, esto hace que al abrir y cerrar las válvulas estén total mente

monitoreadas, el encendido y apagado de las bombas sumergibles y el nivel del tanque en tiempo real por medio de una interfaz gráfica LabVIEW que a su vez permite tomar los datos del cliente quien hace un requerimiento del servicio y guardarlos en una base de datos. Como resultado de este trabajo, se obtiene una planta completamente automatizada capaz de suministrar de forma automática los volúmenes de agua requeridos por el cliente, todo controlado por medio de una aplicación en LabVIEW que permite monitorear y visualizar en tiempo real los acontecimientos que genera el proceso de cargue de agua potable a los camiones cisterna.

Martínez (2015), en la tesis titulada *Automatización del sistema bombas de abastecimiento*.

Eaton Powering Businesses es una de las empresas con más reconocimiento en el ámbito de la distribución eléctrica y automatización de distintas bombas de abastecimiento de agua en los sistemas TCU por cada persona de inyección.

En la actualidad cuentan con un tanque de almacén con capacidad de 12000 litros, la cual el control solo enciende y apaga las bombas. Sin embargo, la nueva propuesta tiene por finalidad optimizar este sistema de encendido y apagado realizando un sistema de control automático, de igual forma se cuenta con dos bombas alternadas para hacer el cambio entre si con el fin de mantener su optimo estado sin deterioro de las mismas. Estas bombas se están alternando cada 24 horas de trabajo.

Los problemas surgieron ya que los que manipulaban el manejo de las bombas muchas veces se olvidaban de hacer el cambio de las bombas mecánicamente sin embargo estas se apagaban de forma automática por motivo de seguridad y esto traía consigo el problema de no abastecimiento de agua a la prensa de inyección que tiene por consecuencia un deterioro en el material fabricado en las prensas y del mismo modo también el severo daño del TCU la cual su función principal es de mantener el agua a temperaturas estandarizadas, y en caso de algunas anomalías que son consecuencia de falla en el sistema de abastecimiento las resistencias de los

TCU se pueden abrir por alcanzar una temperatura de 250 °C a 300 °C por falta de agua.

Entonces para solucionar este problema se decidió hacer la instalación de un sistema de control automático utilizando un PLC para realizar la programación y que el funcionamiento tenga una manipulación automática.

Yanos y Paredes (2016), en la tesis titulada *Diseño para la optimización de un sistema control, monitoreo y seguridad de la sección intermedia de transporte de combustible de “Corazón”*.

En el siguiente proyecto se tiene por finalidad diseñar un sistema de automatización para modernizar su sistema de poliductos existentes en la empresa “Corazón”. Este sistema tiene como fin modernizar la estación de bombeo convencional.

Esto brindará facilidades como flexibilidad, seguridad y una buena administración. Igualmente, este sistema mejorará la productividad y protegerá al personal, equipos y medio ambiente. También tiene por objetivo reducir manipulaciones humanas en las estaciones de bombeo para evitar diferentes errores de los operarios y cuidar totalmente nuestro medio ambiente.

Guerrero y Liza (2017), en la tesis titulada *Diseño de un sistema automatizado de abastecimiento de agua para el establo de la Empresa Láctea S.A.*

El presente trabajo de investigación se centra en realizar el diseño de un sistema de control automático para abastecer el agua del establo en la empresa LACTEA S.A. Esta se abastece de agua del Proyecto Especial de CHAVIMOCHIC, pero esta llega a las instalaciones de Talsa y de ahí es bombeada a las instalaciones de la empresa LACTEA S.A., que es utilizada principalmente para el consumo del ganado donde actualmente el establo cuenta con más de 4,800 vacunos. Por eso la importancia de contar con agua.

Por diferentes factores, se ve en la necesidad de habilitar un pozo subterráneo de agua de 60 metros de profundidad y que se encuentra a 2.5 Km de distancia del establo, es así que mediante una bomba centrífuga llena un camión cisterna que

suministra de agua a todas las instalaciones que cuentan con más de 100 bebederos, ya que el ganado es agrupado de 30 vacas por lote. En el presente proyecto, se tiene la problemática que ocasiona el desabastecimiento de agua en el establo, en él damos a conocer la importancia de dar una solución debido a lo crítico que es no contar con agua y el nivel bajo de producción; se realizó un estudio de nuevas tecnologías para implementar la automatización del abastecimiento de agua, esto quedara como base para que pueda usarse a fin mejorar procesos similares de sistemas de bombeo para evitar riesgos de personal con el proceso manual.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Bomba hidráulica

La principal función de esta máquina es la de absorber energía mecánica que puede ser producido por un motor eléctrico y otro tipo de fuentes como térmicos, etc. Por lo tanto, estas las transforman en energía de tal manera que transfieren un fluido como energía hidráulica y esta a su vez permite que el fluido pueda transportarse de un punto a otro. A mismos niveles o diferentes como también a distintas velocidades.

1.3.2. Tipo de bomba hidráulica

Bomba centrífuga

Esta es una máquina que consiste en un conjunto de paletones que rotan encerrados dentro de la coraza o cubierta, esta se denomina así porque la cota de presión que se crea es atribuible a la acción centrífuga.

Sus paletones distribuyen energía al fluido por motivo de la fuerza de la misma acción y despojada de todos los refinamientos.

1.3.3. Electrobomba sumergible

Este tipo de bombas (figura 1) son aquellas que actúan con un impulsor totalmente recubierto o aislado a la carcasa. Esta bomba normalmente se somete al fondo del fluido para realizar trabajos de succión y bombeo. Este

equipo tiene una supremacía con respecto a otro tipo de bomba al proporcionar una fuerza para elevar significativamente el fluido ya que esta no necesita de la presión del aire externo para realizar el trabajo de ascenso al mismo fluido.

Características de la electrobomba sumergible

La electrobomba sumergible consta de 3 sistemas bien definidos como son: sistema eléctrico, que está comprendido por los componentes más importantes como el motor eléctrico, contactor, cable de alimentación.

Sistema mecánico y estanqueidad, que comprende a los sellos mecánicos, eje del motor, rodamientos. Sistema hidráulico, los cuales comprende a los difusores, el impulsor.

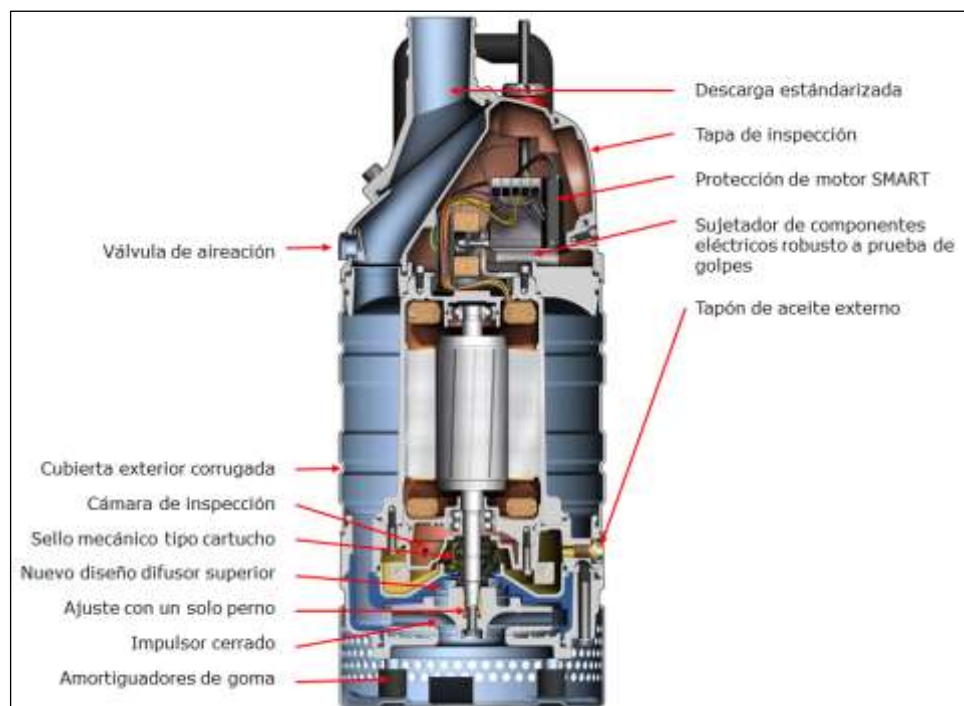


Figura 1. Electrobomba sumergible
Fuente: Manual de bombas de drenaje Grindex

- Descarga: Punto de descarga del fluido.
- Cubierta Exterior: Funciona como difusor y canaliza el fluido hasta la brida de descarga
- Bobinas: Componente eléctrico que genera inducción al paso de la corriente.
- Eje Rotor: Elemento rotatorio que al ser inducido por el campo eléctrico transforma la energía eléctrica en movimiento.
- Sello Mecánico: Componente mecánico colocado en el eje que sella o aísla la zona hidráulica y evita el paso del fluido hacia otros componentes internos de la bomba.
- Rodamientos: Elemento sobre el cual se soporta el eje y permite el giro libre con mínima fricción y mínimo desalineamiento.
- Impulsor: Es el corazón de la bomba transforma velocidad del fluido en presión para impulsar el fluido de un punto a otro.
- Difusor Superior: Elemento estático que direcciona el fluido e incrementa presión al fluido.
- Colador: Limita la paso de solidos al interior de la bomba.
- Cable de conexión eléctrica: Es un elemento primordial para conducir el flujo eléctrico. Este compuesto por material netamente de cobre Por su alta conductividad.

Principales componentes de la electrobomba sumergible

- Impulsor: Es el corazón de la bomba, siendo el componente que impulsa el líquido, que transfiere la energía mecánica a potencia hidráulica; tenemos los siguientes tipos de impulsores:

Tabla 1.

Tipos de impulsores de las electrobombas



Fuente: Manual de bombeo de aguas residuales Grundfos

El impulsor que utilizaremos es de tipo cerrado, este se convierte en nuestro impulsor idóneo para los trabajos subterráneos de bombeo, ya que estos líquidos succionados en las minas socavón tienen muchos sólidos abrasivos (tabla1).

- Sello Mecánico: Este asegura la estanqueidad del equipo, para las bombas sumergibles es la barrera más importante para asegurar que no haya ingreso de agua al estator.

Las combinaciones estacionaria-rotativa más importantes se expone a continuación:

Tabla 2.

Tipos de sellos mecánicos de las electrobombas

CarburoTunsteno / CarburoTunsteno	CarburoSilicio / CarburoSilicio	WC ó SiC / Carbón	Cerámica / Carbón
WC/WC	SiC/SiC	SiC-WC/C	Al _x O _y / C
+ muy resistente al desgaste + robusto	+ muy resistente a la abrasión + muy resistente a la corrosión	+ resistente a corrosión + funcionamiento en seco + silencioso	+ Versátil + funcionamiento en seco
- funcionamiento en seco causa sobrecalentamiento	- funcionamiento en seco hasta 5 minutos - frágil (montaje)	- sólidos abrasivos causan desgaste excesivo - frágil (montaje)	- sólidos abrasivos causan desgaste excesivo - frágil (montaje)

Fuente: Catálogo de sellos mecánicos Chesterton

El sello mecánico es un elemento mecánico que ayuda a conectar la parte fija con la parte móvil en diversos mecanismos utilizando la presión para cerrar herméticamente la unión designada de tal manera que prevenga cualquier tipo de fuga (tabla 2).

Los sellos mecánicos se clasifican en tres grupos básicos de partes:

- El que más trasciende de este grupo de partes, es el de las caras mecánicas de todo el sello. Los diversos sellos tienen una cara que consta en giro o giratoria, la cual se sujeta a su fleca, y a una estacionaria que se mantiene totalmente estática o fija en la carcasa del sistema. Gracias al anillo de collarín.

- En otro grupo de elemento es el de los componentes secundarios, que consiste en un anillo de cuña debajo de la cara que gira, otro anillo por encima de la cara fija y la empaquetadura del collarín.
- Por consiguiente, se menciona el último grupo de elementos son las partes mecánicas del sello, esta considera al anillo del collarín, el retén de soporte y los resortes. Su principal función del retén de soporte es conducir mecánicamente la cara giratoria en el sello empotrar los resortes.

Existen numerosas variedades de sellos mecánicos y todas ellas tienen sus diferentes ventajas para diversas aplicaciones, no obstante, los principales son:

- Sellos de empuje:

Estos emplean un resorte axialmente en el grupo de sellado del eje para distribuir fuerza de sellado fija en los desgastes del sello.

Los diversos sellos de no empuje usan resortes con un elemento llamado fuelle sellado del eje para distribuir fuerza de sellado fija a los desgastes del sello.

- Sellos balanceados:

Soportan mayores presiones y son los favoritos para fluidos que tienen bajo nivel de lubricación.

Los sellos que no son balanceados tienden a tener un mejor trabajo en las situaciones con bastante desalineación y vibración.

- Convencionales:

Estos sellos en lo general se usan en aplicaciones que no son diseñadas originalmente para que tengan sellos mecánicos. Estas están establecidas para modificaciones de compresores y bombas.

- Sello tipo cartucho:

Constructivamente los sellos mecánicos tipo cartucho tienen dos juegos de pistas las cuales son internas y externas; también posee una cubierta de aluminio, para proteger las pistas de contacto.

- Rodamientos: es aquel elemento que ayuda a que reduzca la fricción que se producen en el eje principal y también de diversos elementos que están conectados estas mismas. (figura 2).



Figura 2. Rodamiento de contacto angular
Fuente: Catalogo de rodamientos SKF

1.3.4. Fórmulas de aplicación en las electrobombas sumergibles

Carga Estática Total

Es el margen de elevación entre el nivel del líquido en los puntos de entrada y de salida de la electrobomba. La carga estática de salida es la diferencia de elevación entre el nivel del fluido de salida y la línea de centros de la bomba. Si la carga estática de entrada está por debajo de la línea de centros de la bomba entonces son llamadas altura estática de aspiración.

Si el nivel del fluido de entrada o de salida está sujeto a una presión que no sea igual a la de la atmosfera, esta se puede determinar como parte de la carga estática y se expresa con la siguiente formula (1.1).

$$H_T = H_D - H_S + \frac{P_D - P_S}{\gamma} \quad (1.1)$$

Dónde:

H_T = Carga estática total, (m).

H_D = Altura de descarga, (m).

H_S = Altura de succión, (m).

P_D = Presión en la descarga, (N/m²)

P_S = Presión en la succión, (N/m²)

γ = Peso específico del fluido, (N/m²)

Carga Dinámica

Es aquella fuerza necesaria para combatir las perdidas por fricción que se ocasionan por el fluido en la tubería como también por intercambiadores de calor. Las perdidas varían proporcionalmente al cuadrado de la velocidad del fluido en el sistema. Estas también varían con respecto al tamaño y condiciones de las superficies de los diversos tubos accesorios. Para determinar las diferentes perdidas de carga en las tuberías se utiliza la ecuación de Darcy así como se expresa en la siguiente formula (1.2).

$$h_l = \frac{f_t l v^2}{2Dg} \quad (1.2.)$$

Dónde:

h_l = Pérdida de energía debido a fricción, (m).

f_t = Factor de fricción, adimensional.

l = Longitud de la tubería, (m).

v = Velocidad del fluido, (m/s).

D = Diámetro de la tubería, (m).

G = Aceleración de la gravedad 9.81 m/s².

1.3.5. Aplicaciones de las electrobombas sumergibles

Las aplicaciones más ordinarias son para los diversos trabajos de drenaje y también para bombeo de aguas servidas o residuales. Estas también son utilizadas para la extracción agua de pozos profundos. Además, estas se pueden colocar en las partes inferiores de depósitos de hidrocarburos para aumentar la presión al fondo y elevar el fluido de tal manera que haya más facilidad que estar succionando mecánicamente.

Este tipo de bombas sumergibles son de muy fácil manejo, tan solo basta con conectarla a la fuente eléctrica y empezar a bombear. Si contamos con diversas bombas colocadas en algún lugar, estas pueden bombear a un pozo colector a través de sus mangueras largas. Las bombas más chicas suelen pesar alrededor de diez a veinticinco kilogramos aproximadamente.

En las distintas fosas se puede instalar una bomba sumergible de más grande capacidad que puede bombear liquido lejos del sitio. Estas están conectadas las mangueras a varias bombas estas pueden perder succionar diversas zonas con diversas y amplias zonas con tan solo pocas bombas.

Las bombas sumergibles también suelen trabajar con distintas tuberías de aspiración, colocando la bomba a un nivel más alto que el del depósito. No obstante, para hacerlas funcionar tienen que estar calibradas esto se hace con agua de tal manera que, la columna de agua se conecte la bomba con el depósito. La tubería de aspiración no tiene que ser mas alta para que no disminuya la presión de la bomba y evitar cavitaciones.

1.3.6. Sistemas de automatización industrial

Este sistema a generado a nivel global un enorme progreso debido a su optimización de tiempos, reducción de trabajo humano y agilización de los procesos. A través de sus diferentes softwares cada día con más potencia en diseño permiten realizar distintas excelencias en trabajos de automatización en tiempos sumamente mínimas.

Sistemas de control automático

El sistema de control automático es el conjunto de dispositivos eléctricos y electrónicos que interactúan a través de un monitoreo adquiriendo el nivel de control del usuario ya que este sistema permite alcanzar información detallado de los parámetros y variables de medición para su óptimo funcionamiento. Estas interactúan mediante diversos sensores, actuadores y controladores. (figura 3).

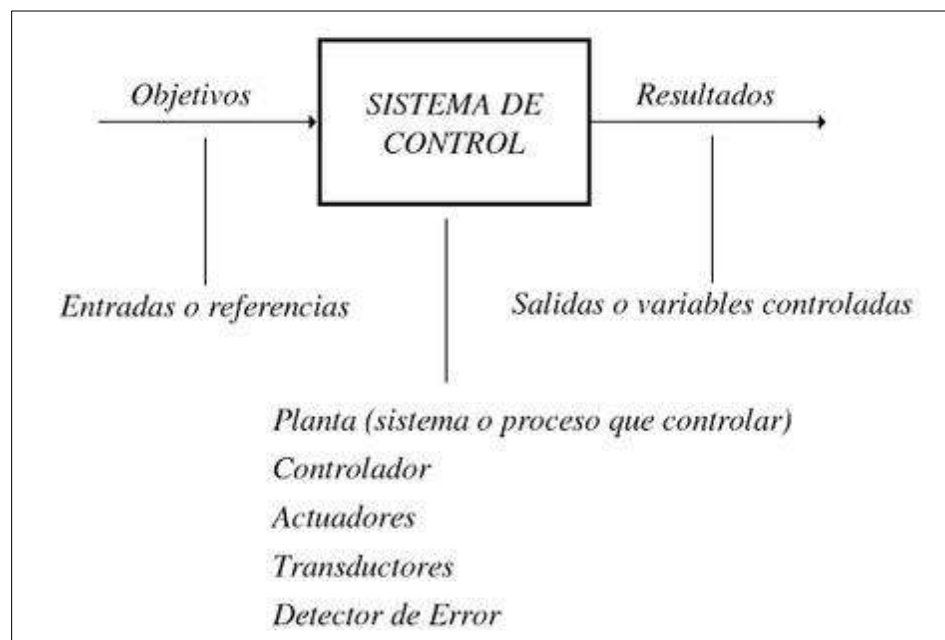


Figura 3. Diagrama de un sistema de control
Fuente: Teoría de control. Diseño electrónico

Estos sistemas se clasifican según su comportamiento, en lazos de control abierto y lazos de control cerrado, los cuales difieren básicamente si habrá o no una retroalimentación, lo que puede hacer que un sistema de control sea completamente automático o no (figura 4).

- Lazo de control abierto: Esta acción es expresada como conocimiento de la dinámica del sistema y el estimado de las anomalías existentes. Estas pueden contrarrestar ciertos retrasos inherentes del sistema advirtiéndose a las distintas necesidades del usuario. no obstante, este tipo de sistema en lo común es totalmente suficiente, debido a

distintos errores del modelo y los errores en la estimación de las anomalías.

- Lazo de control cerrado: Esta acción se calcula a través de la función del error medio entre la variable a controlar y el pase que se requiere. Las anomalías, aunque estas sean extrañas son de consideración indirecta mediante sobre sus consecuencias de variable de salida. Estas prácticas de control pueden estar dispuestas seas cual sea la variable a controlar. Por ende la mayoría de los sistemas que se utilizan son las de lazo cerrado.

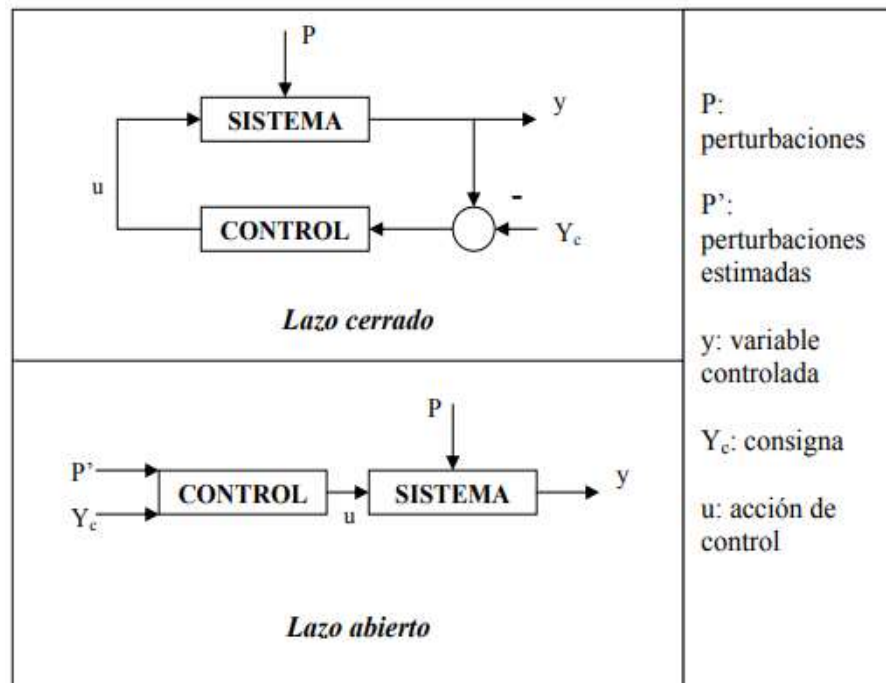


Figura 4. Control lazo abierto vs control lazo cerrado
Fuente: Control predictivo de canales de riego

Las partes fundamentales del lazo de control cerrado:

- **Elemento primario**

Son todos aquellos elementos de medición que permiten detectar y cuantificar la variable de proceso.

Sensores

Este dispositivo es un elemento diseñado para recibir información del exterior y transfórmala en otra magnitud de forma eléctrica que sea capaz de cuantificar y operar.

Los que utilizaremos serán los siguientes:

- Sensor de presión. Es aquel dispositivo o instrumento que está compuesto por un componente que detecta los niveles de presión y estas se convierten en una señal de salida. (figura 5).



Figura 5. Sensor de presión
Fuente: Ficha técnica sensor Senco

- Sensor de temperatura (Termistor). Un termistor es un sensor que sirve para detectar temperatura a través de cambios de resistencia según el calor o frío detectado (figura 6).



Figura 6: Sensor de temperatura.
Fuente: Ficha técnica Thermik

- **Elementos secundarios**

Este elemento es la que se encarga de percibir una señal que proviene de elementos primarios y las transforma en señales eléctricas, neumáticas o hidráulicas.

Controlador

Instrumento automático que recibe la información de la variable de proceso por medio del transmisor, la compara con un valor de referencia (punto de consigna), obteniendo una diferencia (error) toma decisiones y envía una señal (corrección) al elemento final de control de tal manera que este mantenga a la variable en un valor deseado.

- El PLC es un instrumento controlador o dispositivo electrónico que su principal función es la de controlar todo el sistema automático a través de diversos sensores que le brindan ciertas informaciones de variables a controlar y estas permiten automatizarlas de acuerdo a las necesidades de los usuarios finales. (figura 7).



Figura 7: PLC

Fuente: Modulo técnico Siemens

- **Elemento final de control**

Su función es manipular la variable, dependiendo de las variaciones en la señal de salida del controlador.

Los variadores de frecuencia son considerados elementos finales de control ya que les llega directamente la señal del control para así realizar en conjunto con el motor de la bomba las variaciones en el flujo.

Variador de Frecuencia

Este dispositivo electrónico es aquel que tiene por finalidad variar ciertas velocidades de rotación en un motor que ejerce en la frecuencia de corriente eléctrica. (figura 8)

Este elemento tiene la capacidad de solucionar eficazmente la eficiencia de la energía reduciendo el consumo de la misma.



Figura 8. Variador de frecuencia
Fuente: Modulo técnico Allen-Bradley

Un variador de frecuencia aporta las siguientes ventajas:

- Gran ahorro energético.
- Controla Caudal y Presión.
- Corrige el Factor de Potencia del Motor.
- Realiza la eliminación de la Energía Reactiva.
- Arranque suave de los motores.
- No se necesita arranques “estrella-triángulo” en motores de gran consumo.
- Minimiza mantenimientos.
- Elimina ruidos por vibraciones.
- Tendrá escasez de cavitaciones en las bombas hidráulicas.

1.4. Formulación del problema

¿Cómo mejorar la operatividad de las electrobombas sumergibles en empresas mineras de socavón?

1.5. Justificación de estudio

La electrobomba sumergible es un equipo eléctrico que permite transformar la energía eléctrica a energía mecánica de forma eficiente, esto hace posible mover un fluido de lugar a otro, por lo que es de suma importancia en las labores mineras evitando inundaciones dentro de las mismas, es por ello que debemos asegurar su funcionamiento óptimo. En la empresa CIA GREER SAC se ha propuesto desarrollar un sistema de control automático en el área de bombeo con el fin de mejorar operatividad de las electrobombas y dar un mejor servicio en el alquiler de dicho equipos, a su vez permitirá desarrollar un avance tecnológico en el sistema de bombeo dentro de las labores mineras.

1.6. Hipótesis

La implementación de un sistema de control automático mejorará la eficiencia en la operatividad de las electrobombas sumergibles en las empresas mineras de socavón.

1.7. Objetivo general

Desarrollar un sistema de control automático para el trabajo eficiente en la operatividad de las electrobombas sumergibles en las empresas mineras de socavón.

1.7.1. Objetivos específicos

- Identificar la variable fundamental que permite medir la eficiencia de la operatividad de la electrobomba.
- Seleccionar los actuadores, sistema sensitivo y controladores.
- Desarrollar el programa que permitirá controlar las variables de operatividad.
- Validar el sistema de control implementado mediante pruebas.
- Evaluar el costo beneficio del proyecto.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

2.1.1. Tipo de investigación

En lo expuesto, el tipo de investigación es aplicada, según Ander-Egg (2011) “Destina esfuerzos a resolver los problemas y necesidades que se plantean los hombres en sociedad”, esto determina emplear distintas teorías y ecuaciones matemáticas anteriormente nombradas para solucionar un problema existente.

De acuerdo al alcance de la investigación es descriptiva, (Hernández Sampieri, 2003) nos dice “La investigación descriptiva busca especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis”.

2.1.2. Método

El método es deductivo, porque de la generalidad de conceptos sobre las electrobombas se concentra en un conocimiento específico como optimizar su funcionalidad.

2.1.3. Diseño

La investigación es pre-experimental (G X O), según los autores Palella y Martines (2010). Definieron que esta línea de investigación no existe las manipulaciones en la variable independiente ni esta utiliza el control total del grupo. Se caracteriza por la ausencia de la intervención de las variables intervinientes en toda la investigación, ya que el investigador suele limitarse a observar en ciertas condiciones el proyecto investigado sin hacer ni un tipo de modificaciones y alteraciones. Operacionalización de variables.

Variable: Dependiente – Operatividad

Tabla 3.

Operacionalización de variables – Dependiente

Operacionalización de variables						
TITULO: Desarrollo de un sistema de control automático para el trabajo eficiente en la operatividad de las electrobombas sumergibles en las empresas mineras de socavón						
Variable	Tipo	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Operatividad	Dependiente	Disposición o plan estratégico realizado directamente con los procesos de abastecimiento, producción y distribución, para llevar a cabo una acción o conseguir un objetivo.	Operatividad de electrobombas sumergibles; destinadas a la conservación de equipos de bombeo mediante la realización de reparación y revisión que garanticen su buen funcionamiento y disponibilidad.	Porcentaje	Disponibilidad	Razón
				N° de días	MTTF (Tiempo medio hasta que falla)	Razón
				N° de días	MTTR (Tiempo medio de reparación)	Razón
				N° de días	MTBF (Tiempo medio entre falla)	Razón

Fuente: Elaboración Propia

Variable: Independiente – Sistema de control automático

Tabla 4.

Operacionalización de variables - Independiente

Operacionalización de variables						
TITULO: Desarrollo de un sistema de control automático para el trabajo eficiente en la operatividad de las electrobombas sumergibles en las empresas mineras de socavón						
Variable	Tipo	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Sistema de control automático	Independiente	Interacción de dispositivos eléctricos o electrónicos que están en permanente monitoreo, que ante cualquier anomalía actúen de forma autónoma.	Sensores capacitivos que permiten detectar y cuantificar los datos del equipo, como la salida de la bomba, temperatura, amperaje y voltaje.	- PSI	- Presión	Razón
				- °C	- Temperatura	Razón
				- A	- Amperaje	Razón
				- V	- Voltaje	Razón

Fuente: Elaboración Propia

2.2. Población y Muestra

2.2.1. Población

Electrobomba sumergible Grindex MINEX de 2HP.

2.2.2. Muestra

Electrobomba sumergible Grindex MINEX de 2HP.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.3.1. Técnica

Es de observación, debido a que constatamos personalmente de circunstancias en relación a las electrobombas.

2.3.2. Instrumentos

- Utilizaremos el registro de mediciones efectuados en el taller.

Tabla 5.

Hoja de registro – Recopilación de datos

HOJA DE REGISTRO					
Modelo:		Versión:		Fecha:	
RECOPIACIÓN DE DATOS					
Código	Potencia (HP)	Voltaje (V)	Amperaje (A)	Presión (PSI)	Temperatura (°C)

Fuente: Elaboración propia

- **Medición de Voltaje**

Con la pinza amperimétrica KYORITSU - KEW SNAP 2009R, medimos el voltaje proveniente de un transformador de 440 V, que previamente eleva la tensión recibida de 220 V (red de energía pública) y así podamos iniciar la recopilación de estos datos (figura 9).



Figura 9. Medición de voltaje
Fuente: Elaboración propia

- **Medición de Amperaje**

Con la pinza amperimétrica KYORITSU - KEW SNAP 2009R se mide el amperaje nominal consumido por la electrobomba (figura 10).



Figura 10. Medición de amperaje
Fuente: Elaboración propia

- **Medición de presión**

En el pozo de pruebas, se instaló en la salida de tubería un barómetro WIKA de rango 0 – 300 psi para poder obturar la electrobomba y medir su presión de alcance, en este proyecto se logrará obtener el parámetro de presión en la salida de la electrobomba (figura 11).



Figura 11. Medición de presión
Fuente: Elaboración propia

- **Medición de temperatura**

Con un Termómetro Infrarrojo Laser Digital UNI-T UT-300Sba se mide la temperatura en la cubierta del motor ya que por ese lugar es donde se disipa el calor generado en el estator (figura 12).



Figura 12. Medición de temperatura
Fuente: Elaboración propia

2.5. Métodos de análisis de datos

Los datos serán analizados mediante un formato EXCEL, donde se comparará los datos obtenidos con los datos medidos con anterioridad.

2.6. Aspectos éticos

- Compromiso: Terminar el proyecto hasta alcanzar operatividad de las electrobombas y su funcionamiento sea de forma autónoma.
- Responsabilidad: El proyecto se pueda ejecutar respetando los tiempos de desarrollo.
- Confidencialidad: Habiendo desarrollado este proyecto con éxito, la empresa CIA GREER SAC se compromete en brindarnos sus instalaciones para las pruebas de implementación de los sistemas de control automático en sus equipos, siendo los primeros en ponerlos en funcionamiento.

III. RESULTADOS

3.1. Variables de medición

En este caso analizaremos únicamente la variable de la operatividad de la electrobomba sumergible, ya que nos ayudaran a medir y visualizar la condición del equipo; en este caso la disponibilidad de la electrobomba sumergible.

Para ello lo haremos con los indicadores de tiempo promedio entre fallas para determinar y comparar en nuestras distintas ocasiones de trabajo mejor dicho el antes y el después de haber establecido un sistema de control.

3.1.1. Disponibilidad

Es una medida que nos expresa con qué frecuencia el sistema o equipo está en condiciones para operar, para los usuarios en todo momento y sin interrupciones. Este se expresa como el cociente de MTTF con respecto a MTBF, o también como el tiempo de funcionamiento correcto sobre el tiempo total medido, lo mencionado se expresa mediante la fórmula (1.3).

Ecuación:

$$DISPONIBILIDAD = \frac{\text{MTTF o TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO}}{\text{MTBF o TIEMPO TOTAL}} \quad (1.3)$$

Para poder encontrar la disponibilidad nos basamos en el tiempo promedio entre fallas que lo expresamos a continuación:

Tiempo promedio entre fallas

Esta herramienta es de mucha importancia las cuales nos demuestra a través de indicadores el tiempo promedio de un equipo sin interrupción, debido a una falla funcional. En este caso haremos una comparativa entre el tiempo medio entre fallas de una bomba sumergible con uso convencional o manipulada mecánicamente, con una bomba sumergible con un sistema de control automático haciendo una estimación a lo que quiere llegar esta

investigación. A continuación, detallaremos los indicadores que utilizaremos (figura 13).

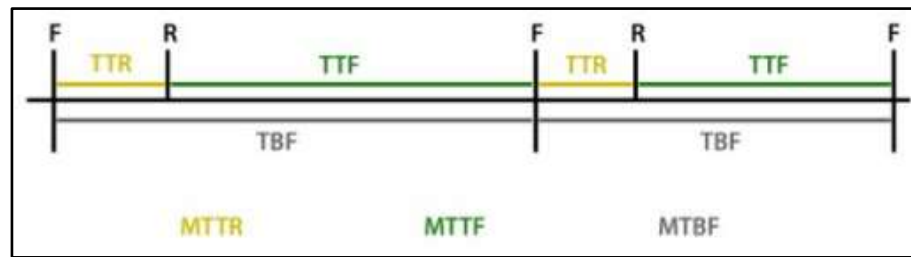


Figura N° 13. Línea de tiempo promedio entre fallas
Fuente: Seguridad y alta disponibilidad 2013

F = Momento exacto en que el equipo falla.

R = Momento exacto en que el equipo está disponible.

TTR = Tiempo necesario para volver a poner en funcionamiento el equipo.

TTF = Tiempo operativo hasta que la maquina falla.

TBF = Tiempo entre los fallos.

En la figura podemos observar las métricas MTBF, MTTR, MTTF utilizadas para realizar la medición de la disponibilidad de un equipo, en este caso en particular la electrobomba sumergible. A continuación explicaremos cada una de ellas con su respectiva formula.

- **MTBF (Mean time between failures) Tiempo medio entre fallos.**

Este indicador es aquella que mide el tiempo medio entre cada ocurrencia de una parada específica por fallo, se expresa con la siguiente ecuación (1.4).

Ecuación:

$$MTBF = \frac{\text{TIEMPO TOTAL DE OPERACION}}{\text{Nº TOTAL DE PARADA O FALLA}} \quad (1.4)$$

- **MTTR (Mean time to repair) Tiempo medio que se tarda en poner de nuevo en marcha el sistema.**

Este indicador es aquel que mide el tiempo promedio en que toma reparar una falla, se expresa con la siguiente ecuación (1.5).

Ecuación:

$$MTTR = \frac{\text{TIEMPO TOTAL DE REPARACION}}{\text{N}^\circ \text{ TOTAL DE PARADA O FALLAS}} \quad (1.5)$$

- **MTTF (Mean time to failure) Tiempo medio hasta que se produce un fallo.**

Este indicador es aquel que determina el tiempo medio hasta que se produce un fallo, se expresa con la siguiente ecuación (1.6).

Ecuación:

$$MTTF = \frac{\text{TIEMPO TOTAL DE FUNCIONAMIENTO CORRECTO}}{\text{N}^\circ \text{ TOTAL DE PARADA O FALLA}} \quad (1.6)$$

3.1.2. Calculo de la Disponibilidad.

Realizaremos los cálculos de los distintos indicadores, para hallar la disponibilidad de la electrobomba sumergible, que muestra los siguientes datos técnicos (tabla 7).

Tabla 7.
Cuadro de información de equipo

Electrobomba Sumergible código GR 02 – 003	
Marca:	GRINDEX
Modelo:	MINEX
Versión:	HT
Potencia:	2 HP
Salida:	2”
Voltaje:	440 V trifásico
Amperaje:	2.6 Amp.
Caudal:	8 l/s
Altura dinámica:	15 m

Fuente: Empresa CIA GREER SAC

A continuación, veremos una tabla de datos reales de los tiempos de trabajo y de parada por mantenimiento de la electrobomba sumergible GR02-003, otorgada por la empresa CIA GREER SAC (figura 14).

Código Eq.	Qty	Algo de T.	N.º Día	Fecha I.	Punto de Partida	Punto de Llegada	Fecha Ret.	Transporte	Condición	MOD. TIPO	Fecha Ret.	Días Paro	Técnico	Cable	Cable	Cable	Cable
GR02-003	1		001-00171	22/02/2019	AESA RAURA	TALLER CIA GREER	22/03/2019	CAMION AESA	OPERATIVA	DEVOLUCION	09/03/2019	11	JORDAN	MMEXITETRA / 02" / 13 m Cable			
GR02-003	1		001-00328	03/04/2019	TALLER CIA GREER	AESA RAURA	03/04/2019	CAMION AESA	OPERATIVA	CONSIGNACION			JANOR	MMEXITETRA / 02" / 13 m Cable			
GR02-003	2		001-00148	03/04/2019	AESA RAURA	TALLER CIA GREER	05/04/2019	CAMION GREER	OPERATIVA	DEVOLUCION	05/04/2019	2	JANOR	MMEXITETRA / 02" / 13 m Cable			
GR02-003	2		001-00376	05/04/2019	TALLER CIA GREER	AESA RAURA	05/04/2019	CAMION PARTE	OPERATIVA	CONSIGNACION			MIGUEL M	MMEXITETRA / 02" / 13 m Cable			
GR02-003	3		001-00115	24/04/2019	AESA RAURA	TALLER CIA GREER	20/05/2019	CAMION GREER	OPERATIVA	DEVOLUCION	05/04/2019	26	MIGUEL M	MMEXITETRA / 02" / 13 m Cable			
GR02-003	2		001-00370	20/05/2019	TALLER CIA GREER	AESA RAURA	20/05/2019	CAMION PARTE	OPERATIVA	CONSIGNACION			JANOR	MMEXITETRA / 02" / 13 m Cable			

Figura N° 14. Movimiento de equipos
Fuente: Empresa CIA GREER SAC

a) Tiempo de parada (fallo)

Falla 1 ----- periodo (22/02/2019 – 12/03/2019)

Falla 2 ----- periodo (03/04/2019 – 05/04/2019)

Falla 3 ----- periodo (24/04/2019 – 20/05/2019)

Días de paro por reparación

Para falla 1 ----- 18 días

Para falla 2 ----- 2 días

Para falla 3 ----- 26 días

Tomando como referencia 3 meses desde el inicio de trabajo de este año 2019.

b) cálculo:

3 meses ----- 3 x 30 = 90 días

3 fallas ----- 18 + 2 + 26 = 46 días

$90 - 46 = 44$ días de funcionamiento correcto

Para MTBF:

$$MTBF = \frac{90 \text{ días}}{3}$$

$$MTBF = 30 \text{ días}$$

$$MTBF = 1 \text{ mes}$$

Para el cálculo del MTBF nos da un resultado de 90 días que son aproximadamente 1 mes de tiempo medio entre fallos.

Para MTTR:

$$MTTR = \frac{46 \text{ días}}{3}$$

$$MTTR = 15.3$$

$$MTTR = 1/2 \text{ mes}$$

Para el cálculo del MTTR nos da un resultado de 15.3 días que son aproximadamente 1/2 mes que se tardan en reparar el equipo.

Para MTTF:

$$MTTF = \frac{44 \text{ días}}{3}$$

$$MTTF = 14.6$$

$$MTTF = 1/2 \text{ mes}$$

Para el cálculo del MTTF nos da un resultado de 14.6 días que son aproximadamente 1/2 mes de funcionamiento hasta que se produce una falla o parada del equipo.

Resultado de la Disponibilidad:

$$Dis = \frac{44}{90}$$

$$Dis = 0.4889$$

$$Dis = 48.89 \%$$

Obtuvimos un 48.89 % de disponibilidad en la electrobomba sumergible, quedando demostrado que es un resultado bajo, es por eso que haremos la instalación de un sistema control automático para elevar la disponibilidad y mejorar los tiempo en mantenimiento de los equipos.

3.2. Selección de equipos, controladores y sistema sensitivo

3.2.1. Selección de Electrobomba sumergible

Para seleccionar el equipo actuador necesitamos conocer todos sus componentes, de esa forma poder ubicar los sensores y lograr que tengan un alojamiento seguro para evitar distorsiones en los datos recopilados.



Figura 15. Electrobomba Sumergible
Fuente: Elaboración propia

Seleccionaremos dos bombas sumergibles de 2 hp de potencia, esto debido a que una de las finalidades del proyecto es alternar ambas electrobombas, para que el trabajo sea continuo en cuanto haya alguna falla o anomalía en una de las bombas (figura 15).

Estos equipos son las más utilizadas en la minería y tienen como finalidad succionar el líquido elemento, en este caso el agua del sub suelo y extraerlo hacia la superficie, todo ello para que se pueda seguir el trabajo de perforación y así mismo extraer el mineral existente.

Estas electrobombas están conformadas por sus distintas partes que mencionaremos a continuación.

- **Estator.**



Figura 16. Estator de 2 HP
Fuente: elaboración propia

Este es el mecanismo principal para que haya rotación en el motor de nuestra electrobomba sumergible GRINDEX MINEX (figura 16).

Es la parte fija del motor la cual no da movimiento mecánico, sino lo que ocasiona es el movimiento magnético.

Este elemento que es parte fundamental de la electrobomba sumergible tiene por función estar como un imán permanente ante los sistemas de embobinados móviles.

- **Rotor.**



Figura 17. Rotor
Fuente: Elaboración propia

Este elemento es el complemento del estator, ya que este da el movimiento mecánico a través de la inducción de corriente y a la vez produce el campo magnético que se encuentra entre el estator y el rotor; en nuestra electrobomba seleccionada el rotor es de tipo jaula de ardilla (figura 17).

- **Descarga escamada.**



Figura 18. Descarga escama de 2 pulg.
Fuente: Elaboración propia

En nuestra electrobomba GRINDEX MINEX, es el componente que une la línea de conexión (manguera) con el equipo; siempre se requiere que tenga una conicidad para evitar la obstrucción de la salida del flujo y el calentamiento de la electrobomba por la mala fluidez del agua; existen varios tipos: escamados, roscados, acople rápido, etc. (figura 18).

- **Colador.**



Figura 19. Colador

Fuente: Elaboración propia

Este elemento también forma parte muy importante en la electrobomba debido a que su función es tornarse como filtro para evitar la entrada de algunas partículas voluminosas que podrían quedar suspendidas o atascadas dentro de la zona del impulsor causando daños muy severos. En el equipo seleccionado tuvimos que arreglar partes abolladas del colador (figura 19).

- **Impulsor.**



Figura 20. Impulsor

Fuente: Elaboración propia

En este caso nuestro equipo utiliza un impulsor de tipo cerrado, debido que este tipo de impulsores están diseñados para impulsar fibras, sólidos y tierra a través de la bomba (figura 20).

Este componente es el corazón de la electrobomba sumergible, teniendo este elemento giratorio la función de impulsa el líquido que se desea bombear.

- **Difusor inferior.**



Figura 21. Difusor inferior
Fuente: Elaboración propia

Es aquel que regula la absorción del fluido (figura 21); este componente se regula de tal manera que el equipo logre su mayor eficiencia, tenemos modelos como:

- Cuerpo de aluminio revestido de poliuretano.
- Cuerpo de acero inoxidable revestido de poliuretano.
- Acero fundido.

- **Difusor superior.**



Figura 22. Difusor superior
Fuente: Elaboración propia

Este elemento tiene como función principal transformar la energía cinética en energía de presión. Este componente trabaja principalmente con el anillo difusor, ambos con un fin único de direccionar el fluido (figura 22).

- **Anillo difusor.**



Figura 23. Anillo difusor
Fuente: Elaboración propia

En la electrobomba sirve como soporte del difusor superior y difusor inferior, la unión de todos ellos direcciona el flujo, logrando que el fluido sea continuo. Los modelos que se fabrican y se recubren son del mismo material que se utilizan para los difusores inferiores y superiores (figura 23).

- **Cubierta de estator.**



Figura 24. Cubierta de motor
Fuente: Elaboración propia

La cubierta es el que soporta al estator mediante fuerzas mecánicas de ajuste, aproximadamente 0.1 mm; este componente está en contacto directo con el flujo ya que por medio del mismo se refrigera el estator mediante transferencia de calor - convección (figura 24).

- **Soporte de rodaje.**



Figura 25. Soporte de rodajes
Fuente: Elaboración propia

Es el componente donde se alojan los rodajes, haciendo la función de una chumacera; este elemento es aquel que llega a soportar las cargas axiales del equipo (figura 25).

- **Cubierta estrena.**



Figura 26. Cubierta externa
Fuente: Elaboración propia

Este elemento es aquel que recubre externamente la electrobomba sumergible y permite mantener la hermeticidad del mismo, todo ello para lograr su mejor eficiencia (figura 26).

- **Cable de alimentación.**



Figura 27. Cable de alimentación
Fuente: Elaboración propia

En la electrobomba sumergible MINEX se utiliza el tipo de cable 4G2.5, el diámetro del cable es de 12 mm. Es un cable garantizado para trabajar sumergido en el agua y sirve para transmitir la potencia eléctrica desde el tablero de control hasta el motor (figura 27).

- **Sello mecánico.**

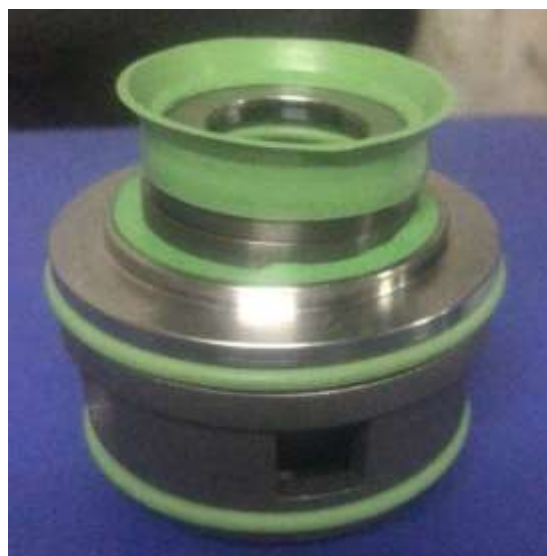


Figura 28. Sello tipo cartucho
Fuente: Elaboración propia

La electrobomba seleccionada trabaja con el sello tipo cartucho, debido a que estos son fáciles de cambiar, además proveen la estática requerida para sellar el eje giratorio y la parte estacionaria. Diversos fabricantes de bombas modernas utilizan este sello para facilitar su mantenimiento (figura 28).

- **Rodamientos.**



Figura 29. Rodamientos
Fuente: Elaboración propia

El equipo seleccionado utiliza rodamientos de bolas de contacto angular, ya que tienen los caminos de rodadura de sus aros interior y exterior desplazados entre sí en el sentido del eje del rodamiento.

De modo que los rodamientos tienen el diseño para soportar cargas combinadas, tales como las cargas simultaneas y cargas axiales y radiales (figura 29).

3.2.2. Análisis de bombas para implementación.

Se ha realizado un cuadro comparativo con los principales componentes de las electrobombas que se tiene en taller CIA GREER SAC.

Esto con la finalidad que al implementar el sistema de control, sirva para todos los modelos que se tiene, tomando como prototipo la electrobomba MINEX, y así evitar inconvenientes próximos ensamblajes (tabla 8).

Tabla 8.
Cuadro de comparativo de electrobombas

FICHA DE REPUESTOS DE ELECTROBOMBAS								
MATERIAL	MODELOS							
	MINEX	MINOR	MAJOR	MASTER	MATADOR	MAXI	MAGNUM	MEGA
Sello Interior								
Carburo de tungsteno - Carburo de tungsteno					✓	✓	✓	✓
Carburo de tungsteno - Oxido de aluminio	✓	✓	✓	✓				
Sello Exterior								
Carburo de tungsteno - Carburo de tungsteno						✓	✓	✓
Carburo de silicio cementado - Carburo de silicio cementado	✓	✓	✓	✓	✓			
Otras piezas de Función								
Aluminio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Fundición gris								✓
Cubierta de Estator								
Aluminio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Fundición gris								✓
Cubierta de Externa								
Acero inoxidable (AISI 304)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Fundición gris								✓

Eje de Motor								
Acero inoxidable (AISI 431)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Impulsor								
Hard-Iron	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Fondo de Succión								
Hard-Iron		✓	✓	✓	✓			
Difusor Inferior								
Caucho de nitrilo								✓
Poliuretano	✓					✓	✓	✓
Difusor Superior								
Caucho de nitrilo	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Poliuretano	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Anillo Difusor								
Caucho de nitrilo	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Poliuretano	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Tornillos y Tuercas								
Acero inoxidable	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Junta Tórica (O-Ring)								
Goma de nitrilo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Manual de bombas de drenaje Grindex

3.2.3. Sistema de control

El diseño del control automático depende directamente del proceso que se desee controlar, para nuestro caso los parámetros que afecten directamente al motor de la electrobomba.

En nuestro proyecto aplicaremos un lazo de control cerrado, ya que existe una realimentación de la señal de salida, visto de otro modo la señal de salida tiene efecto sobre la acción de control, de este modo proveeremos correcciones continuas y automáticas a la variable controlada por medio del elemento final de control, que para nuestro desarrollo es el variador de frecuencia.

Controladores para la automatización

Esta es una herramienta tecnológica programable orientada al control automático, en este proyecto lo utilizaremos con el fin principal de mantener controlado el sistema de la electrobomba sumergible para minimizar las diversas fallas que se origina mediante el amperaje, voltaje, temperatura y la presión que son causantes de falla en el trabajo de la misma. Para fin de este trabajo de investigación controlaremos el sistema con el dispositivo llamado PLC (controlador lógico programable), para las pruebas de sincronización utilizaremos un variador de frecuencia.

- **Controlador PLC S7 200 CPU 224XP.**



Figura 30. Controlador PLC
Fuente: Elaboración propia

Un PLC (Controlador Lógico Programable), o autómatas programables, recibe las diversas órdenes de activar o desactivar una carga a través de un paquete de comunicaciones, y se encarga por medio de sus salidas, conectar o desconectar los interruptores o breakers, correspondientes al sistema de bombeo. El PLC a utilizar es un S7 200 de Siemens (figura 30).

El controlador PLC S7 200 tiene un modelo compacto y de este sistema el complemento idóneo, para controlar las tareas que haremos en este proyecto, todas enfocadas en proteger al motor eléctrico; los parámetros a controlar serán la presión, temperatura, amperaje y voltaje.

- **Módulo de comunicaciones CP243-1.**



Figura 31. Procesador de comunicaciones
Fuente: Elaboración propia

El CP 243-1, es un tipo de procesador que su función en este proyecto es la de comunicar ya que está destinado para operar en un autómatas de programación S7 200. Del mismo modo este procesador es aquel que conectará al sistema o dispositivo Ethernet (figura 31).

El sistema Ethernet es un módulo industrial de comunicación que rige bajo su protocolo de TCP/IP para comunicar el controlador PLC y las electrobombas sumergibles. El módulo que utilizaremos en este proyecto es el de modelo CP 243 – 1 de marca Siemens.

El módulo CP 243-1. Es la que comunica gracias a la vía Ethernet a la diversa familia de productos S7. Por lo tanto esta supervisa sistemas de control automatizados a través de un navegador web desde un computador interconectado.

3.2.4. Sistema sensitivo

En este proyecto se utilizarán tres tipos de sensores para la identificación de parámetros arrojando información hacia el controlador PLC generando el óptimo funcionamiento en la automatización de la electrobomba. En este caso utilizaremos el sensor de temperatura y presión. Estos parámetros son fundamentales en el análisis de la principal causa de la falla en las electrobombas sumergibles.

- **Sensor de Presión I SS 305.**



Figura 32. Sensor de presión
Fuente: Elaboración propia

Este transmisor de presión de alta sobrecarga de serie I SS305 es de una gama de sensores que pueden ser altamente configurables ya que utilizan tecnología de detección piezorresistiva, estas cumplen con la protección de sobrecargas altas y son adecuadas para la mayoría de tipos de aplicaciones

industriales severas. Su estructura integrada es de acero inoxidable como podemos ver en la figura, está diseñado con ajuste tipo rosca de ¼ pulg (figura 32).

Es perfecto para este tipo de trabajos por sus diferentes características tales como, toda la estructura está integrada por acero inoxidable especialmente esta soldado con láser con la carcasa, no se utiliza ningún componente elástico en el lateral, sin junta tórica y sin problemas de fugas, cuenta con señales de salida de alta precisión, sus rangos de presión en manómetro o absoluto va desde 0 hasta 60 bar, es resistente a la cavitación, a los picos de presión. Concluimos que este sensor es perfecto para este proyecto por sus aplicaciones hidráulicas.

- **Sensor de temperatura UHS THERMIK S06.**



Figura 33: Termistor
Fuente: Elaboración propia

Podemos visualizar al sensor de temperatura que tiene como finalidad en el proyecto, de monitorear las diversas temperaturas producidas por la corriente y el voltaje (figura 33).

Muchas veces las electrobombas tienden a sobrecalentarse siendo esa una de las causas de falla de estos equipos en las minas. Con este sensor monitorearemos a través del controlador PLC guiándonos por rangos

establecidos para la activación y desactivación de la electrobomba para reducir los peligros de falla.

Este tipo de sensor con serie UHS THERMIK S06, es perfecto para su utilización en este proyecto debido a que este sensor cuenta con un protector térmico bimetálico con una corriente nominal admisible de 10 amperios; esta hace que cuando se alcance una temperatura nominal de conmutación, el disco bimetálico desactive el circuito.

Se vuelve a encender tan pronto como la temperatura haya disminuido por debajo de un valor establecido. Este sensor cuenta con la serie S la que indica que cuenta con una cubierta aislante resistente a los trabajos hidráulicos.

- **Variador de frecuencia POWERFLEX 40.**



Figura 34. Variador de frecuencia
Fuente: Elaboración propia

Este variador de frecuencia nos ayudará básicamente para realizar las pruebas debido a que lo que queremos lograr es medir parámetros de

temperaturas de tal manera que los sensores detecten temperaturas anómalas para la activación y desactivación de la electrobomba.

La secuencia es aumentar y disminuir las revoluciones del motor para elevar y disminuir la temperatura. Este variador es de tipo POWERFLEX 40 (figura 34).

3.3. Desarrollo del programa controlador

La causa principal de la inoperatividad de las electrobombas sumergibles es por fallas en el motor, debido a que no se controlan los parámetros que lo afectan directamente tales como la variación en el voltaje, el elevado consumo de amperaje, recalentamiento del motor por falta de flujo para la refrigeración.

En este trabajo se ha diseñado un sistema de control automático, a partir de anomalías en los parámetros de voltaje, amperaje, presión y temperatura, para así poder mejorar la operatividad de las electrobombas sumergibles.

Este sistema de control abarca los componentes siguientes:

a. PLC (Controlador Lógico Programable)

Este autómata programable, recibirá órdenes de encender o apagar a las electrobombas, ya sea al equipo principal o al de soporte, esto a través de su bloque de comunicaciones que por medio de sus salidas activan o desactivan los interruptores, relé, variador de frecuencia. El PLC que vamos a utilizar en este proyecto es el S7 200 CPU 224XP.

b. Software

Este software es compatible con el autómata programable, aquí se administra las acciones de conexión y desconexión. El PLC se inscribe con el paquete Step 7 Micro Win de Siemens.

c. Módulo de Comunicaciones

Para este proyecto necesitaremos un módulo Ethernet industrial bajo el protocolo TCP/IP para conectar el controlador PLC y el centro de control de las electrobombas sumergibles. En este caso utilizamos el módulo CP 243 – 1 de marca Siemens.

d. Dispositivo de programación PC

Del lado del centro de control de las electrobombas sumergibles se conecta un computador a través del módulo ethernet. Este computador cuenta con tres instalaciones de software para el desarrollo del control automático general. Los tres softwares instalados son los siguientes:

- PC-Access

Este es el servidor OPC que se encargará de leer o de escribir a través de un driver que está adecuado, las distintas variables del autómata S7 200 y estas ponen a su vez a disposición para ser manipuladas por el programa WinCC Flexible.

- WinCC flexible

Este programa es un ambiente gráfico que desarrolla una interfaz gráfica de forma accesible y por consiguiente de un sistema de SCADA, ya que esta permite que un operador le pueda facilitar la manipulación del sistema automatizado de las electrobombas sumergibles.

Para poder observar la lógica de control lo graficaremos de la siguiente manera (figura 35).

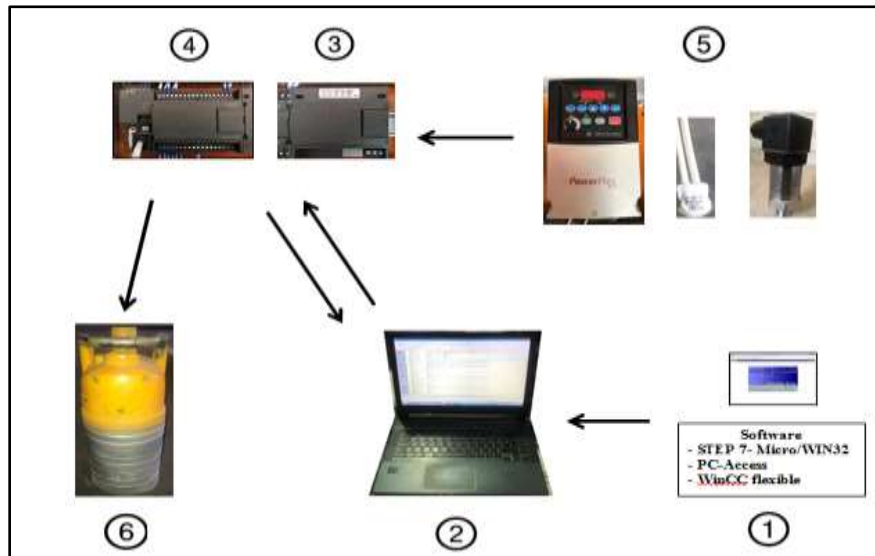


Figura 35. Lógica de control
Fuente: Elaboración propia

1. Tres paquetes de software para gestionar la interfaz humana máquina.
2. PC para poder programar e interactuar con el PLC.
3. Módulo de comunicación Ethernet industrial CP 243-1 bajo protocolo TCP/IP.
4. PLC Simatic S7 200 CPU 244XP
5. Sensor de presión, temperatura y variador de frecuencia comandado por el autómatas que interactúa con la bomba.
6. Electrobomba sumergible de 2 HP.

A continuación se describe a detalle el funcionamiento y uso dado a los componentes aquí esquematizados:

3.3.1. El autómatas programable o PLC modelo S7 200 de Siemens

Es el dispositivo final que está encargado de la conexión o desconexión de la electrobomba.

Esta serie de autómatas S7 de Siemens está compuesta por tres familias principales, que son las siguientes:

- Serie S7-400 para aplicaciones generalmente grandes con una capacidad de decenas de miles de entradas/salidas

- Serie S7-300 para aplicaciones medianas con una capacidad de hasta 2000 entradas/salidas.
- Serie S7-200 para aplicaciones pequeñas.

Para fin de este proyecto se eligió un autómata de la serie S7-200. Las razones que efectuaron a esta decisión fueron diversas, y se exponen a continuación:

- El número de entradas/salidas que se requerían, todas ellas de tipo discreta, también posee 2 puertos de comunicación, uno de ellos para interactuar con el variador de frecuencia y así iniciar el encendido de la electrobomba automatizada.
- El programa que administra el PLC es de condición sencilla.
- La relación que existe en el costo-beneficio del autómata S7-200 es muy factible. Se trata de un autómata económico, pero que al mismo tiempo ofrece numerosas virtudes técnicas y un alto nivel de confiabilidad basado en un desarrollo de Siemens que utiliza una tecnología de punta.
- El S7-200 puede ampliarse con varios módulos de expansión de entradas, salidas o módulos especiales. No obstante, para este proyecto, sólo fue necesario la adición de un módulo de comunicaciones Ethernet Industrial.
- Debido a convenios estratégicos de la empresa CIA GREER SAC con la empresa Siemens, nos dieron un alcance técnico y propusieron este autómata para realizar el proyecto.

3.3.2. Descripción del S7-200 Siemens

La familia de autómatas S7-200 ofrece varios modelos que se distinguen entre sí en aspectos tales como velocidad de procesamiento, tensión de alimentación, número de entradas/salidas que manejan, puertos de comunicación y otros.

Para este proyecto se escogió uno de los modelos más completos: el S7- 200 CPU 224XP, número de parte 6ES7 214-2BD23-0XB0.

A continuación se resume sus características técnicas más sobresalientes (tabla 9).

Tabla 9.

Características técnicas del PLC S7- 200 CPU 224XP

FUNCIÓN	CPU 224XP
Dimensiones físicas (mm)	140 x 80 x 62
Memoria del programa: con edición en runtime sin edición en runtime	12288 bytes 16384 bytes
Memoria de datos	10240 bytes
Memoria de backup	100 horas (tip.)
E/S integradas Digitales Analógicas	14 E/ 10 S 2 E/1 S
Módulos de ampliación	7 módulos
Software de programación	Step 7-Micro/WIN
Contadores rápidos Fase simple Dos fases	4 a 30 kHz 2 a 200 kHz 3 a 20 kHz 1 a 100 kHz
Salidas de impulsos (DC)	2 a 100 kHz
Potenciómetros analógicas	2
Reloj de tiempo real	Incorporado
Puertos de comunicación	2 x RS-485
Velocidad de procesamiento	0.22 microsegundos por instrucción

Fuente: Elaboración propia

De la tabla mencionada se puede obtener lo siguiente:

- La alimentación del CPU es de 220 V AC, lo que significa que se tendrá que transformar de 440 V – 220 V ya que la alimentación es de 440 V. Para el proyecto se utilizó un transformador AUDAX 500 W (figura 36).



Figura 36. Transformador 440 V – 220 V AUDAX
Fuente: Elaboración propia

- Tanto las entradas discretas como las salidas discretas trabajan con 24 V DC. En el caso de las salidas a los sensores, es preciso colocar elementos de interfaz (relé) para poder manejar cargas importantes.
- El CPU viene provisto de dos puertos de comunicación tipo RS 485. En la conexión inicial, es necesario utilizar uno de esos dos puertos para conectarse al computador en donde se hará la configuración.

Como por lo general los PC no disponen de puertos RS 485, se debe usar un adaptador RS 485 a RS 232 ó RS 485 a USB. En este proyecto se utilizó un cable con adaptador RS 485 a USB marca Siemens (cable USB/PPI).

A continuación se puede visualizar el aspecto físico externo del CPU 224XP con sus componentes principales (figura 37)

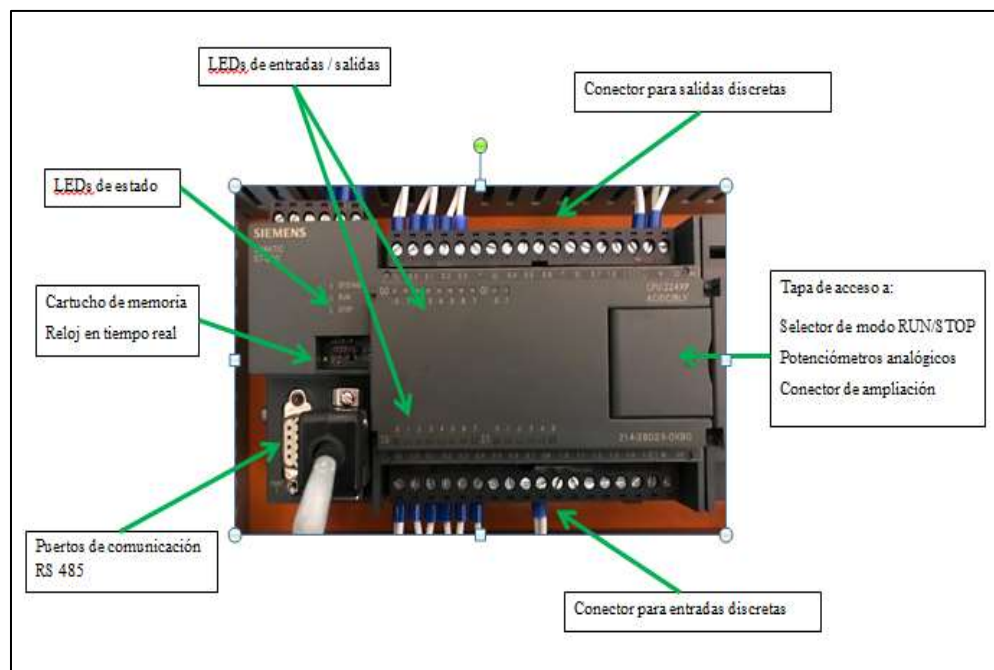


Figura 37. Componentes principales del PLC S7 200 CPU 224XP
Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Comunicación vía puerto serial

Al inicio la comunicación entre el S7-224XP y el PC equipado con el software Step 7 MicroWin, se debe de hacer a través de uno de los puertos seriales. Se utiliza para esta condición un cable apropiado con un convertidor RS 485 a USB. El cable se denomina cable USB/PPI.

El protocolo de comunicación es propietario de Siemens y se llama protocolo PPI, que significa Poin to Point Interface (figura 38).

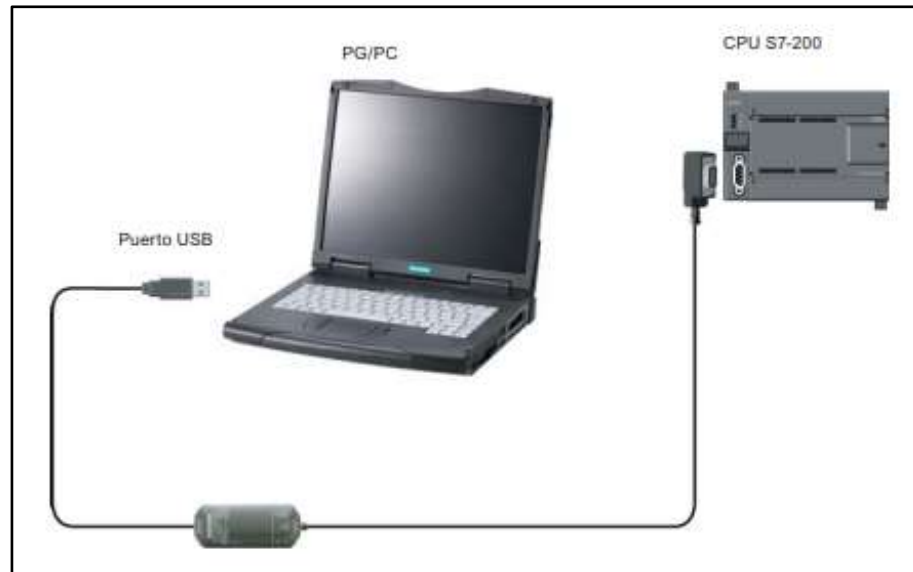


Figura 38. Conexión del S7-200 a la PC utilizando un enlace PPI
Fuente: Elaboración propia

3.3.4. Descripción del módulo de comunicación Ethernet modelo CP 243-1

La comunicación entre centro de control y los autómatas programables encargados del proceso de conexión o desconexión de las electrobombas se lleva a cabo mediante una red Ethernet bajo protocolo TCP/IP.

Esto significa que el autómata elegido, el S7 224XP, debe estar provisto de una interfaz de comunicación de ese tipo.

El CPU S7-224XP no posee esta interfaz integrada, pero si puede añadirse un módulo de comunicación adecuado a esa función.

El módulo utilizado es el modelo CP 243-1, cuyo aspecto físico comprende (figura 39):

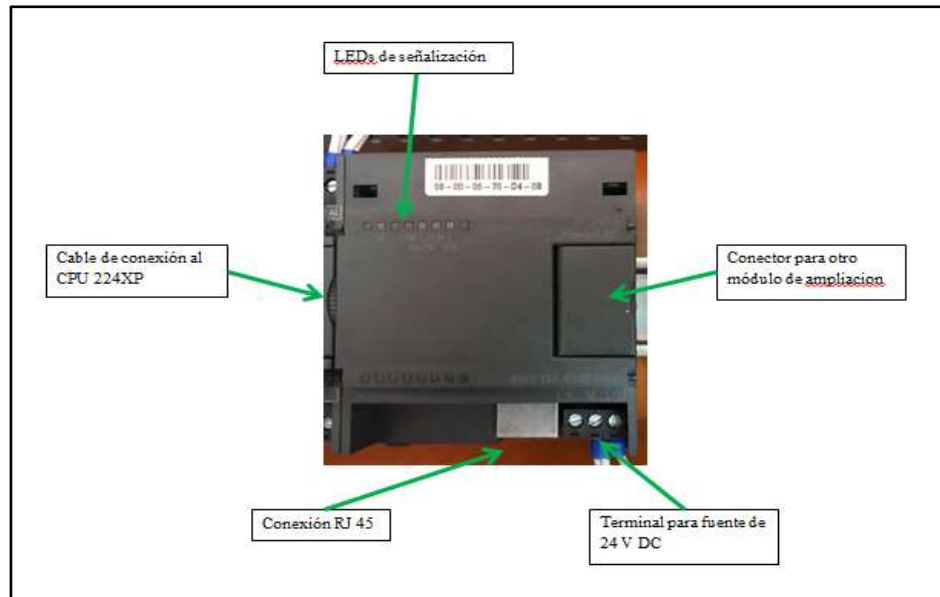


Figura 39. Módulo de comunicación Ethernet modelo CP 243-1
Fuente: Elaboración propia

Los datos técnicos más relevantes de este módulo se presentan en el siguiente cuadro (tabla 10).

Tabla 10.
Características técnicas del módulo CP 243-1

FUNCIÓN	CP 243-1
Velocidad de transmisión	10/100 Mbits/s Autorreconocimiento
Interfaces 10 Base T, 100 Base TX Conexión para alimentación	RJ45 24 V DC \pm 5%
Disipación a 24 V DC	1, 75 W
Condiciones ambientales Temperatura de servicio Montaje horizontal Montaje vertical	0 °C a + 55 °C 0 °C a + 45 °C
Dimensiones (mm) Peso	71,2 x 80 x 62 150 gramos
Software de programación	Step 7-Micro/WIN

Fuente: Elaboración propia

De los datos de la tabla puede comentarse lo siguiente:

- La alimentación del CP 243-1 es de 24 V DC, con la instalación del transformador logro un voltaje de 220 V, lo que significa que requiere de una fuente de alimentación con una entrada de 220 V AC y que su salida sea de 24 V DC. ¡Para el proyecto se tuvo que utilizar una fuente Siemens LOGO! Power 24 V (figura 40)



Figura 40. Fuente Siemens Power 24 V
Fuente: Elaboración propia

- El CPU S7 224XP reconoce automáticamente al módulo CP 243-1 una vez conectado y alimentado con 24 V DC.
- Con el módulo CP 243-1 se puede establecer comunicación Ethernet Industrial de tres maneras distintas:
 - Conexión a otros autómatas de la serie S7 de Siemens.
 - Conexión a un PC a través del paquete Step 7 MicroWIN.
 - Conexión a aplicaciones basadas en servidores OPC.

3.3.5. Conexión inicial al CPU-224XP

Para la conexión inicial debe asegurarse que el PLC y el PC estén conectados mediante el cable USB/PPI. Al principio la conexión de la PC al S7-224XP se hace a través del puerto serial RS 485 del PLC, para poder

matricular al autómata. Todo CPU S7 200 viene de fábrica con una dirección predeterminada.

Una vez conectado físicamente el PC al CPU S7 224XP, mediante el protocolo PPI, se configurará el CPU para conexión vía Ethernet Industrial asignándole una determinada dirección IP. Esta nueva configuración se cargará en el S7 224XP vía puerto PPI, y de ahí en adelante ya podrá accederse al CPU igualmente vía Ethernet.

A continuación se describen en detalle los pasos necesarios para poder comunicarse con el S7 224XP vía Ethernet.

Primero. Arrancar el paquete de programación Step7-Micro/WIN y crear un nuevo proyecto (figura 41).

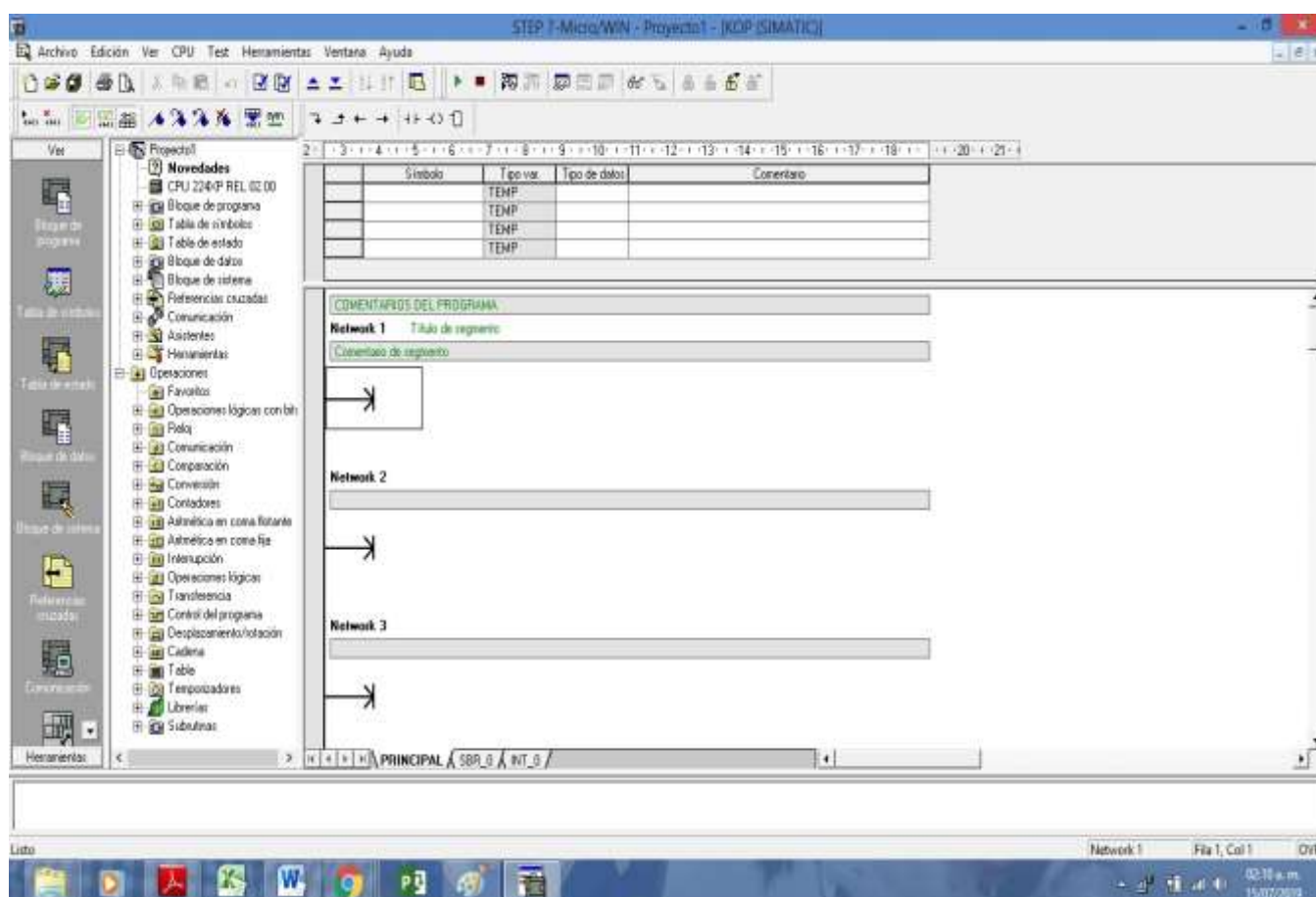


Figura 41. Programación Step7-Micro/WIN
Fuente: Elaboración propia

Segundo. Elegir el comando Herramientas → Asistente Ethernet. Este ofrece la opción de configurar la comunicación Ethernet Industrial de una manera rápida y sencilla. Si el módulo Ethernet está conectado y alimentado, entonces debe reconocerse automáticamente (figura 42).

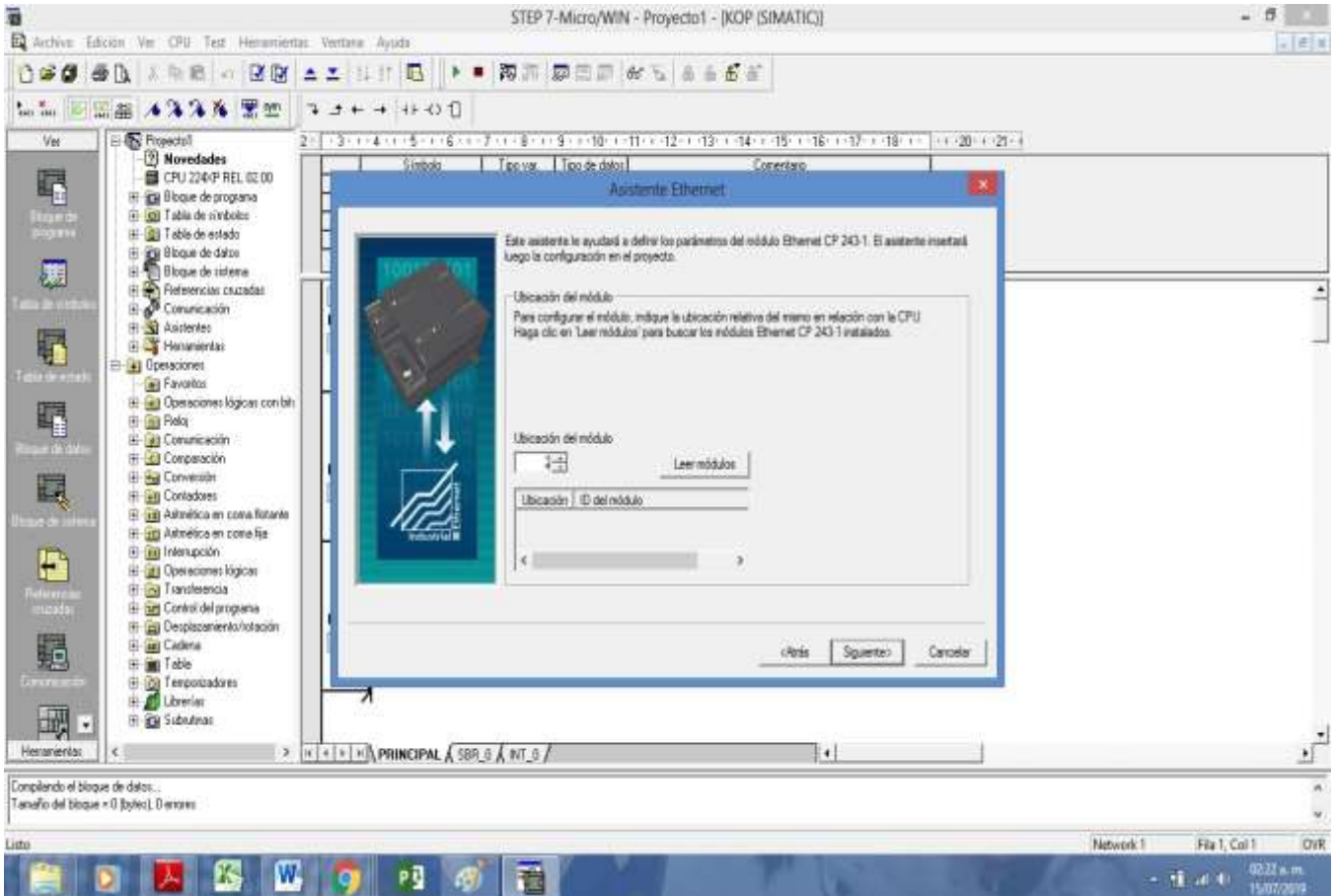


Figura 42. Programación Ethernet
Fuente: Elaboración propia

Tercero. Una vez establecida la comunicación vía Ethernet, se crea un programa en Step 7-Micro/WIN que permite activas o desactivar al variador de frecuencia y este controlar a las electrobombas sumergibles la primera de ellas automatizada (GR02-003) y la segunda (GR02-001) solo de soporte en caso haya alguna anomalía con primera, la programación se realizará mediante lenguaje de programación ladder (figura 43 y 44).

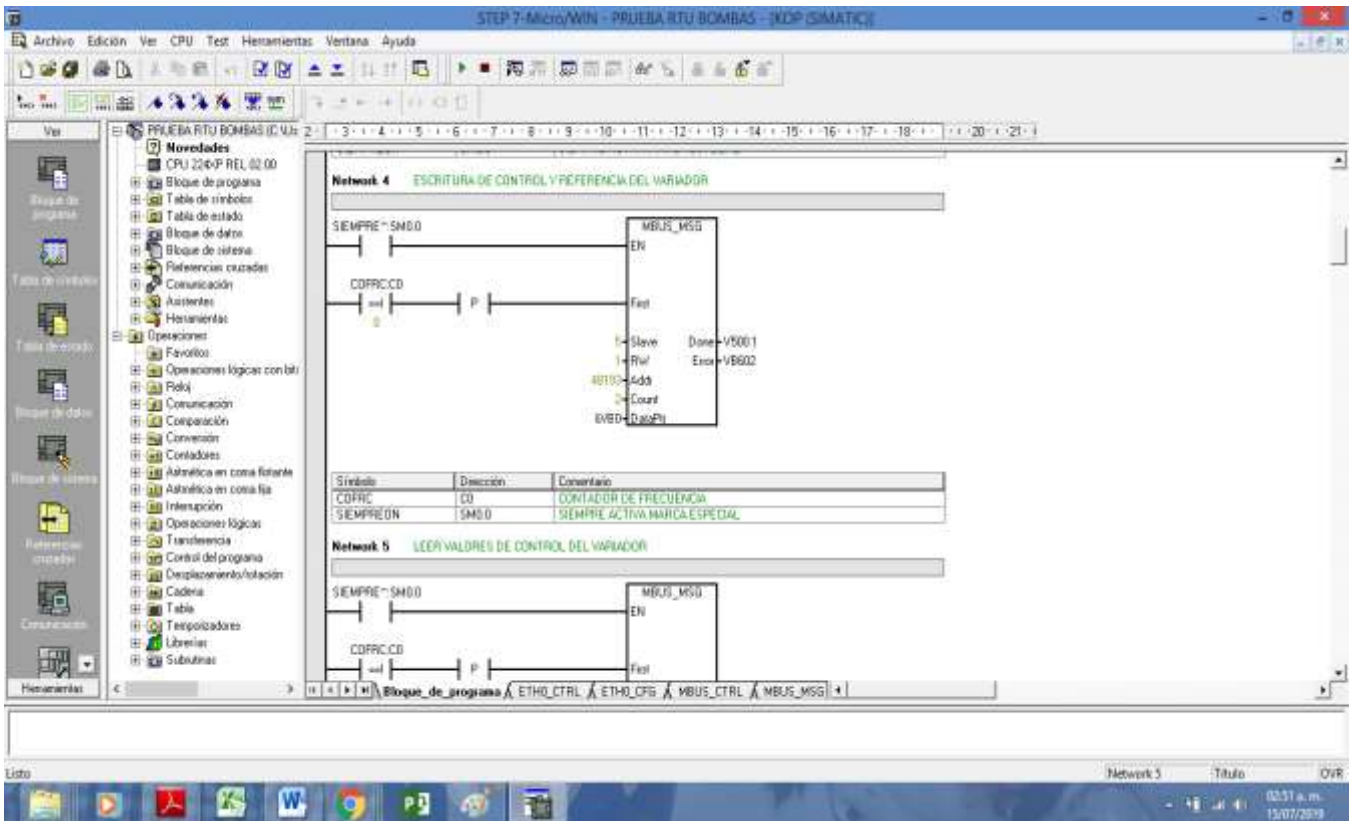


Figura 43. Estructura de control del variador de frecuencia
Fuente: Elaboración propia

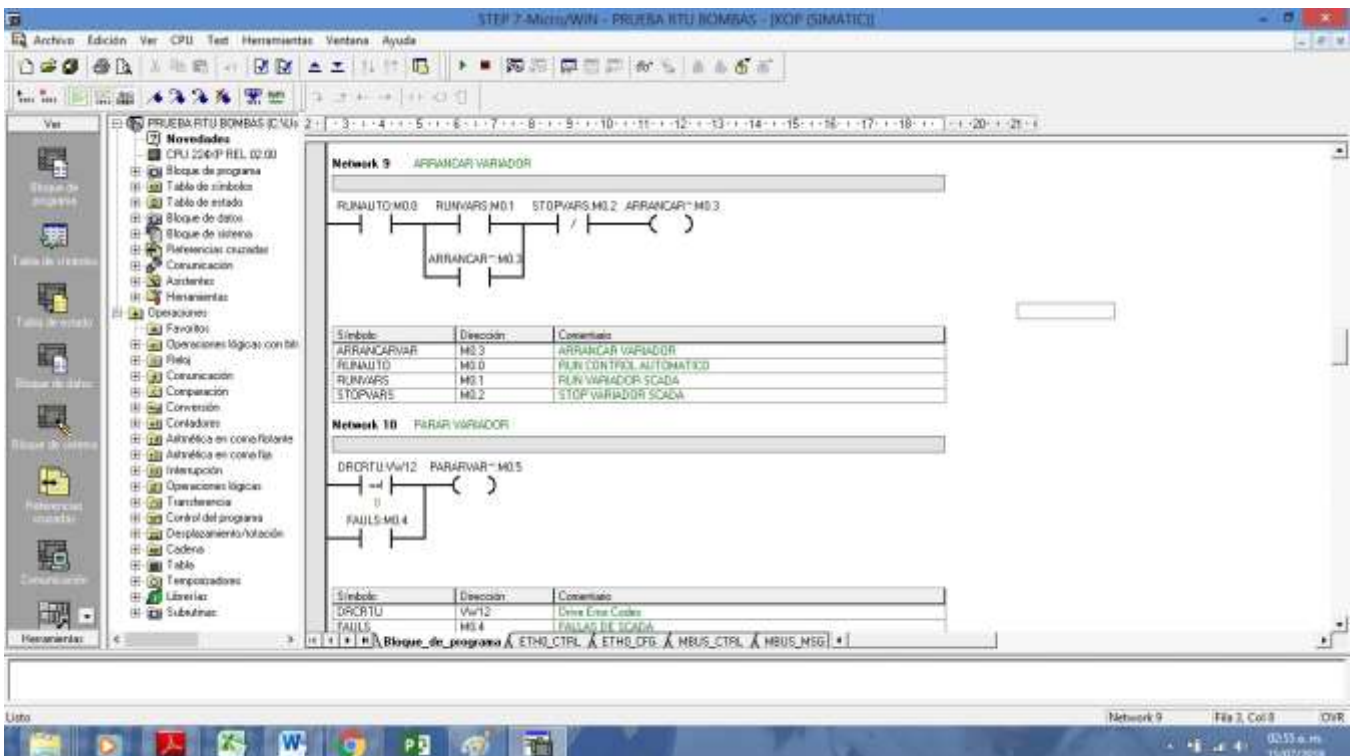


Figura 44. Arranque y parada del variador de frecuencia
Fuente: Elaboración propia

3.3.6. Servidor OPC PC Access SP2

La interfaz comprende de manera general lo siguiente (figura 45):

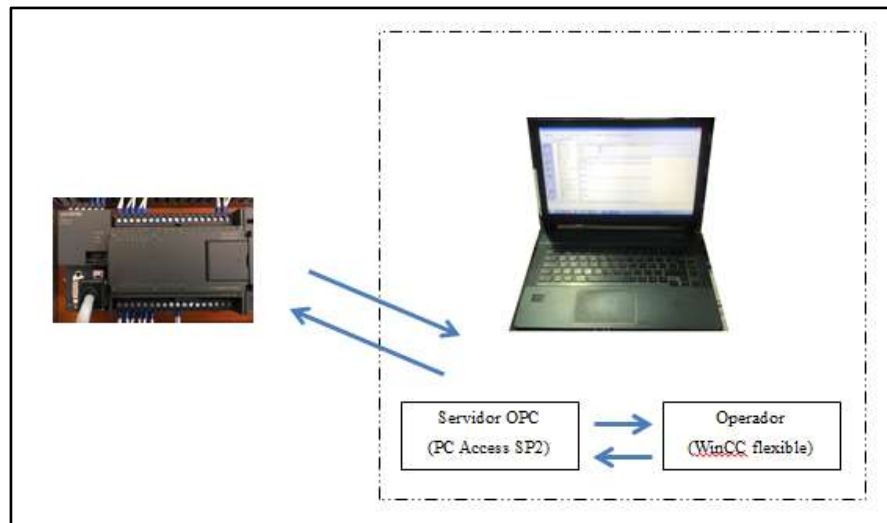


Figura 45. Esquema general de funcionamiento de un servidor OPC
Fuente: Elaboración propia

- Un servidor OPC (OLE for Process Control) encargado de acceder las variables necesarias en el PLC y mostrarlas en tiempo real, con posibilidad de ser igualmente accedidas por otros programas.
- Un programa WinCC flexible con ventanas equipadas y controles para que el operador pueda efectuar las labores de conexión o desconexión de las electrobombas sumergibles.

Un servidor OPC trabaja según el esquema Cliente – Servidor. El OPC Server es una aplicación tipo servidor encargada de suministrar un canal para adquirir información de dispositivos industriales, tales como PLCs.

La información es entonces encaminada a una aplicación cliente presente en el PLC.

Para este proyecto se escogió un servidor OPC llamado PC Access SP2 de la empresa Siemens que tiene afinidad con los drivers para comunicación Ethernet Industrial bajo TCP/IP (figura 46).

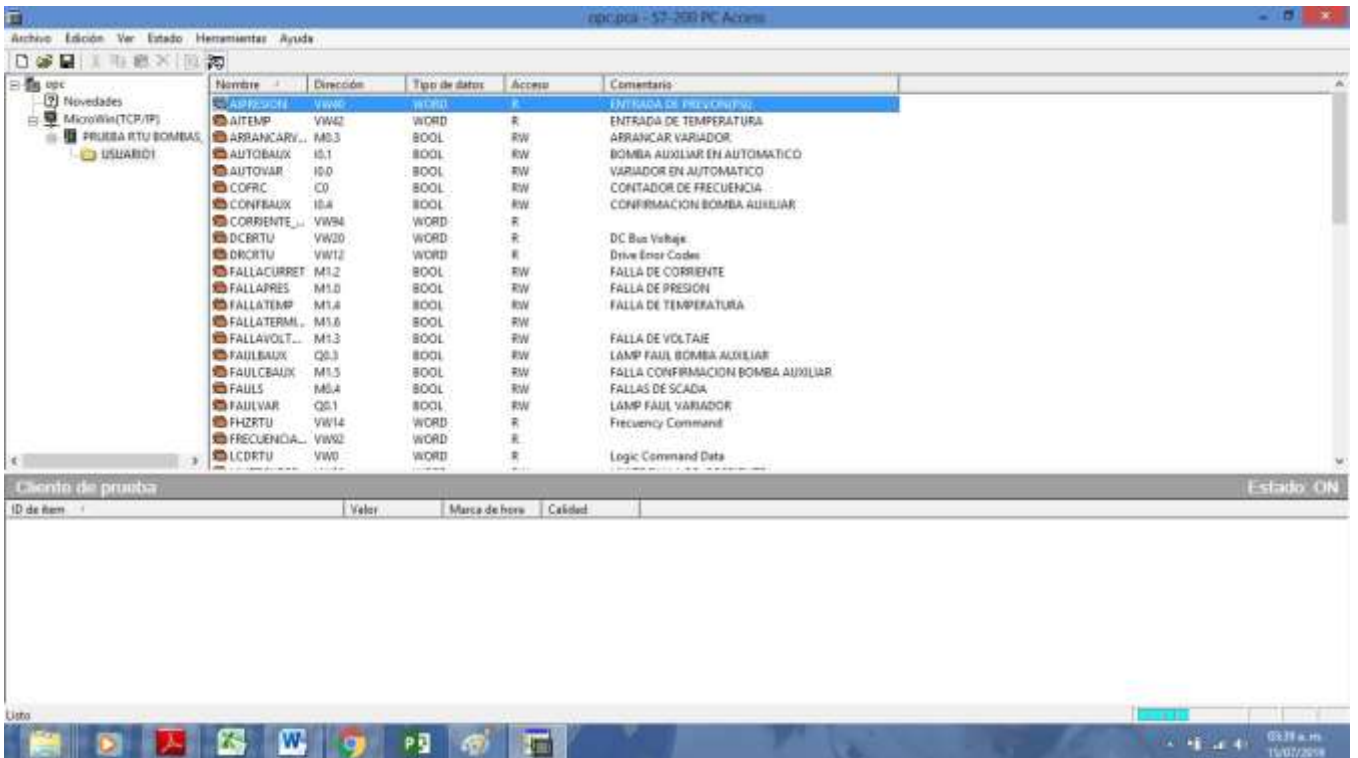


Figura 46. Componentes para establecer la comunicación PC Access SP2
Fuente: Elaboración propia

3.3.7. La interfaz para el operador WinCC flexible (SCADA)

La principal función del interfaz, es de comunicarse con el OPC Server para poder acceder las variables del PLC remoto.

La interfaz directa entre el operador y el sistema de conexión/desconexión de cargas es una aplicación desarrollada en WinCC flexible a la que se le dio el nombre de Supervisión de Bombas.

El programa suministra ventanas con elementos gráficos que permiten observar la data en tiempo real de los parámetros a controlar, los cuales son voltaje, amperaje, presión y temperatura (figura 47 y 48).

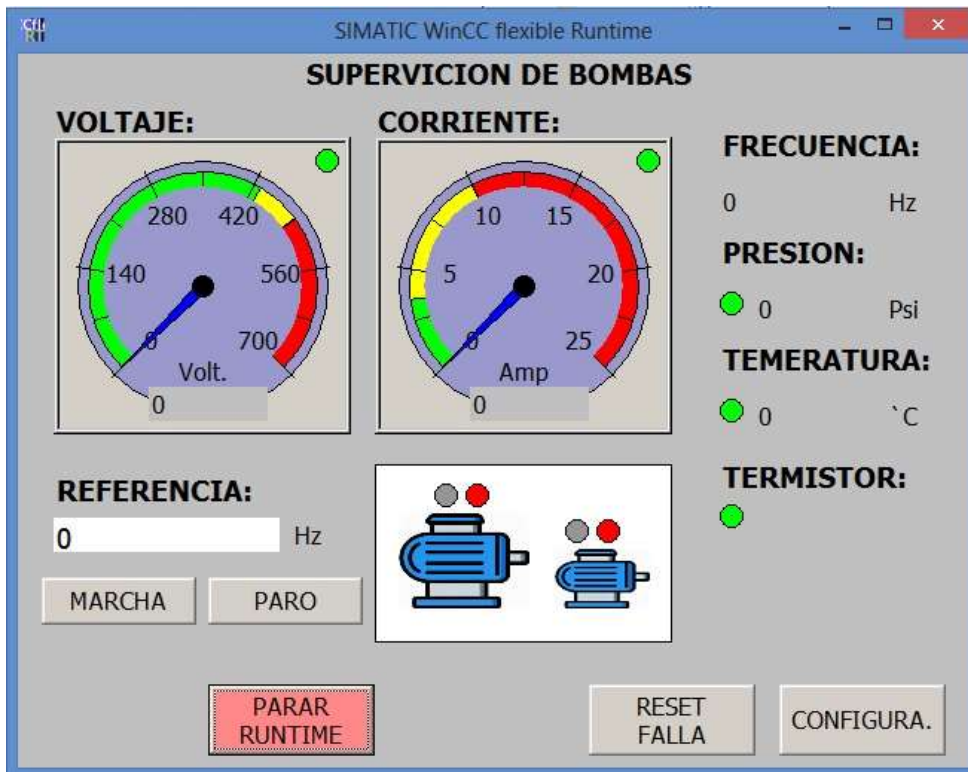


Figura 47. Supervisión de Electrobombas
Fuente: Elaboración propia

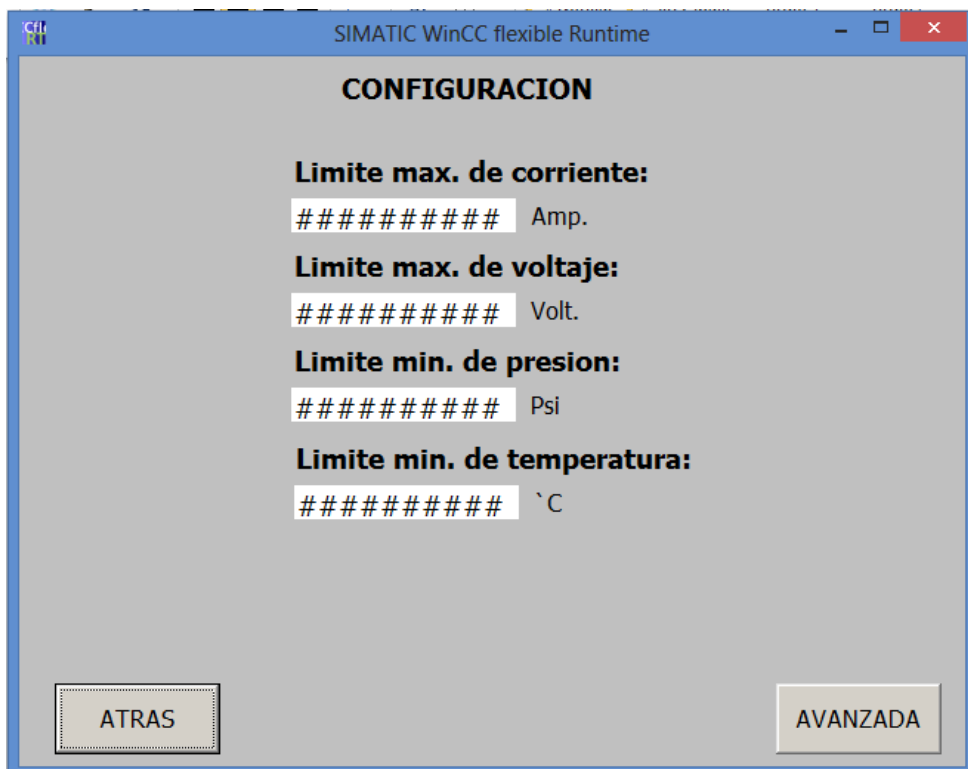


Figura 48. Límites máximos de parámetros a controlar
Fuente: Elaboración propia

3.4. Validación del sistema de control automático

Para poder validar que el sistema de control automático implementado funciona, hemos realizado una grabación en video donde se podrá observar el tablero de control implementado y lo más relevante el control de los parámetros de voltaje, amperaje, presión y temperatura. El lugar donde se realizaran los ensayos será en el taller de la empresa CIA GREER SAC, esto mediante un pozo diseñado para probar sus propias electrobombas (figura 49 y 50).



Figura 49. Pozo de pruebas del taller de la empresa CIA GREER SAC
Fuente: Elaboración propia



Figura 50. Tablero de control culminado
Fuente: Elaboración propia

3.5. Evaluación costo beneficio del proyecto

Costo de implementación del tablero de control.

Tabla 11.

Costo de implementación del tablero de control

TABLERO DE CONTROL				
ÍTEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	1	VARIADOR DE VELOCIDAD Capacidad: 2HP - 220 VAC / Marca: POWERFLEX	S/. 600.00	S/. 600.00
2	1	PLC S7-200 CPU-224 XP Marca: SIEMENS	S/. 700.00	S/. 700.00
3	1	MODULO ETHERNET CP243-1 / FUENTE 24 V Marca: SIEMENS	S/. 400.00	S/. 400.00
4	1	SENSOR DE PRESIÓN Rango: 0 - 10 BAR / Señal: 4 - 20 mA	S/. 600.00	S/. 600.00
5	1	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 440 V - 220 V	S/. 190.00	S/. 190.00
6	1	TABLERO METÁLICO Medidas: 50x40x25 cm	S/. 160.00	S/. 160.00
7	3	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO Marca: Schneider	S/. 60.00	S/. 180.00
8	2	SELECTOR GIRATORIO Modelo: 3 posiciones / Marca: Schneider	S/. 31.50	S/. 63.00
9	1	BORNERAS PARA RIEL DIN Marca: Schneider	S/. 40.50	S/. 40.50
10	5	PILOTO LUMINOSO LED 24V Marca: Scheneider / Color: Verde, rojo y amarillo	S/. 6.30	S/. 31.50
11	1	RIEL DIN, CANALETAS	S/. 9.00	S/. 9.00
12	1	OTROS	S/. 30.00	S/. 30.00
			SUB TOTAL	S/. 3,004.00

Fuente: Elaboración propia

Costo de modificaciones en la electrobomba.

Tabla 12.

Costo de modificaciones en la electrobomba.

ELECTROBOMBA				
ÍTEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	1	SENSOR DE TEMPERATURA Marca: UHS Thermik / Rango: 125 °C	S/. 70.00	S/. 70.00
2	10	CABLE DE ALIMENTACIÓN N° de Cable: 4G2.5 mm	S/. 4.00	S/. 40.00
3	1	MANÓMETRO Rango: 0 - 100 PSI	S/. 70.00	S/. 70.00
4	10	MANGUERA DE ALTA PRESIÓN Rango: 300 PSI	S/. 3.20	S/. 32.00
5	1	OTROS	S/. 30.00	S/. 30.00
			SUB TOTAL	S/. 212.00

Fuente: Elaboración propia

3.5.1 Costo total del sistema de control automático.

Tabla 13.

Costo total del sistema de control automático

SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO		
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL
1	Costo de implementación del tablero de control	S/. 3,004.00
2	Costo de modificaciones en la electrobomba	S/. 212.00
		S/. 3,216.00

Fuente: Elaboración propia

3.5.2 Beneficio del proyecto.

A continuación, analizaremos el costo beneficio que nos dará el siguiente proyecto.

En primer lugar, hemos pedido información a la empresa dueña de las electrobombas para determinar cuánto es costo por mantenimiento correctivo. Para ello veremos los valores monetarios en el siguiente cuadro (tabla 14):

Tabla 14.

Cuadro de costos por mantenimiento correctivo.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	C. UNITARIO (U\$\$ DÓLARES)	COSTO TOTAL U\$\$ (DÓLARES)
1	REBOBINADO DE MOTOR 2 HP	\$ 150.00	\$ 150.00
1	RODAMIENTO 6301 - 2RS	\$ 22.00	\$ 22.00
1	RODAMIENTO 6304 - 2RS	\$ 4.20	\$ 4.20
1	KIT DE ORING	\$ 26.67	\$ 26.67
1	BORNERA	\$ 28.33	\$ 28.33
1	JUNTA MECÁNICA (SUPERIOR/INFERIOR)	\$ 200.00	\$ 200.00
1	METALIZADO DE EJE	\$ 60.00	\$ 60.00
1	INYECTADO DE POLIURETANO (ANILLO DIFUSOR)	\$ 39.67	\$ 39.67
1	INYECTADO DE POLIURETANO (DIFUSOR SUPERIOR)	\$ 16.67	\$ 16.67
1	INYECTADO DE POLIURETANO (DIFUSOR INFERIOR)	\$ 16.67	\$ 16.67
1	INSUMOS (ACEITE/PINTURA/PRUEBA)	\$ 6.67	\$ 6.67
		SUB-TOTAL	\$ 570.87
		IGV 18%	\$ 102.76
		TOTAL	\$ 673.62


Fuente: Empresa CIA GREER SAC

Estos mantenimientos se dan cada 30 días aproximadamente de uso de trabajo, basándonos en los cálculos de tiempo promedio entre fallas, el valor de la disponibilidad de la electrobomba es de un 48.89% indicando un porcentaje sumamente bajo para dichos indicadores.

Por lo tanto, para fin de este proyecto, haremos un nuevo cálculo de tiempo promedio entre fallas con el sistema de control automático implementado el

cual solo tendrá una parada cada 3 meses según el programa de mantenimiento de la empresa CIA GREER SAC (tabla 15).

Tabla 15.
Programa de mantenimiento preventivo

		FORMATO										Código: F-MANTTO-01											
		PROGRAMA MENSUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS										Versión: 01											
												Página: 1 de 1											
OBRA:		AÑO:																					
												MES											
Nº	EQUIPO	CODIGO INTERNO	MODELO	ULTIMO MANTENIMIENTO		PROXIMO MANTENIMIENTO		HM ACTUAL	HM FALTANTES	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12	Observaciones	
				FECHA	HOROMETRO	HOROMETRO	HOROMETRO																
1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							

TIPO DE MANTENIMIENTO	
MAN - 1	Manto 3200 Hrs: Regulación de difusor inferior o cambio de difusor inferior
MAN - 2	Manto 4400 Hrs: Cambio de rodajes, sellos, cambio de difusor inferior
MAN - 3	Manto 6600 Hrs: Cambio de impulsor, regulación de difusor inferior, mantenimiento de motor, bornera y cable bombas
MAN - 4	Manto 8800 Hrs: Cambio de rodajes, sellos, cambio de difusor inferior, rebobinado de motor.

Elaborado por: Aprobado por:

Jefe de Equipos Gerente de Mantenimiento

El usuario es responsable de asegurar el uso de la versión vigente a través del sitio web del DGI o en consulta con el Coordinador o Facilitador

Fuente: Empresa CIA GREER SAC

Cálculo:

Con el control automático sería 1 parada = 5 días de mantenimiento preventivo.

3 meses sería 3 x 30 = 90 días

Entonces 90 – 5 = 85 días

Para MTTR:

$$MTTR = \frac{5}{1} = 5 \text{ DÍAS}$$

Para MTTF:

$$MTTF = \frac{85}{1} = 85 \text{ DÍAS}$$

Para MTBF:

$$MTBF = \frac{90}{1} = 90 \text{ DÍAS}$$

DISPONIBILIDAD:

$$Dis = \frac{85}{90} = 0.94 = 94 \%$$

A continuación, veremos el presupuesto de equipamiento para la automatización de la electrobomba sumergible (tabla 16).

Tabla 16.
Cuadro de presupuesto

PRESUPUESTO DE IMPLEMENTACIÓN			
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL S/	COSTO TOTAL \$
1	Costo de implementación del tablero de control	S/. 3,004.00	\$ 910.30
2	Costo de modificaciones en la electrobomba	S/. 212.00	\$ 64.24
2	Mano de obra (20% del total)	S/. 643.20	\$ 194.91
		S/. 3,859.20	\$ 1,169.45

Fuente: Elaboración propia

La empresa CIA GREER SAC, nos brindó la información del costo de alquiler mensual para este tipo de electrobombas de 2 HP, la suma es de 750.00 dólares mensuales.

Haremos el cálculo basándonos en los 3 primeros meses de trabajo ininterrumpido, hasta su primer mantenimiento preventivo, este monto asciende a los 2,250.00 dólares.

A continuación, calcularemos el retorno de inversión:

$$ROI = \frac{\textit{Beneficio} - \textit{inversión}}{\textit{inversión}}$$

Dónde:

$$\textit{Beneficio} = 2,250.00 \textit{ dólares}$$

$$\textit{Inversión} = 1,169.45 \textit{ dólares}$$

$$ROI = \frac{2250 - 1169.45}{1169.45}$$

$$ROI = 0.9$$

$$ROI = 90\%$$

De este ejercicio podemos concluir, que con un sistema de control automático implementado en las electrobombas sumergibles, estamos ganando el 90% del valor invertido.

IV. DISCUSIÓN

El objetivo principal de este proyecto de investigación fue diseñar e implementar un sistema de control automático para analizar diversos parámetros que facilitaran el correcto funcionamiento de las electrobombas y mejorar su operatividad. Se analizó diversos diseños y se determinó un diseño eficiente donde podemos medir la presión, temperatura, amperaje y voltaje las cuales son causante de falla en las electrobombas y del mismo modo mejorar la calidad y eficiencia en la operatividad.

Al principio se tuvo algunos altercados con respecto a la selección de unas de las electrobombas, de tal manera que analizamos tres de ellas con diferente información en cuanto a sus niveles de potencia. sin embargo, al analizar los equipos nos dimos cuenta y determinamos que el equipo de sistema automático que vamos a implementar puede funcionar en cualquiera de ellas según un modelo de diseño que plasmemos. De esta manera, decidimos por la electrobomba sumergible de capacidad 2 Hp de potencia para poder manipular con más flexibilidad por temas burocráticos de la empresa CIA GREER SAC prestadora de este servicio.

Determinamos también que la rentabilidad de la empresa subiría considerablemente debido a que con el sistema de control automático las disponibilidades de las electrobombas serían más eficientes y duraderas en el tiempo. De tal manera que, este beneficio se ve plasmado tanto en el cuidado de las electrobombas, recurso humano y la rentabilidad de la empresa que brinda estos servicios (CIA GREER SAC) y también en las empresas mineras que contraten este servicio.

Ojeda (2012), en la tesis titulada: *Diseño de un sistema de automatización industrial para el sistema de bombeo de aguas acidas (Unidad Minera Yanacocha – Cajamarca)*

Esta investigación tiene por finalidad realizar un sistema de bombeo automatizado para aguas acidas de las minas, porque el agua es un elemento principal y considerable para las operaciones en las minas o en cualesquiera de proyectos mineros nuevos. Según estudios el agua es una buena opción de suministro ya que este elemento se encuentra muchas veces cerca de las minas o en esta propia.

Nosotros consideramos una buena propuesta de estos autores porque las empresas mineras requieren que su nivel de trabajo para explotación del mineral del sub suelo sea de manera continua y constante, y esto es muchas veces factor de perdida tanto de tiempo como de dinero, es por ello que al implementar un sistema de control automático en las electrobombas sumergibles reduce el nivel de anomalías y aumenta el trabajo eficiente y por ende aumenta su disponibilidad continua debido a que podemos supervisar y controlar con datos reales que nos arrojan los diferentes sensores.

Yanos y Paredes (2016), en la tesis titulada: *Diseño para la optimización de un sistema control, monitoreo y seguridad de la sección intermedia de transporte de combustible de “Corazón”*

Concluyen que implementando el sistema de control automático en los poliductos existentes de la empresa CORAZON modernizan la estación de bombeo convencional y esto brindará una buena administración, flexibilidad y seguridad para sus operarios debido que hay manipulaciones y espacios con alto riesgo para sus vidas y también habrá mayor índice de cuidado en los equipos e inclusive para el medio ambiente.

En este caso respaldamos la conclusión de estos autores debido a que una implementación de un sistema de control automático reduce los índices de riesgo tanto para los equipos como para los operarios que día a día manipulan estas máquinas en espacios reducidos arriesgando muchas veces sus vidas, por lo tanto, con este sistema automático solo llevarían el control y supervisión a través de su computador.

V. CONCLUSIONES

1. En el siguiente proyecto hemos encontrado a través de un análisis la disponibilidad actual de la electrobomba y concluimos que tiene una disponibilidad baja y es necesaria implementar un diseño de control automático para elevar este indicador importante.
2. Realizamos un análisis de las partes de la electrobomba para determinar un diseño eficiente en cuanto la colocación de los diversos sensores que se añadirán al equipo para su eficiente funcionamiento con el sistema automático.
3. concluimos que fue necesario utilizar con PLC S7 200 y un equipo de MODULO ETHERNET para conectar toda la información a nuestra PC donde instalamos nuestro programa de SCADA donde supervisamos, controlamos y adquirimos todos los datos.
4. A través. de las pruebas en la cámara de bombeo de la empresa CIA GREER SAC podemos concluir que el sistema de control automático cumple con lo que hemos querido lograr. Arrojándonos los parámetros necesarios para identificar las anomalías que son consecuencia de falla en las electrobombas.
5. Al haber hecho el análisis de costo beneficio del proyecto, podemos concluir que el costo por implementación del sistema automático se puede recuperar en los primeros meses y a la vez elevaría su rentabilidad minimizando mantenimientos correctivos que son un gasto excesivo.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer un análisis de mejora continua para el sistema de control automático de tal manera que en el tiempo se pueda integrar de dos a más electrobombas.
- Se recomienda hacer un seguimiento a los componentes del sistema automático para tener una buena funcionalidad de los diversos sensores, tablero de control, etc.

REFERENCIAS

- r. I. me Intyre, (1996) *“control de motores eléctricos”, editorial alfa omega, México d.f.*
- C. Lucero, (2003) *«“Sistema de bombeo hidráulico aplicado a completaciones dobles para la producción de petróleo”,» Universidad Tecnológica Equinoccial, Tesis de Grado, Ecuador.*
- Atlantic International University, (2008). *Mantenimiento Industrial. Consultado el 6 de mayo de 2019. Disponible en <https://cursos.aiu.edu/Mantenimiento%20Industrial/PDF/Tema%201.pdf>.*
- D. A. López López y G. E. Sánchez Navarrete, (2008) *«Diseño e Implementación del Sistema SCADA para el Dosificador de Polímero de la Planta de Tratamiento de agua potable del Casigana de EMAPA,» ESPE, Tesis de Grado, Latacunga. Ecuador.*
- Ojeda, C. (2012), *Diseño de un sistema de automatización industrial para el sistema de bombeo de aguas acidas (Unidad Minera Yanacocha – Cajamarca). Perú*
- Robayo F., Silva D., Mosquera D. (2015) *Sistema de control automatizado en planta de cargue de agua potable para camiones cisterna. Colombia.*
- Martínez J. (2015). *Automatización del sistema de bombas de abastecimiento. México*
- Yanos J. y Paredes L (2016) *Diseño para la optimización de un sistema control, monitoreo y seguridad de la sección intermedia de transporte de combustible de “Corazón” Perú.*
- Flores M., Liza J. (2017). *Diseño de un sistema automatizado de abastecimiento de agua para el establo de la empresa Láctea S.A. Perú.*
- Delgado (2013). *Ingeniería de detalles de una planta elevadora de aguas servidas de capacidad $q=11,5$ l/s y $h=6,0$ m. de bombas sumergibles. Chile.*

ANEXOS

Matriz de Consistencia

Tabla 17.

Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
AUTOR: García Ibañez, Jhonatan Valderrama Contreras, José				
TITULO: Desarrollo de un sistema de control automático para el trabajo eficiente en la operatividad de las electrobombas sumergibles en las empresas mineras de socavón				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
DEFICIENCIAS EN EL CONTROL DE LA OPERATIVIDAD DE LAS ELECTROBOMBAS SUMERGIBLES EN EMPRESAS MINERAS DE SOCAVÓN	<p>► OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Desarrollar un sistema de control automático para el trabajo eficiente en la operatividad de las electrobombas sumergibles en las empresas mineras de socavón.</p> <p>► OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar la variable fundamental que permite medir la eficiencia de la operatividad de la electrobomba. • Seleccionar los actuadores, sistema sensitivo y controladores. • Desarrollar el programa que permitirá controlar las variables de operatividad. • Validar el sistema de control implementado mediante pruebas. • Evaluar el costo beneficio del proyecto. 	<p>CON EL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO MEJORAREMOS LA OPERATIVIDAD, ALARGAREMOS LA VIDA ÚTIL Y OPTIMIZAREMOS EL RENDIMIENTO DE LAS ELECTROBOMBAS SUMERGIBLES EN LAS POZAS DE BOMBEO.</p>	<p>► VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA ELECTROBOMBAS SUMERGIBLES</p> <p>► VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>OPERATIVIDAD DE LAS ELECTROBOMBAS SUMERGIBLES</p>	1. Tipo de Investigación: INVESTIGACIÓN APLICADA
	2. Nivel de Investigación: DESCRIPTIVA			
	3. Método: DEDUCTIVO			
	4. Diseño de la Investigación: PRE-EXPERIMENTAL			
	5. Población: ELECTROBOMBA SUMERGIBLE			
	6. Muestra: ELECTROBOMBA SUMERGIBLE			
	7. Técnicas: OBSERVACIÓN			
	8. Instrumentos: HOJA DE REGISTRO			
	9. Indicador: DISPONIBILIDAD			

Fuente: Elaboración propia

Cronograma de Ejecución

Tabla 18.
Cronograma de ejecución

No	ACTIVIDADES	SEMANAS															
		MES 1 (MARZO)				MES 2 (ABRIL)				MES 3 (MAYO)				MES 4 (JUNIO)			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Reunión de coordinación	■	■														
2	Determinar los parámetros de diseño			■	■												
3	Selección de elementos automáticos					■	■										
4	Realización de diseño en PLC							■	■	■							
5	Ensamble										■	■					
6	Calibración											■					
7	Prueba												■				
8	Resultados														■		
9	Exposición final															■	■

Fuente: Elaboración propia

Validación de Instrumentos

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor:

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mi saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiante del programa de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optaré el título de Ingeniero.

El título nombre de mi proyecto de investigación es: "Desarrollo de un sistema de control automático para el trabajo eficiente en la operatividad de las electrobombas sumergibles en las empresas mineras de socavón" y siendo imprescindible contar con la aprobación de profesionales especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en el tema.

El expediente de validación, que le hago llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Matriz de consistencia.
- Matriz de operacionalización de las variables.

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

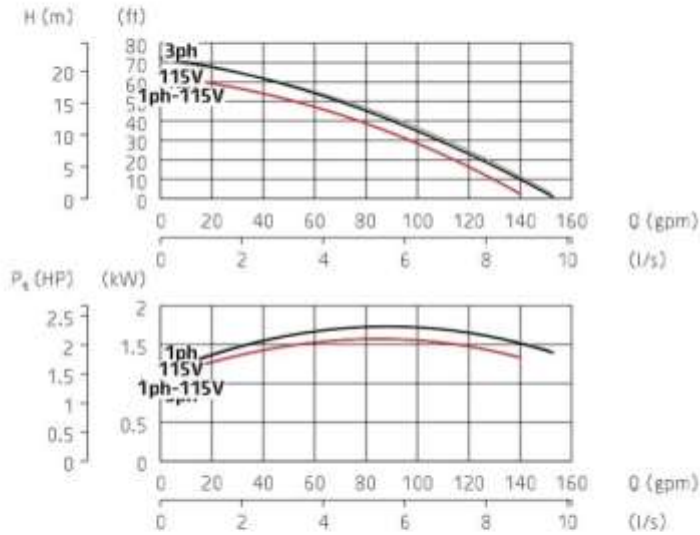
Firma
Nombres y apellidos
D.N.I:

Figura 51. Validación de instrumentos de medición de datos
Fuente: Elaboración propia

Ficha técnica de la electrobomba sumergible MINEX

10 | BOMBAS DE DRENAJE

MINEX



Datos Técnicos 60 Hz

	Minex 1-ph 230V	Minex 3-ph
Tipo de bomba	8101.160	8101.172
Conexión de descarga	2"	2"
Potencia nom. de salida P2	2.0 HP (1.5 kW)	1.9 HP (1.4 kW)
Consumo máximo P1	1.8 kW	1.8 kW
Velocidad del eje	3460 RPM	3355 RPM
Corriente nominal a 230V	8.2 A	5.2 A
Corriente nominal a 460V	-	2.6 A
Corriente nominal a 575V	-	2.1 A
Paso	0.3" (7.5 mm)	0.3" (7.5 mm)
Max. altura	25.5" (646 mm)	24.25" (616 mm)
Max. anchura	7.9" (200 mm)	7.9" (200 mm)
Peso	55 lbs (25 kg)	47.5 lbs (21.5 kg)

Para obtener más información, consulte las hojas de datos.
Las especificaciones están sujetas a modificaciones sin previo aviso.

Grindex - Genuina ingeniería Sueca desde 1940

Ficha técnica del sensor de temperatura UHS THERMIK S06

Technical Data Type S06

The listed products are an extract from our standard range. Other versions and customised manufacturing are available upon request.

S06

Standard \varnothing 5.8 mm
Insulation height h from 6.7 mm
Length of the insulation cap 16.0 mm

Type: Normally closed, resets automatically, with connector cables, with epoxy insulation, Mylar®, Nomex®

Nominal switching temperature (NST) in 5 °C increments	70 °C - 200 °C
Tolerance (standard)	±5 K
Reverse switch temperature (RST) below NST (defined RST is possible at the customer's request)	UL -35 K ±15 K VDE ≥ 35 °C
Installation height	from 6,7 mm
Diameter	9,4 mm
Length of the insulation cap	16,0 mm
Resistance to impregnation *	suitable
Suitable for installation in protection class	I + II
Pressure resistance to the switch housing *	600 N
Standard connection	Lead wire 0,75 mm ² / AWG18
Available approvals (please state)	IEC, ENEC, VDE, UL, CSA, CQC
Operational voltage range AC/DC	up until 500 V AC / 28 V DC
Rated voltage AC	250 V (VDE) 277 V (UL)
Rated current AC cos $\varphi = 1.0$ /cycles	10,0 A / 10.000
Rated current AC cos $\varphi = 0.6$ /cycles	6,3 A / 10.000
Max. switching current AC cos $\varphi = 1.0$ /cycles	25,0 A / 2.000
Rated voltage DC	24 V
Max. switching current DC/cycles	40,0 A / 10.000
High voltage resistance	2,0 kV
Total bounce time	< 1 ms
Contact resistance (according to MIL-STD-883C)	≤ 50 mΩ
Vibration resistance at 10 ... 60 Hz	100 m/s ²

Current sensitivity characteristic at I_{nom} dependent of:

- Thermal coupling
- Application area
- Built-in conditions
- Outer influences
- Wiring length / wiring diameter

Ordering example:

S06 - 125.05 0100/ 0100

Type / version _____
NST [°C] _____
Tolerance [K] _____
Lead lengths [mm] _____

Marking example:

Trade mark _____ thermik
Type / version _____ S06
NST [°C] . Tolerance [K] — 125.05

More varieties of the type series 06:

- C26 – with connector cables, with epoxy, without insulation
- U31 – with connector cables, with epoxy, fully insulated in a sleeve on housing
- F32 – with connector pins, with epoxy, fully insulated in the attachment housing
- W33 – with connector cables, and double-insulated in the attachment housing
- S06 – with connector cables, with epoxy, fully insulated in a Mylar® cap
- F32 – with connector cables, with epoxy, fully insulated in a Nomex® cap
- C26HT – with connector cables, silicone coated, without insulation
- S06HT – with connector cables, silicone coated, insulation, PTFE
- H32 – with connector cables, with epoxy, fully insulated in the attachment housing

www.thermik.de/06/C26
www.thermik.de/06/U31
www.thermik.de/06/F32
www.thermik.de/06/W33
www.thermik.de/06/S06
www.thermik.de/06/F32
www.thermik.de/06/C26HT
www.thermik.de/06/S06HT
www.thermik.de/06/H32

thermik
brings temperatures under control

Thermik Gerätebau GmbH
Salzstraße 11 · 99706 Sondershausen · Germany
TEL: 0049 (0)3632-54 12 - 0 · FAX: 0049 (0)3632-54 12 49 100
www.thermik.de

Ficha técnica del sensor de Presión I SS 305

SS305 series version Q03.23.C03 Senco Sensor™ | Live for the sensor www.pressuresensorsupply.com
SS305 series piezoresistive pressure transmitters for severe industrial environments

Electrical specifications

	4-20mA (enhanced digital)	0-10V (enhanced digital)	0-5V/0.5-4.5V (analog)	0.5-4.5V (analog)
Supply voltage	9-30Vdc	11-30Vdc	10-36Vdc	5Vdc
Polarity protected	yes	yes	yes	yes
Short-circuit protected	yes	yes	yes	yes
Zero and span adjustment	No	No	yes	yes
Surge protection	yes	yes	No	No

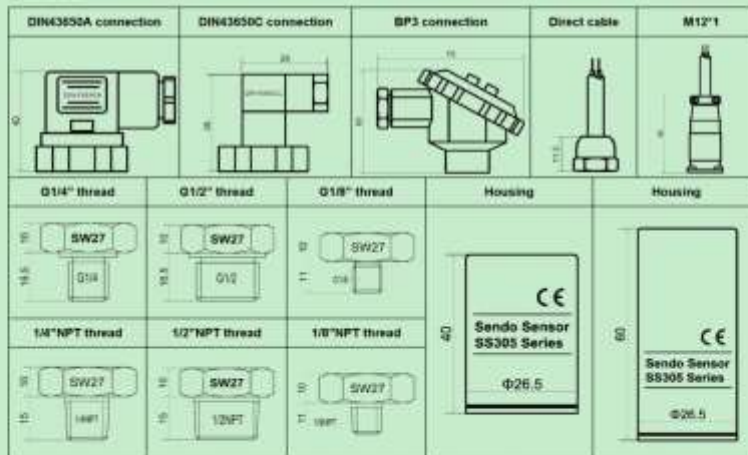
Environmental conditions

Medium temperature range	-40°C → +100°C
Ambient temperature range (depending on electrical connection)	-20°C → +80°C
Compensated temperature range	-10°C → +70°C
EMC - Emission	EN 61000-6-3
EMC - Immunity	EN 61000-6-1
Insulation resistance	>100 MΩ at 250 V

Mechanical characteristics

Materials	Diaphragm	Stainless steel 316L
	Enclosure	Stainless steel 304
	Electrical connections	PA66, stainless steel
Weight (depending on pressure connection and electrical connection)	0.15 - 0.3 kg	
Pressure connection	See Ordering information in page 3	
Electrical connection	DIN43650A(Hirschmann), Direct cable, M12*1, BP3, DIN43650C	

Dimensions



Ficha técnica del variador de frecuencia POWERFLEX 40

Español-4

Conformidad con CE

Consulte el PowerFlex 40 *User Manual* para obtener detalles respecto a cómo cumplir con las directivas sobre bajo voltaje (LV) y sobre compatibilidad electromagnética (EMC).

Especificaciones, fusibles y disyuntores

Características nominales del variador

Número de catálogo ⁽¹⁾	Clasificaciones de salida		Clasificaciones de entrada			Protección de circuitos de bifurcación			Disipación de potencia IP20 abierto Watts
	kW (HP)	Amps	Rango de voltajes	kVA	Amps	Fusibles	Protectores de Motor 140M	Contactores	
Entrada monofásica 100–120 VCA (±10 %) – Salida trifásica 0–230 V									
22B-V2P3x104	0.4 (0.5)	2.3	90–132	1.15	9.0	15	140M-C2E-C16	100-C12	40
22B-V5P0x104	0.75 (1.0)	5.0	90–132	2.45	20.3	35	140M-D8E-C20	100-C23	60
22B-V6P0x104	1.1 (1.5)	6.0	90–132	3.0	24.0	40	140M-F8E-C32	100-C37	80
Entrada monofásica 200–240 VCA (±10 %)⁽²⁾ – Salida trifásica 0–230 V									
22B-A2P3x104	0.4 (0.5)	2.3	180–264	1.15	6.0	10	140M-C2E-B63	100-C09	40
22B-A5P0x104	0.75 (1.0)	5.0	180–264	2.45	12.0	20	140M-C2E-C16	100-C12	60
22B-A8P0x104	1.5 (2.0)	8.0	180–264	4.0	18.0	30	140M-D8E-C20	100-C23	85
22B-A012x104	2.2 (3.0)	12.0	180–264	5.5	25.0	40	140M-F8E-C32	100-C37	125
Entrada trifásica 200–240 VCA (±10 %) – Salida trifásica 0–230 V									
22B-B2P3x104	0.4 (0.5)	2.3	180–264	1.15	2.5	6	140M-C2E-B40	100-C07	40
22B-B5P0x104	0.75 (1.0)	5.0	180–264	2.45	5.7	10	140M-C2E-C10	100-C09	60
22B-B8P0x104	1.5 (2.0)	8.0	180–264	4.0	9.5	15	140M-C2E-C16	100-C12	85
22B-B012x104	2.2 (3.0)	12.0	180–264	5.5	15.5	25	140M-C2E-C16	100-C23	125
22B-B017x104	3.7 (5.0)	17.5	180–264	8.6	21.0	30	140M-F8E-C25	100-C23	180
22B-B024x104	5.5 (7.5)	24.0	180–264	11.8	26.1	40	140M-F8E-C32	100-C37	235
22B-B033x104	7.5 (10.0)	33.0	180–264	16.3	34.6	60	140M-G8E-C45	100-C60	305
Entrada trifásica 380–480 VCA (±10 %) – Salida trifásica 0–460 V									
22B-D1P4x104	0.4 (0.5)	1.4	342–528	1.4	1.8	3	140M-C2E-B25	100-C07	35
22B-D2P3x104	0.75 (1.0)	2.3	342–528	2.3	3.2	6	140M-C2E-B40	100-C07	50
22B-D4P0x104	1.5 (2.0)	4.0	342–528	4.0	5.7	10	140M-C2E-B63	100-C09	70
22B-D6P0x104	2.2 (3.0)	6.0	342–528	5.9	7.5	15	140M-C2E-C10	100-C09	100
22B-D010x104	4.0 (5.0)	10.5	342–528	10.3	13.0	20	140M-C2E-C16	100-C23	160
22B-D012x104	5.5 (7.5)	12.0	342–528	11.8	14.2	25	140M-D8E-C20	100-C23	175
22B-D017x104	7.5 (10.0)	17.0	342–528	16.8	18.4	30	140M-D8E-C20	100-C23	210
22B-D024x104	11.0 (15.0)	24.0	342–528	23.4	26.0	50	140M-F8E-C32	100-C43	300
Entrada trifásica 460–600 VCA (±10 %) – Salida trifásica 0–575 V									
22B-E1P7x104	0.75 (1.0)	1.7	414–660	2.1	2.3	6	140M-C2E-B25	100-C09	50
22B-E3P0x104	1.5 (2.0)	3.0	414–660	3.65	3.8	6	140M-C2E-B40	100-C09	70
22B-E4P2x104	2.2 (3.0)	4.2	414–660	5.2	5.3	10	140M-C2E-B63	100-C09	100
22B-E6P6x104	4.0 (5.0)	6.6	414–660	8.1	8.3	15	140M-C2E-C10	100-C09	160
22B-E9P9x104	5.5 (7.5)	9.9	414–660	12.1	11.2	20	140M-C2E-C16	100-C16	175
22B-E012x104	7.5 (10.0)	12.2	414–660	14.9	13.7	25	140M-C2E-C16	100-C23	210
22B-E019x104	11.0 (15.0)	19.0	414–660	23.1	24.1	40	140M-D8E-C25	100-C30	300

(1) En los números de catálogo listados, "x" representa el tipo de envoltorio. Las especificaciones son válidas para todos los tipos de envoltorio. Las clasificaciones IP66, NEMA/UL Tipo 4X están disponibles sólo en variadores de estructura B.

(2) 200–240 VCA – Los variadores monofásicos también están disponibles con un filtro EMC integral. El sufijo del catálogo cambia de N104 a N114. La opción de filtro no está disponible para los variadores con clasificación IP66, NEMA/UL Tipo 4X.

Ficha técnica de la gama de PLC S7 200

Datos, datos, datos:

Las características técnicas del sistema

Características técnicas comunes de las CPUs 221, 222, 224, 224 XP y 226

Característica	CPU 221, 222, 224, 224 XP, 226
Aritmética en coma fija de 32 bits según norma IEEE.	sí
Reguladores PID integrados plenamente parametrizables	sí, hasta 8 reguladores PID independientes
Velocidad de procesamiento al bit	0,22 µs
Interrupciones controladas por tiempo	2 (tiempo de ciclo entre 1 y 255 ms con 1 ms de resolución)
Interrupciones hardware (detección de flancos en entradas)	máx. 4 entradas
Marcas, temporizadores, contadores	256 de cada
Contadores rápidos	4-6 (según CPU), máx. 30 kHz, ó 200 kHz en la CPU 224 XP
Salidas de impulsos (modulables en ancho o frecuencia)	2 salidas, 20 kHz cada una (para variantes DC), 100 kHz en CPU 224 XP
Memoria de programas y datos	remanente (no volátil)
Memorización de datos dinámicos en caso de fallo de alimentación	remanencia: mediante condensador interno de alto rendimiento o módulo de pila adicional. No volátil; carga del bloque de datos con STEP 7-MicroWIN, TD 200C o vía programa de usuario en la EEPROM integrada
Respaldo de los datos dinámicos mediante módulo de pila	tip. 200 días
Puerto integrado de comunicación	sí, puerto RS 485 que soporta los modos siguientes: maestro o esclavo PPI / esclavo MPI / Freeport (protocolo ASCII programable)
Velocidad de transferencia máx.	187,5 kbaudios (PPI/MPI) ó 115,2 kbaudios (Freeport)
Software de programación	STEP 7-MicroWIN que sirve para todos los lenguajes como AWL, FUP ó KOP
Módulo de memoria de programa opcional	sí, programable en la CPU, para transferir programas, Data Logging, recetas, documentación
Variante DC/DC/DC	sí
Alimentación	24 V DC
Entradas digitales	24 V DC
Salidas digitales	24 V DC, máx. 0,75 A, pueden conectarse en paralelo para aumentar la potencia
Variante AC/DC/relés	sí
Alimentación	85-264 V AC
Entradas digitales	24 V DC
Salidas digitales	5-30 V DC ó 5-250 V AC, máx. 2 A (relés)

Las CPUs

Ficha técnica del módulo de comunicaciones CP243-1

Características técnicas		
Módulo de comunicaciones	EM 277, módulo PROFIBUS DP	CP 243-2, módulo maestro AS-Interface
Puerto	1 puerto de comunicación RS 485	AS-Interface
Protocolos soportados:	- esclavo en MPI - esclavo en PROFIBUS DP	AS-Interface
Velocidad de transferencia:	9.600 baudios hasta 12 Mbaudios se ajusta automáticamente	- tiempo de ciclo máx. 5 ms con 31 esclavos - tiempo de ciclo máx. 10 ms con 62 esclavos
Estaciones conectables:	- visualizador de textos TD 200, V2.0 - o superior - paneles de operador convencionales y táctiles - PGIPC con puerto MPI (descarga/estado de CPU via Micro/WIN) - CPU 57-300/400 - maestro o esclavo PROFIBUS DP	máx. 62 esclavos AS-Interface
Indicadores de estado	error CPU, Power, error DP, modo DX	ind. de estado para esclavos, ind. de error
Dirección de estación	ajustable en el módulo (0-99)	no procede
Aislamiento galvánico	500 V AC	no
Longitud máx. de cable (sin repetidor)	1200 m (a 93,75 kbaudios)	100 m
Regleta de conexión desenchufable	no	sí
Dimensiones (A x A x P en mm)	71 x 80 x 62	71,2 x 80 x 62
Peso en g	175	210
Pérdidas en W	2,5	1,8
Módulo de módem EM 241		
Conexión por teléfono:		
Aislamiento galvánico (línea telefónica resp. lógica y ...)	1500 V AC (galvánico)	
Conector	RJ11 (6 puntos, 4 hilos)	
Estándares módem	Bell 103, Bell 212, V.21, V.22, V.22 bis, V.23c, V.32, V.32 bis, V.34 (estándar)	
Características de seguridad	contraseña, callback	
Procedimiento de marcado	impulsos o tonos	
Protocolos de mensajes (SMS)	numérico TAP (alfanumérico) comandos UCP 1, 30, 51	
Protocolos estándar de la industria	modo RTU, PPI, funciones integradas para intercambio de datos	
Dimensiones (A x A x P)	71,2 x 80 x 62	
Peso	0,190 kg	
Pérdidas	2,1 W	
Requisitos V DC		
+5 V DC	80 mA	
+24 V DC	70 mA	
Módulo de comunicación Ethernet	CP 243-1	CP 243-1 IT
Velocidad de transmisión	10/100 Mbits/s	10/100 Mbits/s
Puertos (conexión a Industrial Ethernet)	RJ45	RJ45
Tensión de alimentación	24 V DC	24 V DC
Consumo desde el bus posterior / desde 24 V DC externo	55 mA/60 mA	55 mA/60 mA
Pérdidas con 24 V DC	1,75 W	1,75 W
Dimensiones (A x A x P)	71,2 x 80 x 62	71,2 x 80 x 62
Peso	150 g	150 g
Comunicación S7/PG		
Número de conexiones posibles	8 conexiones S7 + 1 conexión PG	8 conexiones S7 + 1 conexión PG
Configuración	con STEP 7 Micro/WIN (V3.2 SP1 ó superior) con STEP 7 Micro/WIN (V3.2 SP1 ó superior)	
Comunicación TI		
Número de conexiones a un servidor de e-mail	-	1
Cliente de e-mail	-	32 e-mails con máx. 1024 caracteres
Número de conexiones FTP/HTTP	-	1/4
Protección de acceso configurable	-	8 usuarios
Capacidad de memoria del sistema de archivos	-	8 Mbytes