



ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE REFRIGERADO
POR LÍQUIDO EN SALA DE VARIADORES EN LA
UNIDAD CUERPO MERY DE LA COMPAÑÍA
MINERA CASAPALCA S.A.**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
CAÑARI TAFUR, JORGE ARTURO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

LIMA- PERÚ

2017

Dedicatoria

Dedico este mi familia en especial a mi padre por adiestrarme en el camino de la vida y por el sacrificio realizado para darme la oportunidad de superarme académicamente, a mis profesores que me instruyeron día a día para ser un profesional competente.

Agradecimiento

Deseo expresar mi agradecimiento y reconocimiento a todos mis profesores por sus enseñanzas y experiencias, apoyo y dedicación en estos años de estudio. De igual manera a mi asesor, que gracias a su apoyo y sus consejos pude concluir el presente trabajo de Suficiencia Profesional. Igualmente, a mis compañeros de trabajo de la compañía MINERA CASAPALCA quienes me brindaron la información necesaria para la realización de mi trabajo.

Introducción

El trabajo que a continuación voy a presentar es acerca de un tema de mucha importancia para toda empresa minera, que tiene como nombre sistema de enfriamiento por líquido refrigerante en sala de variadores.

Así mismo conoceremos sus usos y aplicaciones. El implementar un sistema de refrigerado no es la adversidad, si no el control que nosotros implementemos para hacerlo a un 100% eficiente. Y es donde entramos a un sistema de automatización. Toda empresa minera por su mismo proceso de extracción se enfrenta a un problema de contaminación y más aún si es subterránea, que es el polvo. Al manejar sistemas electrónicos es una adversidad ya que el polvo afecta enormemente estos dispositivos más aún si estos requieren ser enfriados con disipadores y ventiladores. El sistema de enfriado por líquido es una gran alternativa para estos equipos, grandes empresas mineras implementan hoy en día a sus equipos más importantes de su línea de producción el sistema de enfriado por líquido refrigerante, la empresa MINERA MILPO implementó este sistema en el 2016 a su rinche donde realiza el enfriado de sus variadores y hoy en día a tenido grandes

resultado en el tema de costo, ya que el seguir trabajando con sistemas de enfriamiento convencionales como los ventiladores generan mucha contaminación en los dispositivos y a su vez el deterioro de estos. El manejar equipos como variadores requieren un sistema de enfriado por la disipación constante de calor que estos generan al rectificar e invertir las líneas de alimentación para el motor. Muchos variadores de velocidad tienen ventiladores incluidos y estos dependen de la potencia que manejan, hay algunos que contienen ventiladores hasta por modulo inversor, en líquidos refrigerantes el más óptimo es el agua por su propiedad, pero el usar en dispositivos electrónicos es un peligro, es por ello que se usan líquidos refringentes dieléctricos y ante una pequeña fuga que se pueda tener no afecten al sistema.

En este proyecto se requiere implementar un sistema de enfriado por líquido refrigerante en la sala de variadores del rinche 650 en la unidad cuerpos Mery de la COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.

Gráfico 1. Sistema de enfriamiento de un Procesador por líquido refrigerante



Fuente: <http://m.taringa.net/posst/info/4297482/computación-basica-2.html>

Los objetivos más importantes de este trabajo de Suficiencia Profesional es diseñar y desarrollar el sistema de enfriado por líquido refrigerante en sala de variadores, y así mejorar el funcionamiento de los variadores del winche 650 de la COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA.

El trabajo de investigación se divide en siete capítulos bien definidos.

En el Capítulo I se describe las generalidades de la COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA, que contiene los antecedentes, perfil, actividades y la organización actual de la empresa.

En el Capítulo II correspondiente a la realidad problemática, se describe la definición del problema y los objetivos del proyecto.

En el Capítulo III se describe el desarrollo del proyecto y se extraen las conclusiones y recomendaciones pertinentes de los resultados conseguidos.

En el Capítulo IV se detalla las referencias empleadas para el desarrollo del proyecto.

En el Capítulo V se describe el glosario de términos empleados en el presente trabajo de Suficiencia Profesional.

En el Capítulo VI se detalla los índices de los gráficos, tablas, fotos y direcciones web empleados en el trabajo de Suficiencia Profesional.

Finalmente en el Capítulo VII, se describe los anexos.

Resumen

Una de las más grandes adversidades en las instalaciones mineras es controlar la contaminación de polvo y si es subterráneo también el humo. Uno de los sectores más grandes económicamente es el sector minero, es por ello que hay empresas invirtiendo más en la minería. Compañía Minera Casapalca S.A. es una empresa minera que está en el proceso de industrialización, últimamente ha realizado mayor inversión en equipos para sus procesos. El hecho que una empresa compre más equipos genera más mantenimiento, costo de repuesto entre otros, más por fallas generado por filtración de humo y polvo. El proyecto que se está presentado es una prueba de innovación en sistemas de enfriamiento, hoy en día existen varios sistema para enfriar una sala o un equipo pero la ventaja de enfriamiento por líquido refrigerante es que uno mismo puede diseñar y atacar puntos específicos. Como la evaluación respectiva que se hace al identificar cuáles son los periféricos que más se recalientan y hacer que el líquido viaje más esos puntos. El proyecto de enfriamiento lo aplicamos una sala de variadores porque es uno de los puntos más críticos en una minería

subterránea, ya que casi se usa en todos sus procesos y uno de los más difíciles para refrigerar. Al evaluar deducimos que los transistores son los que generan el calentamiento de los variadores y es donde el flujo recorrerá más. Esta implementación tiene gran finalidad ya que ayudara a resolver los problemas de muchas mineras que tienen procesos complejos con sistemas eléctricos y electrónicos. Pero eso no es todo porque el reto es el control que nosotros realicemos, en nuestro caso será un proyecto automatizado el cual trabajaremos con un PLC de la marca Allen Bradley el modelo de controlador 5562 quien controlara el proceso, este recibirá datos del sensor de temperatura PT100 y a su vez con un módulo DIVICE NET de comunicación por protocolos MODBUS controlara el variador, que directamente controlara la velocidad de flujo. Para realizar todo este proceso se configurara y programara distintos módulos y equipos. Mediante estudios estadísticos realizamos una evaluación del costo beneficio donde la inversión sería recuperada en medio año. Posteriormente el proyecto se implementara en otras unidades de la compañía minera Casapalca S.A.

Abstract

One of the greatest adversities in mining facilities is controlling dust contamination and if the smoke is also underground. One of the largest sectors economically is the mining sector, which is why there are companies investing more in mining. Mining Company Casapalca S.A. Is a mining company that is in the process of industrialization, invested more in equipment for its processes. The fact that a company buys more equipment generates more maintenance, spare cost among others grate more for failures generated by smoke and dust filtration. The project being presented is a test of innovation in cooling systems, today there are several systems to cool a room or a team but the advantage of our cooling liquid cooling project is that you can design and attack specific points . Like the respective evaluation that is done when identifying which are the peripherals that more they reheat and to make that the liquid travels more those points. The cooling project is applied by a variator room because it is one of the most

critical points in an underground mining since it is almost used in all its processes and one of the most difficult to cool. By evaluating we deduce that the transistors are the ones that generate the heating of the drives and is where the flow will travel more. This implementation has a great purpose as it will help to solve the problems of many miners who have complex processes with electrical and electronic systems. But that is not all because the challenge is the control that we make, in our case it will be an automated project which will work with a PLC of the brand Allen Bradley the model of controller 5562 who will control the process, this will receive data from the temperature sensor PT100 and in turn with a DIVICE NET module for communication by MOBUS protocols will control the inverter, which directly control the flow rate. To complete this process, different modules and equipment will be configured and programmed. By means of statistical studies we realized a evolution of the cost benefit where the investment would be recovered in half respective year. Later the project will be implemented in other units of the mining company Casapalca S.A.

Tabla de Contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Introducción.....	iv
Resumen.....	viii
Abstract.....	x
CAPÍTULO I: GENERALIDADES DE LA EMPRESA	1
1.1. Antecedentes de la Compañía Minera CASAPALCA S.A.	2
1.2. Perfil de la Compañía Minera CASAPALCA S.A.	3
1.3. Actividades de la Compañía Minera CASAPALCA S.A.	5
1.3.1. Misión	5
1.3.2. Visión	5
1.3.3. Objetivo Estratégico	5
1.4. Organización Actual de la Compañía Minera CASAPALCA S.A.....	6
1.5. Descripción del Entorno de la Compañía Minera CASAPALCA S.A.	7
1.5.1. Entorno General.....	7
1.5.2. Entorno Competitivo.....	7
CAPÍTULO II: REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	9
2.1. Descripción de la Realidad Problemática	10
2.2. Definición del Problema.....	11
2.3. Objetivos del Proyecto	12
2.3.1. Objetivo General.....	12
2.3.2. Objetivo Especifico.....	12
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL PROYECTO.....	14
3.1 Descripción y Diseño del Proceso Desarrollado.....	15
3.1.1 Diagrama del Sistema de Enfriamiento.....	16
3.1.2 Equipos Requeridos para el Proyecto	17
3.1.3 Elaboración del Proyecto	27
3.1.4 Evaluación costo beneficio.....	51
3.2. Conclusiones	55

3.3. Recomendaciones	56
CAPITULO IV: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
4.1. Referencia Bibliográfica Web.....	58
CAPÍTULO V: GLOSARIO DE TÉRMINOS	59
5.1 Glosario de Términos.....	60
CAPÍTULO VI: ÍNDICES.....	64
6.1. Índice de Gráficos.....	65
6.2. Índice de Fotos.....	66
6.3. Índice de Tablas.....	67
CAPÍTULO VII: ANEXOS.....	68
7.1. Anexo 1	69
7.2. Anexo 2	70

CAPÍTULO I: GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. Antecedentes de la Compañía Minera CASAPALCA S.A.

En sus orígenes, Minera Casapalca formó parte de la Empresa Backus & Johnston. Fue constituida en 1889. Posteriormente, en 1919, fue adquirida por la compañía Cerro de Pasco, entonces de capitales norteamericanos. Luego, a raíz de la nacionalización de esta empresa, pasa a formar parte de la empresa Minera del Centro del Perú - CENTROMIN PERU. El 13 de octubre de 1986 se concreta la constitución legal de la Compañía Minera Casapalca S.A. iniciando sus actividades el primero de enero de 1987. En 1997 se logra obtener las principales concesiones de Centromin Perú, además de los yacimientos de pequeños mineros circundantes, lo cual marca el primer paso para un desarrollo sostenido. La filosofía de la Compañía Minera Casapalca desde sus inicios ha sido la de tener crecimiento sostenido, superando las adversidades y creyendo firmemente en las capacidades del ser humano como impulsor del desarrollo y de la empresa como generador de riqueza y al mismo tiempo como gestor del progreso del país.

La Compañía Minera Casapalca está ubicada en el corazón de la sierra limeña en la provincia de Huarochirí, a 4200 metros sobre el nivel del mar. Es vecina de los distritos de Chicla, 3 de enero, San Mateo, San Antonio y Pomacocha. Se ubica a la altura del Km. 115 de la Carretera Central.

Nuestros trabajadores son el recurso máspreciado, ya que es gracias a ellos, a su esfuerzo y dedicación, que hemos podido conseguir año a año resultados que nos colocan como una mina de capitales 100% peruanos en

franco desarrollo. Dedicándose a la exploración y explotación de cobre, zinc, plata y plomo. La compañía cuenta además con Planta concentradora y laboratorio químicos, ubicados en Huarochirí, Lima.

Foto 1. *Compañía Minera Casapalca S.A*



Fuente: Elaboración propia N° 1

1.2. Perfil de la Compañía Minera CASAPALCA S.A.

Como se ha expresado anteriormente los ingresos económicos de nuestra empresa provienen de la venta de concentrados de mineral que han sido procesados en nuestra Planta Concentradora ubicada en Casapalca. El objetivo central de este proceso es producir concentrados de plata, cobre,

zinc y plomo con seguridad, donde toma al trabajador como recurso principal de la compañía, en el 2013 la empresa ha logrado la certificaciones de medio ambiente (ISO 14001) y OHSAS 18001 de seguridad y salud ocupacional, manteniéndolo hasta el día de hoy con el esfuerzo de nuestros colaboradores.

Foto 2. *Confraternización en la Compañía Minera CASAPALCA S.A*



Fuente: Elaboración propia N° 2

1.3. Actividades de la Compañía Minera CASAPALCA S.A.

1.3.1. Misión

Desarrollar nuestras actividades mineras guiados por los más altos principios y valores, protegiendo la salud, la integridad y el medio ambiente.

1.3.2. Visión

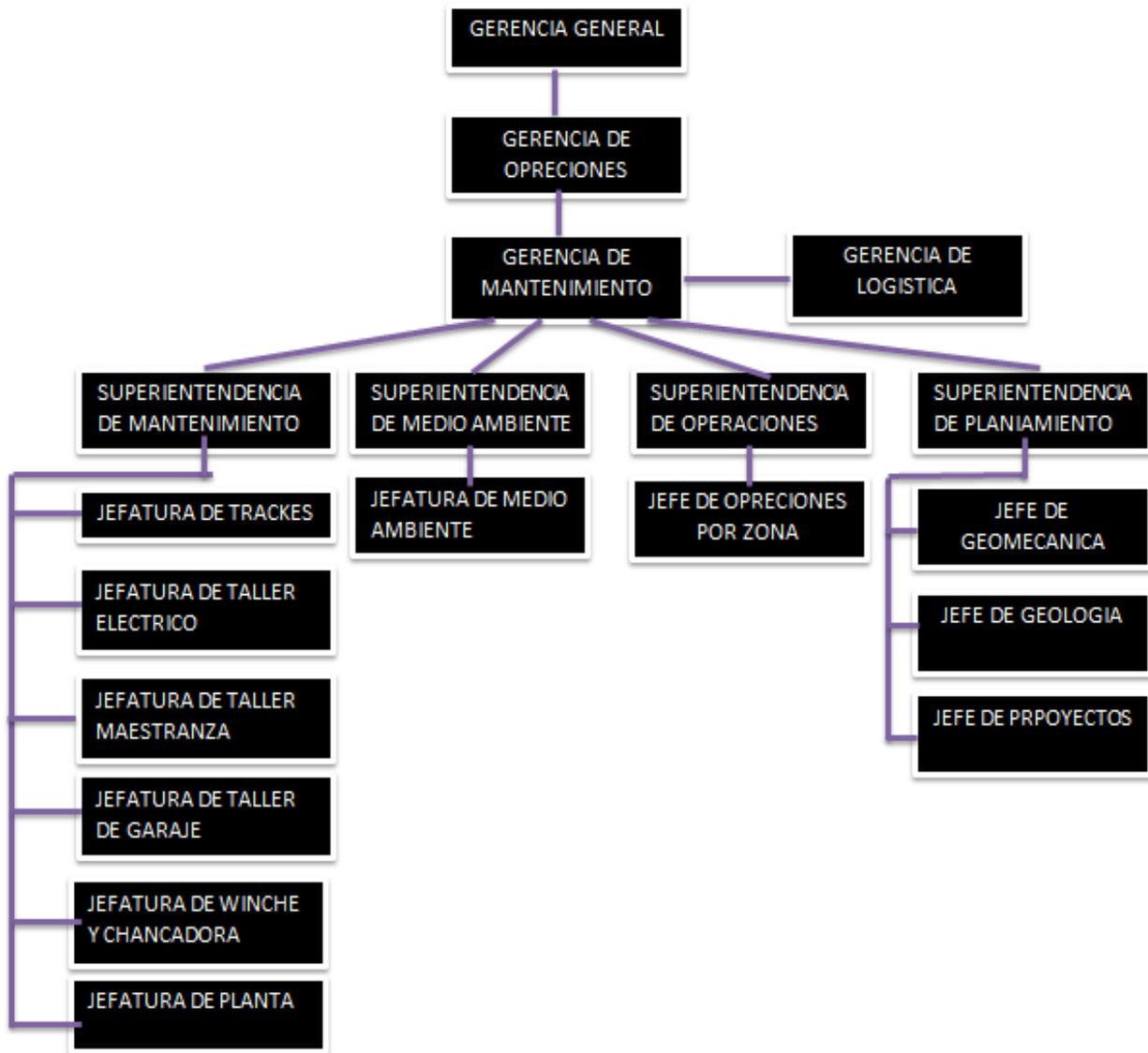
Posicionar a la Compañía Minera Casapalca S.A como el referente de la mediana minería en el Perú.

1.3.3. Objetivo Estratégico

El objetivo central de este proceso descansa en los nuevos conceptos de seguridad, los cuales confieren a las empresas exitosas en Seguridad, ventajas competitivas que antes no eran tomadas en cuenta. Producir con Calidad y Seguridad es uno de los objetivos de la organización y ello supone un gran esfuerzo para cambiar la cultura tradicional y enrolarnos en la práctica de los nuevos valores. La división de Seguridad y el Departamento de Capacitación son las actividades fundamentales en un proceso de cambio que tiene como eje básico el comportamiento humano y la capacitación permanente como herramienta de actualización 10 tecnológica y de desarrollo de personal, actividades de suma importancia en nuestros asientos mineros.

1.4. Organización Actual de la Compañía Minera CASAPALCA S.A.

Grafico 2. Organización de la Compañía Minera CASAPALCA S.A.



Fuente: elaboración propia N° 3

1.5. Descripción del Entorno de la Compañía Minera CASAPALCA S.A.

1.5.1. Entorno General

La compañía minera Casapalca está comprometida a establecer una convivencia armónica con las comunidades y grupos de interés de su área de influencia que permita su normal desarrollo. Se vienen realizando varios proyectos con las comunidades de San Mateo en mejora del medio ambiente y un desarrollo sostenible.

Con la expansión y exploración la compañía minera está invirtiendo en varios proyectos como la construcción de nuevos sistemas para su desarrollo.

1.5.2 Entorno Competitivo

Los ingresos económicos de nuestra Empresa provienen de la venta de concentrados de mineral, somos una minera polimetálica donde se extrae plata, cobre, plomo y zinc. Extrayendo plata con mayor cantidad nos pone en una minera con rentabilidad. La empresa minera cuenta con varias unidades, las más importantes son Cuerpo Mery, Oroya, Esperanza, Santa Rosita, Juanita y Carolina. Por ser una minería subterránea uno de los equipos más importantes son los winches, quien saca 6000 toneladas diarias de mineral bruto de las profundidades. Hoy en día la compañía minera tiene grandes reservas es por ello que se

proyecta a futuro con la instalación de un winche mas, este proyectos comunicara 1200 metros de profundidad y extraerá 22 toneladas por viaje aproximadamente el tiempo de duración de la construcción será de 4 años.

CAPÍTULO II: REALIDAD PROBLEMÁTICA

2.1. Descripción de la Realidad Problemática

La compañía minera Casapalca se dedica a la explotación de minerales polimetálicos, todas sus unidades están dentro del grupo de minería subterránea. El proceso de extracción de una minera subterránea empieza desde la voladura del mineral, luego este es trasladado con equipos (DUMPER, SCOOP) hasta las chancadoras, donde la roca es fragmentada en volúmenes más pequeños para luego ser extraída por el pique (equipo winche) hacia superficie. Todo este proceso genera un ambiente contaminado de polvo y humo. Los equipos de chancado y de izaje usan variadores de frecuencia para el control de su velocidad de producción, y son los variadores quienes se afectan constantemente por estos contaminantes. Las chancadoras del interior de mina trabajan con variadores altivar 71, estos variadores son de la marca Schneider y generalmente duran en un promedio de un año.

Los winches son los equipos de izaje trabajan en los piques para extraer mineral. En la unidad minera cuerpo Mery de la compañía Casapalca se cuenta con un WINCHE DE DOBLE TAMBOR MARCA CIR DE 120" X 78", este equipo conecta 18 niveles con una profundidad de 900 mts, extrayendo 10 toneladas por viaje (3 minutos aproximadamente por viaje) es uno de los equipos más importantes de la unidad, cada parada que este genera por fallas

limita a la producción de gran manera, este equipo trabaja con dos motores de la marca ABB de 1050 kva cada uno, a su vez se regula su velocidad con dos variadores de la marca ABB modelo ACS800, estos variadores cuenta con 15 módulos entre rectificadores, inversores y filtros. Los variadores suelen recalentarse demasiado en su proceso de rectificación e inversión ya que trabaja con transistores IGBT, es por ello que tienen disipadores y ventiladores incluidos. Para la minería no es rentable el trabajo con este sistema de enfriamiento por lo que el ventilador toma aire del ambiente y ventila su sistema contaminando sus circuitos con polvo y humo. En la unidad Cuerpo Mery se realiza mantenimiento semanal del winche donde se limpia con aire presurizado los módulos, pese a ese control que se realiza se tiene el deterioro constante de tarjetas de control y comunicación e incluso los mismos módulos. En un estudio estadístico se tiene en un promedio de 5 paradas por falla del variador y directamente con el polvo, haciendo una parada de 1 a 2 horas aproximadamente, esto en promedio limito la extracción de 1600 toneladas de mineral.

2.2. Definición del Problema

Desarrollo de un sistema de enfriamiento por líquido refrigerante en sala de variadores de la unidad minera cuerpo Mery.

2.3. Objetivos del Proyecto

2.3.1. Objetivo General

1. Desarrollar un sistema de enfriamiento por líquido refrigerante en sala de variadores.

2.3.2. Objetivo Especifico

1. Disminuir en un 90% las paradas de los variadores por contaminación de polvo y humo.
2. Reducir costos por repuestos del variador.
3. Verificar la eficacia del sistema para implementar posteriormente en otros winches.

Foto 3. Sala de variadores del WINCHE 650



Fuente: Elaboración propia N° 4

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL PROYECTO

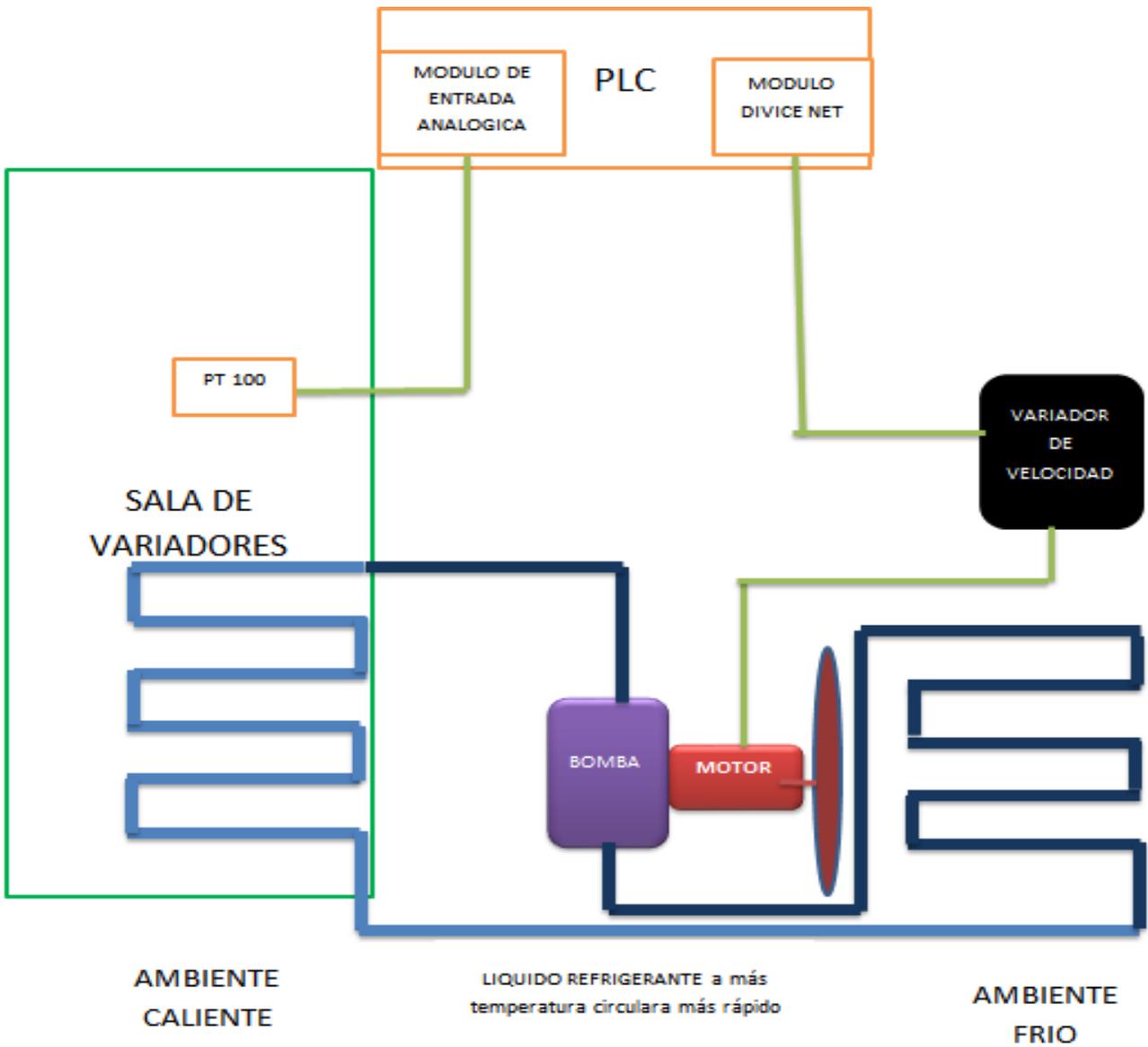
3.1 Descripción y Diseño del Proceso Desarrollado

El objetivo de este proyecto es mantener en un rango de temperatura aceptable el variador de velocidad; en este caso su rango de temperatura de trabajo del variador acs800 es de -15 a 45 grados centígrados. Para ello se va implementar un sistema de enfriamiento por líquido refrigerante. El variador ACS800 es ABB del tipo regenerativo cuenta con resistencia en el bus dc para el control de grandes cargas. Este tipo de variador cuenta con un sistema de enfriamiento por ventiladores.

Para el sistema de izaje en cuerpo Mery se usan dos variadores acs800 estos están ubicados en una sala con flujo de ventilación, este trabajo va a consistir en hermetizar la sala de variadores y enfriar el ambiente por líquido refrigerante. El líquido refrigerante viajara por una manguera que estará repartida en los variadores, ubicadas más en las zonas con mayor temperatura.

3.1.1 Diagrama del Sistema de Enfriamiento

Grafico 3. Diagrama del desarrollo del sistema de enfriamiento.



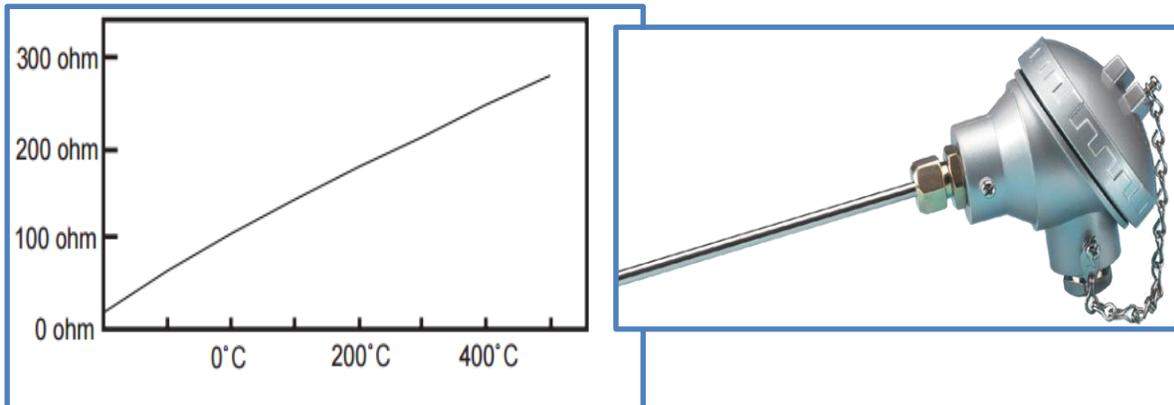
Fuente: Elaboración propia N° 5

3.1.2 Equipos Requeridos para el Proyecto

3.1.2.1 Sensor de temperatura PT100

Es un sensor de temperatura que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. Este sensor PT100 es el corazón sensible a la temperatura de cualquier termómetro de resistencia. Aparte de la forma de montaje, son sus características las que básicamente determinan las propiedades técnicas de medida del sensor. El incremento de la resistencia de la PT100 no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde. Normalmente las sondas PT100 industriales se fabrican encapsuladas en la misma forma que los termopares, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina). En un extremo está el elemento sensible (Sensor RTD) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal)

Grafico 4. *Sensor de temperatura pt.100*



Fuente: http://www.tcdirect.es/default.aspx?level=2&departament_id=230

3.1.2.2 *chassis estándar control logix de 17 slots, ALLEN BRADLEY, CATALOGO 1756-A17/B*

Es un chassis de la marca ALLEN BRADLEY, nos permite el uso de 17 módulos tanto de entrada y salida, el objetivo de uso es porque se cuenta en el winche y se usa para el control de este equipo.

Gráfico 5. *chassis estándar control logix de 17 slots, ALLEN BRADLEY*

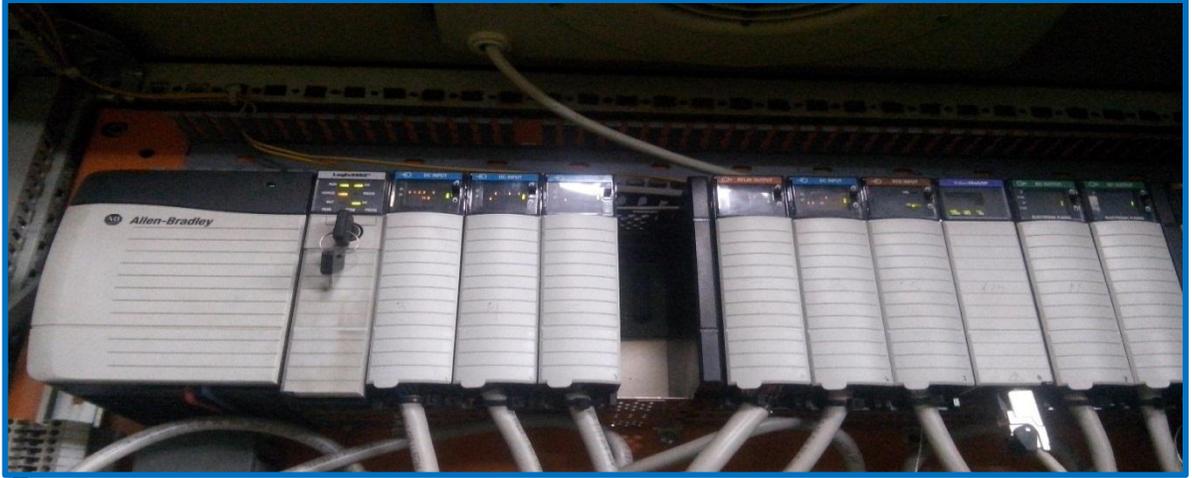


Fuente: <http://www.terapeak.com/worth/refurbished-allen-bradley-1756-l62-b-controllogix-processor-original-f-w-1-10/302005275268/>

3.1.2.3 CONTROLADOR LOGIX 5562, ALLEN BRADLEY

Los controladores LOGIX 5562 están disponibles en modelos estándar, de seguridad, temperatura extrema y son adecuados para aplicaciones de procesos, movimiento, discreción y alta disponibilidad. Como parte de nuestro sistema de arquitectura integrada estos controladores usan el entorno de diseño de la ingeniería de automatización Studio 5000 y protocolos de red comunes. Estos controladores de alto rendimiento proporcionan un motor de control común. Con un ambiente de desarrollo común para todas las disciplinas de control. Se cuenta con este procesador, y se usara para nuestro control en el sistema que construimos

Foto 4. *Procesador LLOGIX 5562, ALLEN BRADLEY*



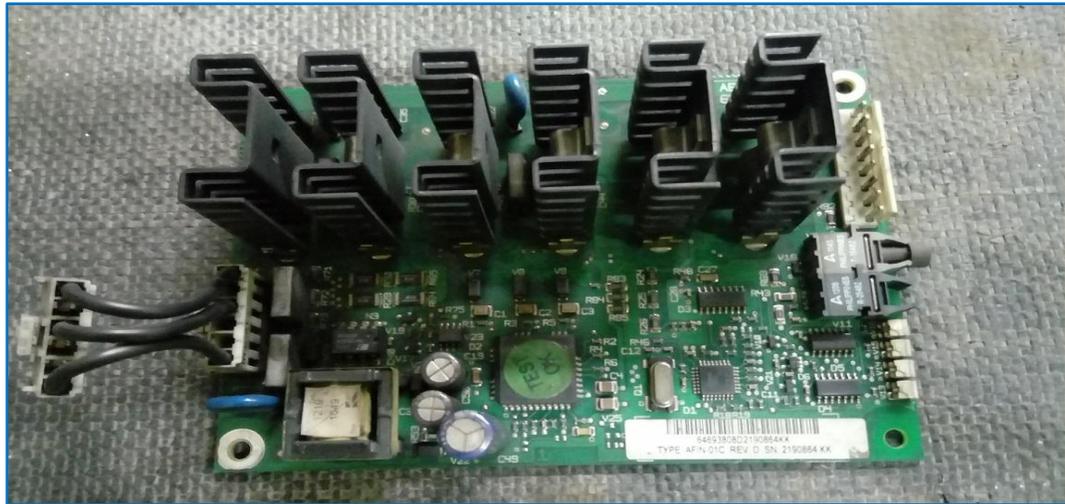
Fuente: Elaboración propia N° 6

3.1.2.4 Módulo RTD INPUT de 6 puntos de entrada

Los módulos basados en chasis de E/S CONTROL LOGIX BOLETÍN 1756 brindan una amplia gama de control de movimiento digital, digital de diagnóstico, analógico y E/S especiales para satisfacer las necesidades de sus aplicaciones. Puede usar cualquiera de los módulos de E/S en el chasis local de un controlador Control Logix o en un chasis vinculado a un controlador Control Logix en redes CONTROLNET O ETHERNET/IP.

Este módulo trabajara con el controlador LOGIX 5562 y es para entradas de sensores de temperatura.

Foto 5. *Módulo controllogix rtd input de 08 entradas de sensor de temperatura*



Fuente: Elaboración propia N° 7

3.1.2.5 Módulo *CONTROLLOGIX DIVICE NET* de comunicación

Hay distintos periféricos que se pueden conectar a Device Net para sus aplicaciones. Los productos tienen una interface Device Net incorporada o se conectan a la red Device Net a través de un módulo de interface de comunicación opcional. Continuamos con nuestra inversión en Device Net con soluciones que ayudan a que el cableado, la puesta en marcha y la resolución de problemas de Device Net sean más sencillos

Foto 6. *Módulo controllogix device net de comunicación*



Fuente: Elaboración propia N° 8

3.1.2.6 Variador POWER FLEX 4M

Los variadores de CA PowerFlex 4M son los miembros más pequeños y más rentables de la familia de variadores PowerFlex. El cableado de alimentación directo y la sencilla programación proporcionan la flexibilidad para manejar un amplio rango de aplicaciones. El variador a 480 V: 0.5 a 15 Hp / De 1.5 a 24 nos ayudara a regular la velocidad del motor de la bomba a su vez regulara la velocidad del flujo.

Gráfico 6. Variador power flex 4m



Fuente:<http://www.precision.cl/productos/clase-componentes/287-variador-powerflex-4m.html>.

3.1.2.7 VISTONY refrigerante líquido

Solución para mantener limpio el sistema de enfriamiento de su motor, protección total a los sistemas de refrigeración convencionales de cobre, bronce y acero. Su poder protector actúa eficazmente en los diferentes metales usados en la fabricación del sistema de enfriamiento del motor, tales como cobre, bronce, acero y otras

aleaciones. Previene y elimina el óxido, la corrosión, el sarro y otros depósitos de minerales. Ayuda a mantener limpio el sistema de refrigeración. Evita el recalentamiento, permitiendo funcionar a temperaturas estables, logrando menores molestias y reparaciones innecesarias, lo cual prolonga la vida útil de su motor. Antes de agregar el producto verifique el buen funcionamiento del sistema de refrigeración como termostato, bomba de circulación, etc. Recomendamos agregar líquido para radiador Vistony al 100%, evite la dilución. Es un refrigerante dieléctrico eficiente para el sistema que vamos a implementar.

Grafico 7. *Vistony refrigerante líquido*

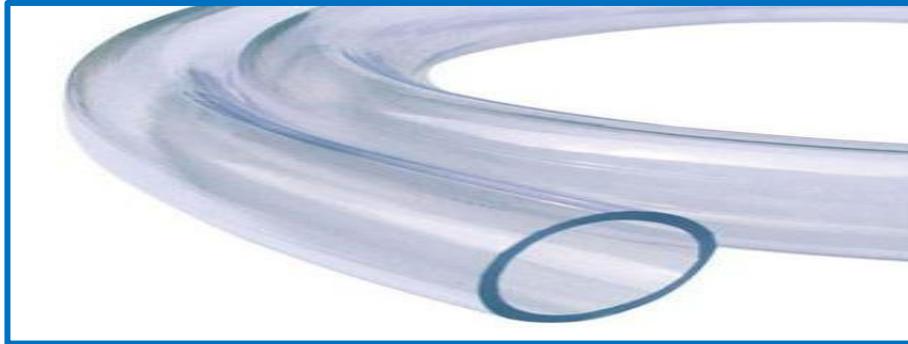


Fuente: <http://www.Vistony.com/complementarios/refrigerantes/liquido-para-radiador-verde-82-86-detail>.

3.1.2.8 Manguera cristal transparente 1/4 PVC

Será quien trasportara el flujo

Gráfico 8. Manguera cristal transparente 1/4 pvc



Fuente: http://www.materialesriego.com/epages/64472737.mobile/es_ES/?ObjetPat=/shops

3.1.2.9 REGULADOR DE FLUJO UNIDIRECCIONAL

- ✓ Presión de funcionamiento: 6 MPa (60 bar)
- ✓ Presión máxima admisible: 12 MPa (120 bar)

Gráfico 9. Regulador de flujo unidireccional



Fuente: <http://www.festo-didacti.com/mx-es/learnig-system/equipos-de-practicas/regulador-de-flujo-unidireccional.htm>

3.1.2.10 DISTRIBUIDOR 1 3+3 SALIDAS 1/8 ALUMINIO

Grafico 10. *Distribuidor 1 3+3 salidas 1/8 aluminio*



Fuente: <http://adajusa.es/distribuidores-neumaticos/distribuidor-14-66-salidas-18-aluminio.html>

3.1.2.11 MOTOR DE 1.5 HP

PROCEDIMIENTO PROGRAMACION DE VARIADOR: se configura el variador con los valores nominales del motor, Se configura el variador de modo esclavo para el control PLC.

Grafico 11. *Motor bomba de 1.5 hp*



Fuente: <http://hidro-bombas.com.mx/articulo.list>

3.1.3 Elaboración del Proyecto

3.1.3.1 Configuración del variador powerflex 4M

Preparación de puesta en marcha del variador Power Flex 4M

Para simplificar la configuración del variador, se organizan los parámetros más comúnmente programados en un grupo de programación básica.

Antes de conectar la alimentación eléctrica al variador

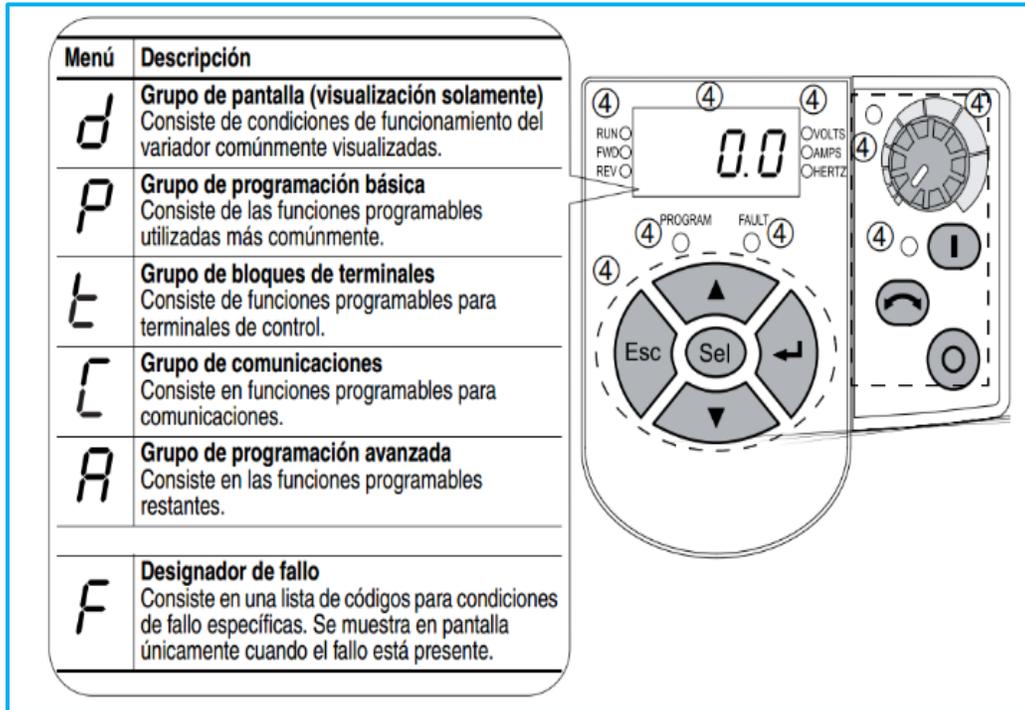
- Confirme que todas las entradas estén conectadas a los terminales correctos y que estén fijadas.

- Verifique que la alimentación de la línea de CA del dispositivo desconexión se encuentre dentro del valor nominal del variador.
- Verifique que toda alimentación eléctrica de control digital sea de 24 volts.
- Verifique que el micro interruptor de configuración del drenado (SNK)/surtidor (SRC) esté establecido de manera tal que coincida con el esquema de cableado de control
- Verifique que la entrada de Paro esté presente, ya que de lo contrario el variador no puede arrancar.

Programación y parámetros

Los parámetros se pueden programar (ver/editar) por medio del teclado integrado. Como alternativa, la programación también se puede realizar utilizando del software DriveExplorer o DriveExecutive con una computadora personal y un módulo convertidor en serie.

Grafico 12. Teclado integrado para programación

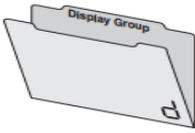
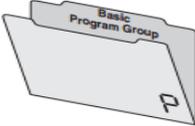
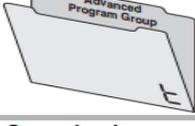
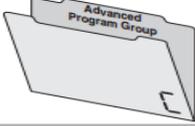
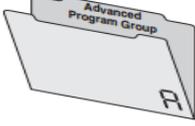


Fuente: [//literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/22f-um001 -es-](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/22f-um001-es-)

Organización de los parámetros

Al variador se le configuran los parámetros básicos, donde se insertan los valores del motor con el que trabajaremos y los parámetros de comunicación donde se configurara para que el variador trabaje como esclavo y nuestro PLC como maestro.

Grafico 13. Parámetros de configuración del variador

Grupo	Parámetros			
Visualización básica 	Frec. Salida	d001	Fuente Control	d012
	Frec. de comando	d002	Estado ent Cntrl	d013
	Int. salida	d003	Estado ent digit	d014
	Tens. de salida	d004	Estado com	d015
	Tensión bus CC	d005	Ver. SW control	d016
	Estado Variador	d006	Tipo de Variador	d017
	Código fallo 1	d007	Tiempo de marcha	d018
	Código fallo 2	d008	Dato pt prueb	d019
	Código fallo 3	d009	Ent. anl 0-10V	d020
	Display Proceso	d010	Ent. anl 4-20mA	d021
			Temp. variador	d022
Programa básico 	Volt placa motor	P101	Modo de Paro	P107
	Hz placa motor	P102	Referencia Veloc	P108
	Intens SC Motor	P103	Tiempo acel. 1	P109
	Frecuencia Mín.	P104	Tiempo decel. 1	P110
	Frecuencia máx.	P105	Ret SC motor	P111
	Fuente Arranque	P106	Restab. a predet	P112
Bloques de terminales 	Sel ent digit 1	t201	LmIn EnAn 4-20mA	d213
	Sel ent digit 2	t202	LmSp EnAn 4-20mA	d214
	LmInf EnAn 0-10V	t211	Sel. Sal. Pulsos	t221
	LmSup EnAn 0-10V	t212	Nivel Sal Pulsos	t222
Comunicaciones 	Idioma	C301		
	Vel. datos com	C302		
	Direc nodo com	C303		
	Acc. pérd. comun	C304		
	Tmp. pérd. comun	C305		
	Formato com	C306		
	Modo Esc. Com.	C307		
Programación avanzada 	Tiempo acel. 2	A401	Compensación	A436
	Tiempo decel. 2	A402	Deslz Hertz @ In	A437
	% curva-S	A403	Tpo Min Proces	A438
	Frecuencia test	A404	Tpo Max Proces	A439
	Impulsos Ace/Dec	A405	Factor Proceso	A440
	Frec Interna	A409	Reg. bus modo	A441
	Frec presel 0	A410	Lím. Corriente	A442
	Frec presel 1	A411	Selec. SC Motor	A444
	Frec presel 2	A412	Frecuencia PWM	A446
	Frec presel 3	A413	Disparo Corr. SW	A448
	Frec. salto	A418	Borrar fallo	A450
	Int. frec. salto	A419	Int. rearme auto	A451
	Tiempo freno CC	A424	Retrd reinic aut	A452
	Nivel freno CC	A425	Selec. Refuerzo	A453

Fuente:

<http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/22f-um001-es->

Grupo de comunicaciones

Para realizar las configuraciones de comunicación así como la configuración de variador esclavo para el control con un PLC.

- C301 [Idioma] Selecciona el idioma que se muestra en pantalla mediante la opción de comunicaciones remotas.

- C302 [Velocidad. datos com] Parámetros relacionados: d015
Establece la velocidad del puerto de serie para el puerto RS485 (DSI).

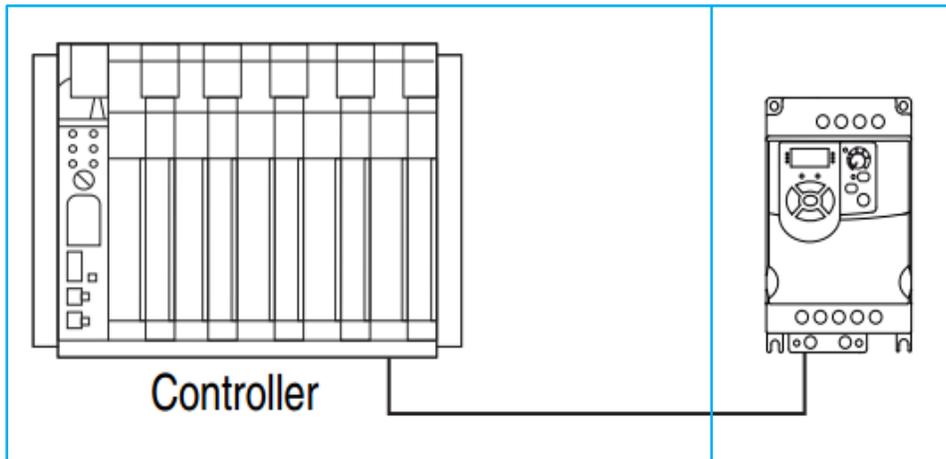
Importante: La alimentación eléctrica del variador debe conectarse y desconectarse antes de que algún cambio pueda afectar el funcionamiento del mismo.
- C303 [Dirección nodo com] Establece la dirección del nodo del variador para el puerto RS485 (DSI) si se está utilizando una conexión de red.
- C304 [Acceso. pérdida. Comunicación] Parámetros relacionados: d015, P107, C305 Selecciona la respuesta del variador ante una pérdida de conexión con la comunicación o errores de comunicación excesivos.
- C305 [Tiempo. pérdida. comunicación] Parámetros relacionados: d015, C304 Establece el tiempo que el variador permanece con pérdida de comunicación antes de implementar la opción seleccionada en C304.
- C306 [Formato com] Selecciona el protocolo (RTU únicamente), bits de datos (8 bits de datos únicamente), paridad (Ninguna, Par, Impar), y bits de paro (1 bit de paro únicamente) utilizado por el puerto RS485 en el variador.
- C307 [Modo Esc. Com.] Determina si los cambios de parámetros realizados en el puerto de comunicación

únicamente se guardan y almacenan en el almacenamiento No volátil (NVS) o en RAM. Si se almacenan en RAM, los valores se pierden al apagar.

3.1.3.2 Programaciones de plc a variador

Los variadores Power Flex 4M son compatibles con el protocolo RS485 (DSI) que funcionan de manera eficiente con los periféricos Rockwell. Además, son compatibles con algunas funciones Modbus para brindar simples conexiones en red. Los variadores Power Flex 4M pueden tener derivaciones múltiples en una red RS485 utilizando el protocolo Modbus en modo RTU. Para realizar la comunicación de un variador con el PLC LOGIX 5562 se va realizar con el protocolo DIVICE NET. Donde nuestro PLC contara con un módulo DIVICE NET.

Grafico 14. Comunicación de plc a variador

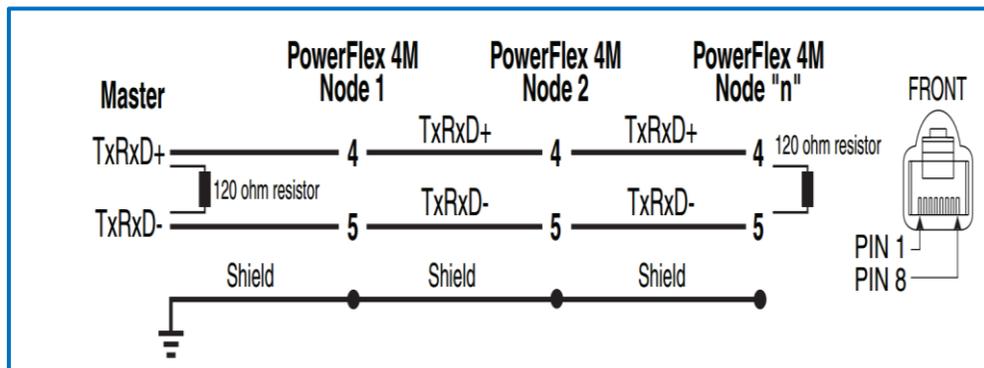


Fuente: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/22f-um001_-es-

Cableado de red

El cableado de red consiste en un cable blindado con 2 conductores que está conectado en cadena de nodo a nodo.

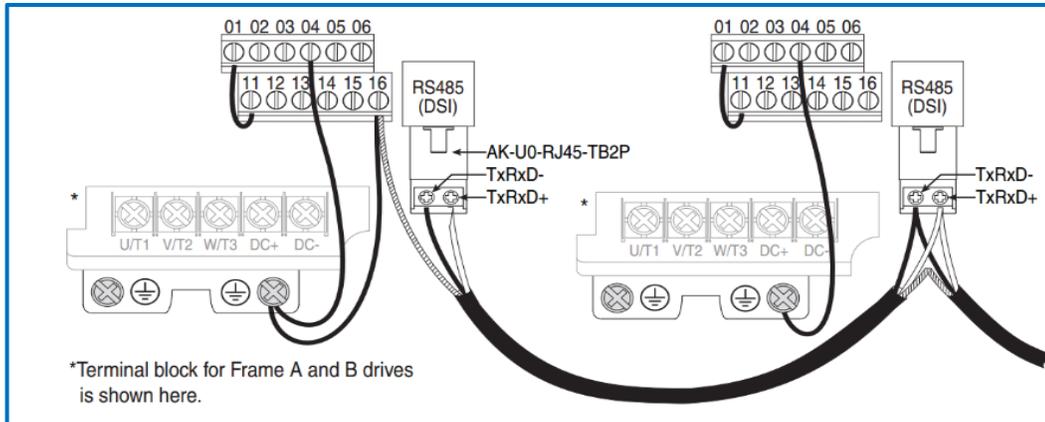
Grafico 15. Modo de comunicación device net



Fuente: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/22f-um001_-es-

NOTA: El blindaje debe estar conectado a tierra SÓLO UNA ubicación.

Grafico 16. *Conexión device net*



Fuente: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/22f-um001_-es-

NOTA: Bloque de terminales para accionamientos de los cuadros A y B Se muestra aquí

Sólo se deben conectar los pin 4 y 5 del conector RJ45. Los otros pin del conector RJ45 de Power Flex 4M contienen potencia, etc. para los otros dispositivos periféricos de Rockwell y no deben conectarse.

Tenga en cuenta que no hay norma para los cables “+” y “-” y, como consecuencia, los fabricantes de dispositivos Modbus los interpretan de diferentes maneras. Si tiene problemas para establecer comunicaciones inicialmente, inténtelo intercambiando los dos cables de red del controlador maestro. El variador Power Flex 4M puede controlarse mediante la red, enviando la escritura del código de

función 06 a la dirección de registro 8192 (comando lógico). P106 [Fuente Arranque] debe establecerse en 5 “Puerto RS485 (DSI)” para aceptar los comandos.

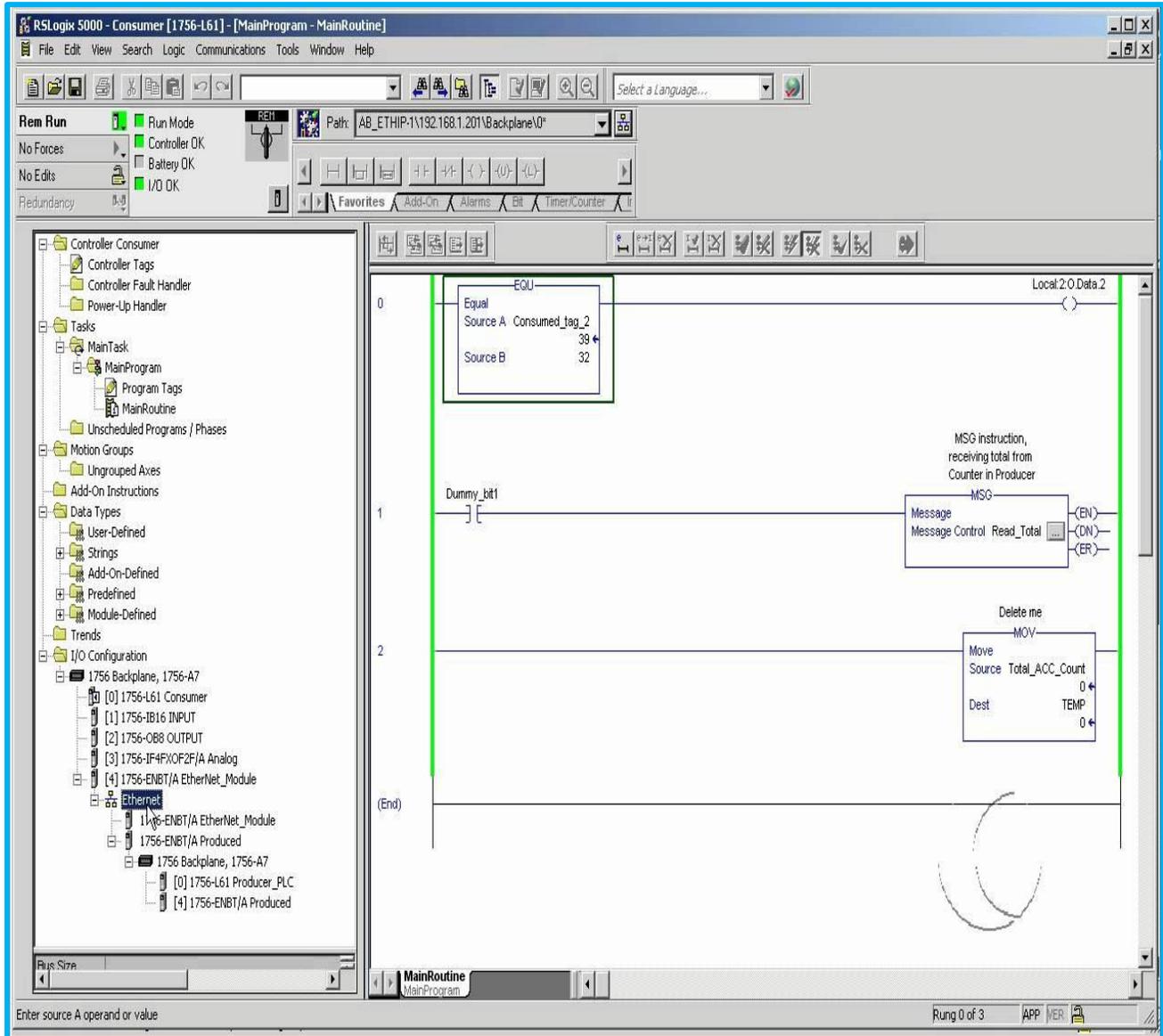
Además de escribirse, la dirección de registro 8192 se puede por medio del código de función 03.

3.1.3.3 Programación para la comunicación del plc y sus módulos

El software que se va usar para la programación del PLC LOGIX 5562 es el RSLOGIX 5000. Proporciona un marco estandarizado para sistemas discretos, de procesos, de lotes, de movimiento, de seguridad y basados en accionamientos, ayudando a ahorrar tiempo de programación. Es la única aplicación para configurar, programar y mantener toda la familia de controladores Allen-Bradley Logix 5000 y dispositivos relacionados. Su entorno de programación intuitivo permite a los usuarios trabajar en colaboración para diseñar y mantener sus sistemas.

Establecer comunicación del PLC LOGIX 5562 requiere la fuente de alimentación conectada, el procesador con la llave de modo, y el módulo ETHERNET IP 1756NBT.

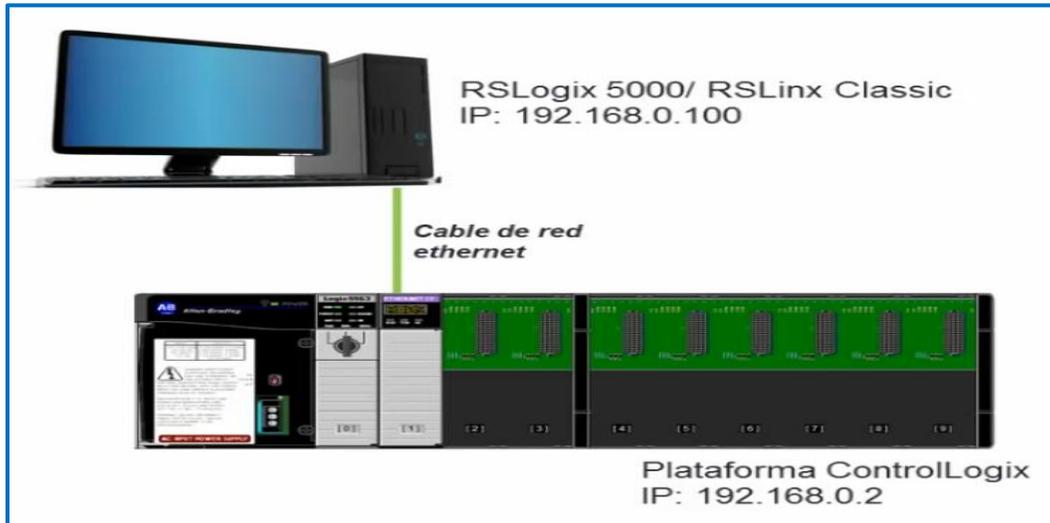
Grafico 17. Ventana de programa rslogix 5000



Fuente: Elaboración propia N° 9

CONFIGURACIÓN DRIVER ETHERNET

Grafico 18. *Diagrama de conexión de plc a pc*



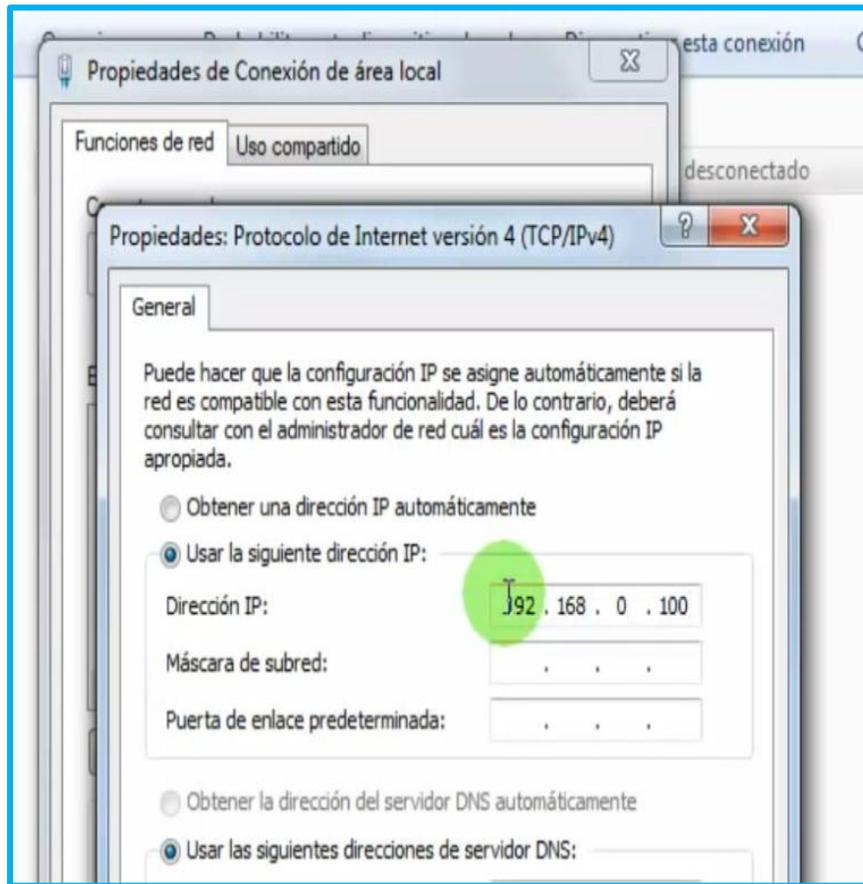
Fuente: video de configuración de PLC con programa RSLOGIX5000

Primero instalaremos a nuestra pc el software RSLINX CLASSIC quien conecta todo nuestros dispositivos, como módulos de entrada y salida. También instalaremos nuestro software RSLOGIX 5000 para nuestra programación del PLC.

Luego se realiza la configuración de la IP de la PC, para ello nos dirigimos:

- ✓ centro de redes compartidos
- ✓ luego a cambiar configuración del adaptador
- ✓ conexión de área local
- ✓ protocolos de internet versión 4(TCP/ IPv4)
- ✓ donde configuramos la IP en nuestro caso (192.168.0.100)

Grafico 19. Ventana de configuración de ip de la pc

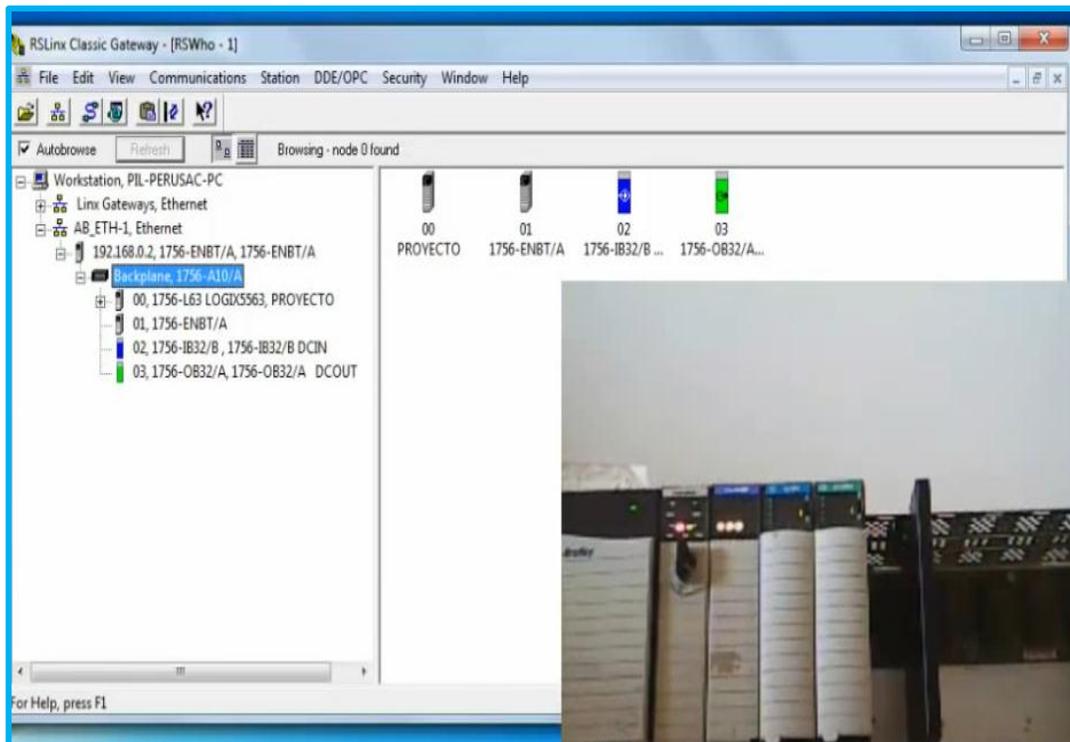


Fuente: video de configuración de PLC con programa RSLOGIX5000

El modulo Ethernet IP va estar configurada con la (192.168.0.2) quien cuenta con un puerto RJ45 para realizar estas configuraciones.

Para realizar la comunicación conectamos un cable de red de la PC al PLC abrimos el programa del RSLINX CLASSIC, donde creamos un nuevo driver de control.

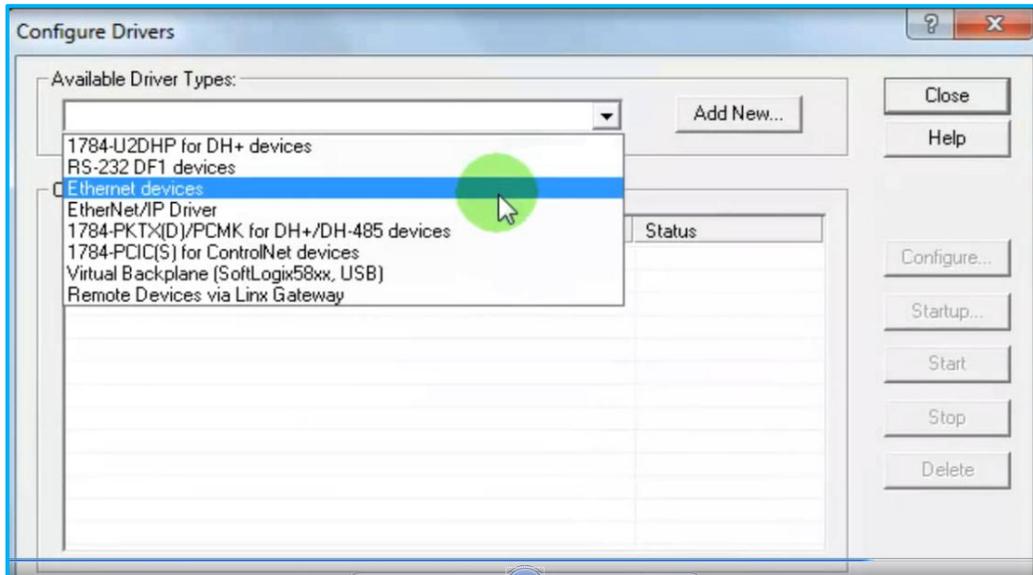
Grafico 20. Ventana de configuración del rslinx classic



Fuente: video de configuración de PLC con programa RSLOGIX5000

- ✓ buscamos la opción de tipo de driver disponible
- ✓ dentro de ellos habrá varios tipos de dispositivos de comunicación y seleccionamos el nuestro (ETHERNET DIVICE).

Grafico 21. Ventana de selección de módulo de comunicación

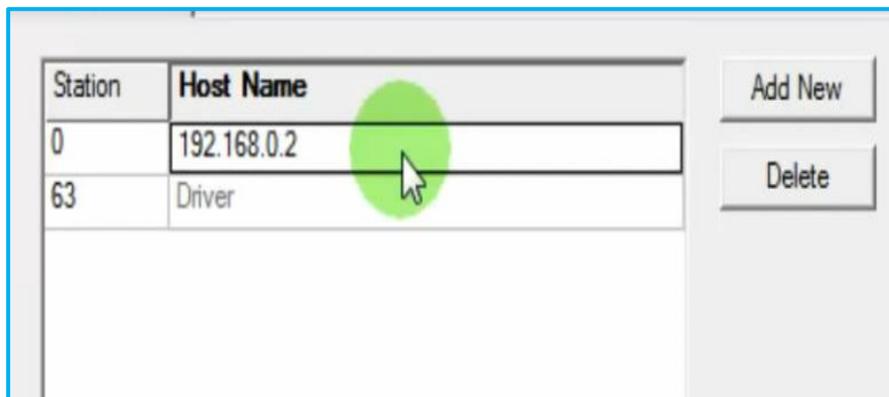


Fuente: video de configuración de PLC con programa RSLOGIX5000

✓ Hacemos clic la opción nuevo y colocamos la IP de nuestro módulo

ETHERNET IP

Grafico 22. Ventana de selección de módulo de comunicación



Fuente: video de configuración de PLC con programa RSLOGIX5000

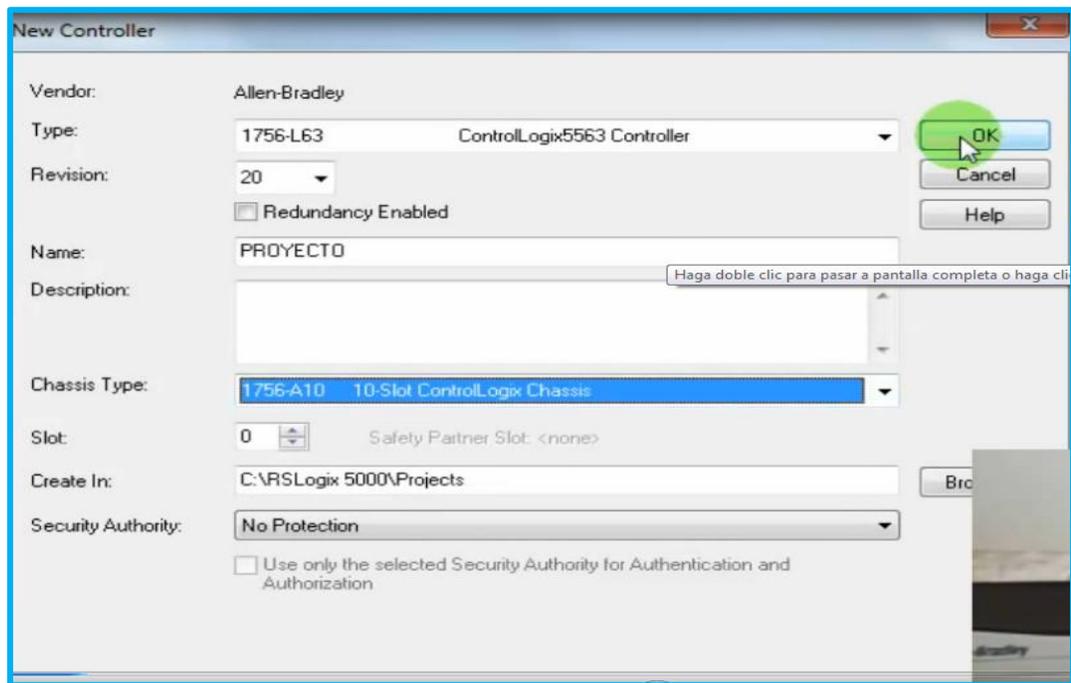
Luego verificamos si el procesador es reconocido por el RSLINX CLASSIC y vemos todos los componentes dentro de nuestro chasis, como nuestros módulos de entrada y salida.

Luego de realizar esta comunicación podemos insertar módulos y el RSLINX CLASSIC los reconocerá inmediatamente.

Luego damos pase al software de programación el RSLOGIX 5000, Donde tomamos un nuevo proyecto:

- ✓ Hacemos clic en nuevo controlador
- ✓ Aparecerá una ventana a la que insertamos el tipo de procesador, la revisión a la cual está sesteado el procesador y la cantidad de slots que cuenta el chasis. Esos datos están cargados en el RSLINX CLASSIC.

Grafico 23. Ventana para insertar controlador al rslogix 5000



Fuente: video de configuración de PLC con programa RSLOGIX5000

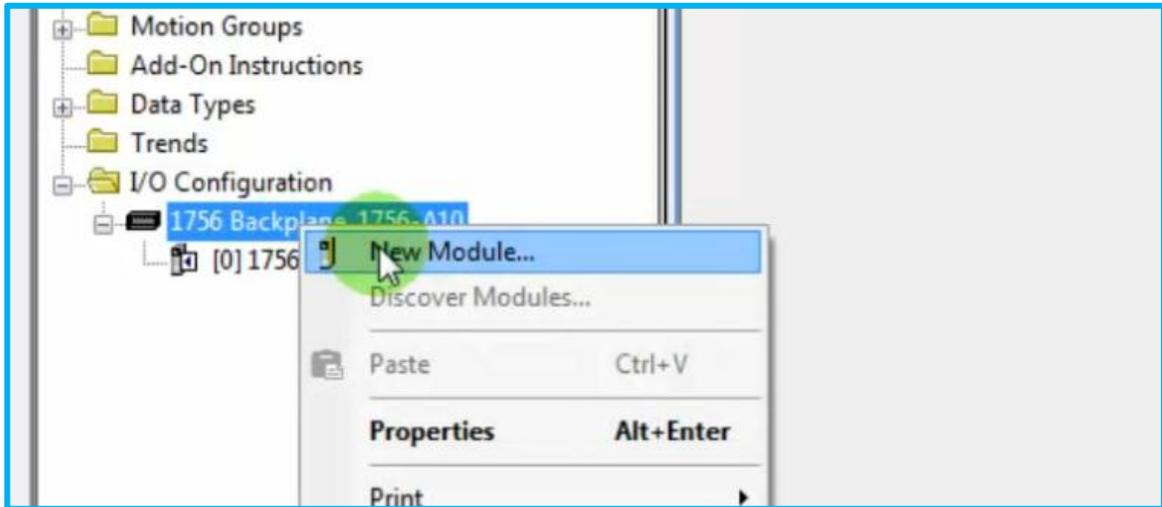
- ✓ Una vez culminado damos aceptar y ya tenemos creado el proyecto
- ✓ Donde contaremos con varias herramientas de programación y visualización.

Para añadir módulos al RSLOGIX 5000 de entrada y salida, realizamos los siguientes pasos:

- ✓ Sacamos el código y la revisión pre configurado de los módulos esto se encuentra en el programa RSLINX CLASSIC.

- ✓ Nos dirigimos al BACKPLANE del RSLOGIX 5000 donde damos añadir nuevo módulo.

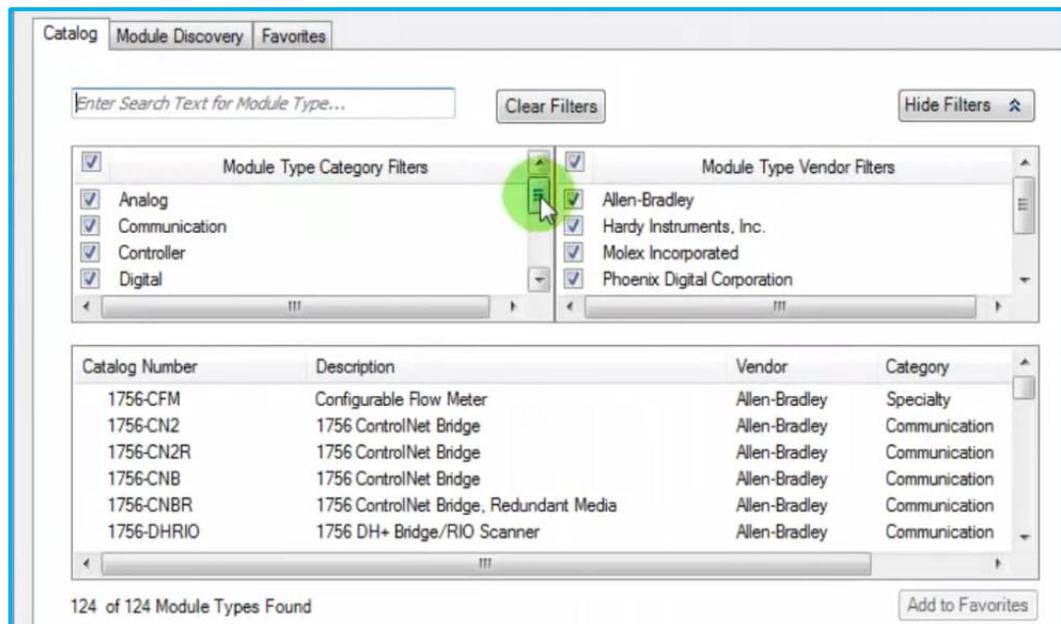
Grafico 24. Comando del rslogix 5000 para agregar módulo de entrada o salida



Fuente: video de configuración de PLC con programa RSLOGIX5000

- ✓ Luego tenemos que buscar con las características el módulo que ha sido reconocido por el **RSLINX CLASSIC**

Grafico 25. Ventana de configuración y búsqueda de módulos e/s



Fuente: video de configuración de PLC con programa RSLOGIX5000

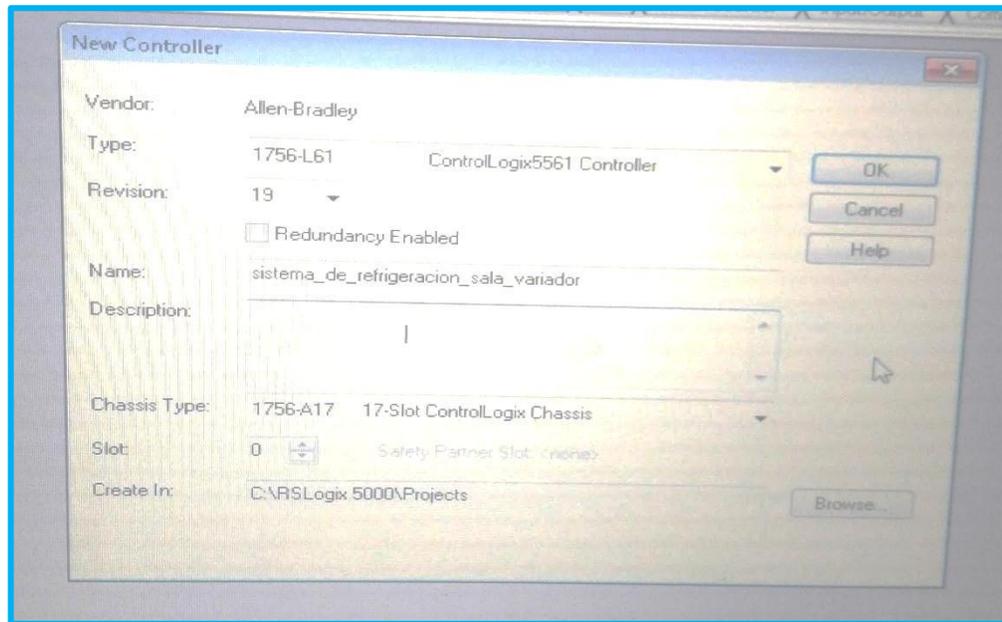
Una vez añadido nuestro módulo de entrada RTD y nuestro módulo DIVICE NET realizamos la descarga al PLC.

3.1.3.4 Programación del rslogix 5000 para la automatización de nuestro sistema

Para realizar nuestra programación del PLC realizamos la creación de un nuevo proyecto en el programa RSLOGIX 5000

- ✓ Primero abrimos el programa donde seleccionaremos nuevo proyecto.

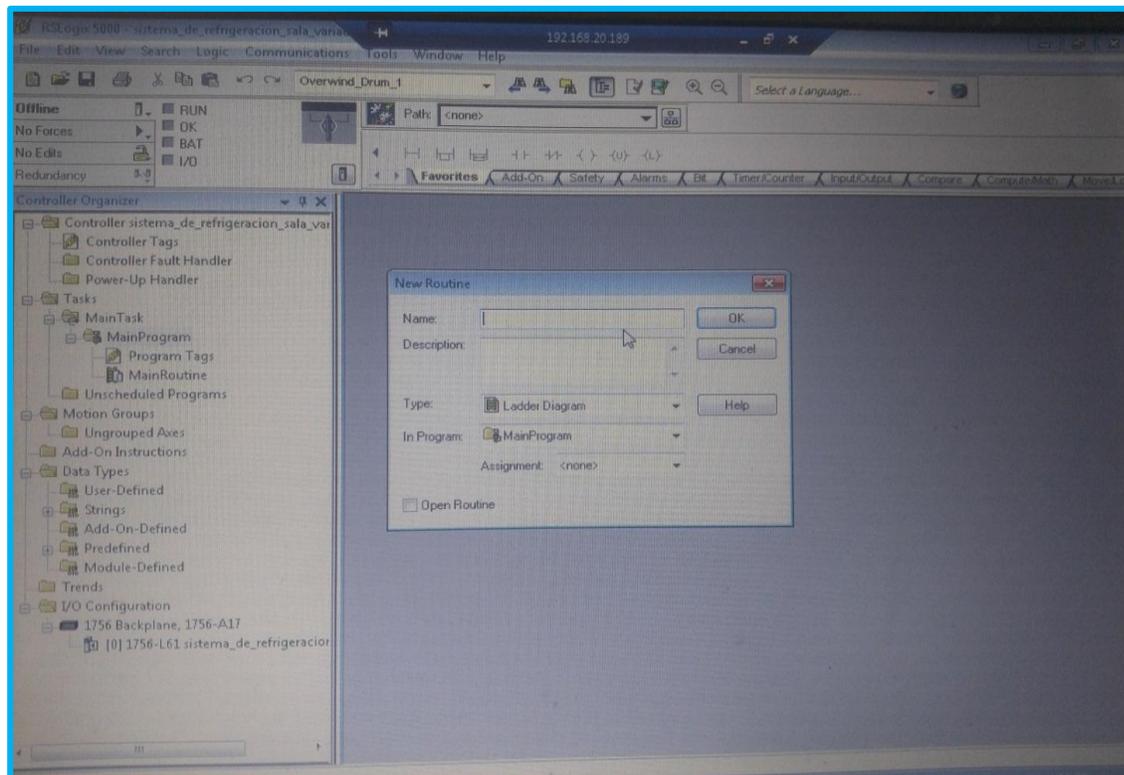
Foto 7. Ventana de configuración de nuevo proyecto



Fuente: Elaboración propia N°10

- ✓ Completar los datos requeridos en la ventana como nombre del proyecto y cantidad de módulos en el chasis.
- ✓ Luego crearemos una rutina para realizar la programación

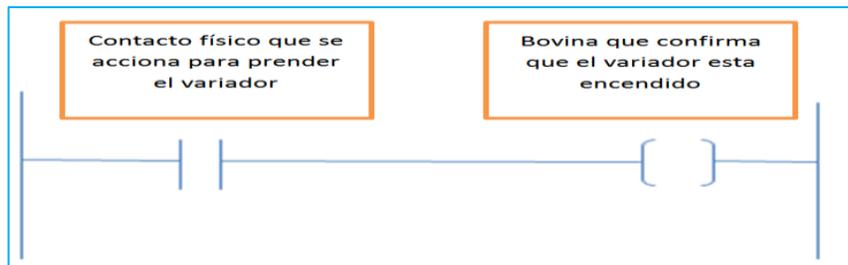
Foto 8. Ventana de creación de rutina



Fuente: Elaboración propia N°11

- ✓ Creamos los TAGS que usaremos para la programación de nuestro variador

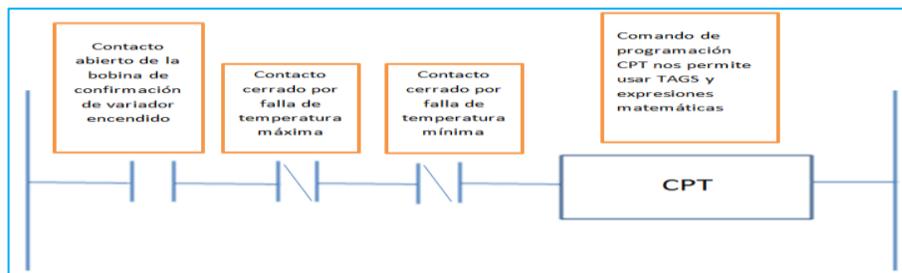
Grafico 26. *Contacto de confirmación en diagrama lader*



Fuente: Elaboración propia N°13

- Uso de comando para TCP para control del variador con la entrada del sensor de temperatura.

Grafico 27. *Comando para tcp para control del variador en diagrama lader*



Fuente: Elaboración propia N°14

- Sistema de protección por sobre temperatura, si el sistema no funciona o la temperatura sube pese al recorrido máximo de flujo se configura para que el equipo pare por sobre temperatura. Donde temperatura maxima es 40°

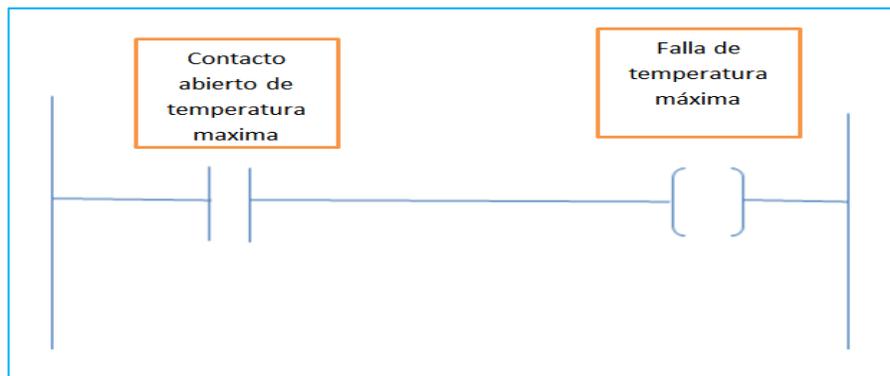
Grafico 28. Sistema de protección por sobre temperatura en diagrama lader



Fuente: Elaboración propia N°15

- TAGS de confirmación por falla de temperatura máxima

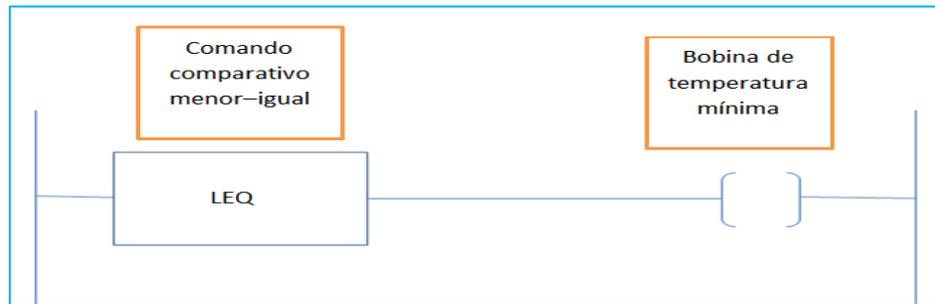
Grafico 29. Falla de temperatura máxima en diagrama lader



Fuente: Elaboración propia N°16

- Sistema de protección por baja temperatura, si el sistema no funciona o la temperatura baja pese al recorrido máximo de flujo se configura para que el equipo pare por baja temperatura. Donde temperatura minima es 5°.

Grafico 30. Sistema de protección por baja temperatura en diagrama lader



Fuente: Elaboración propia N°17

- TAGS de confirmación por falla de temperatura mínima

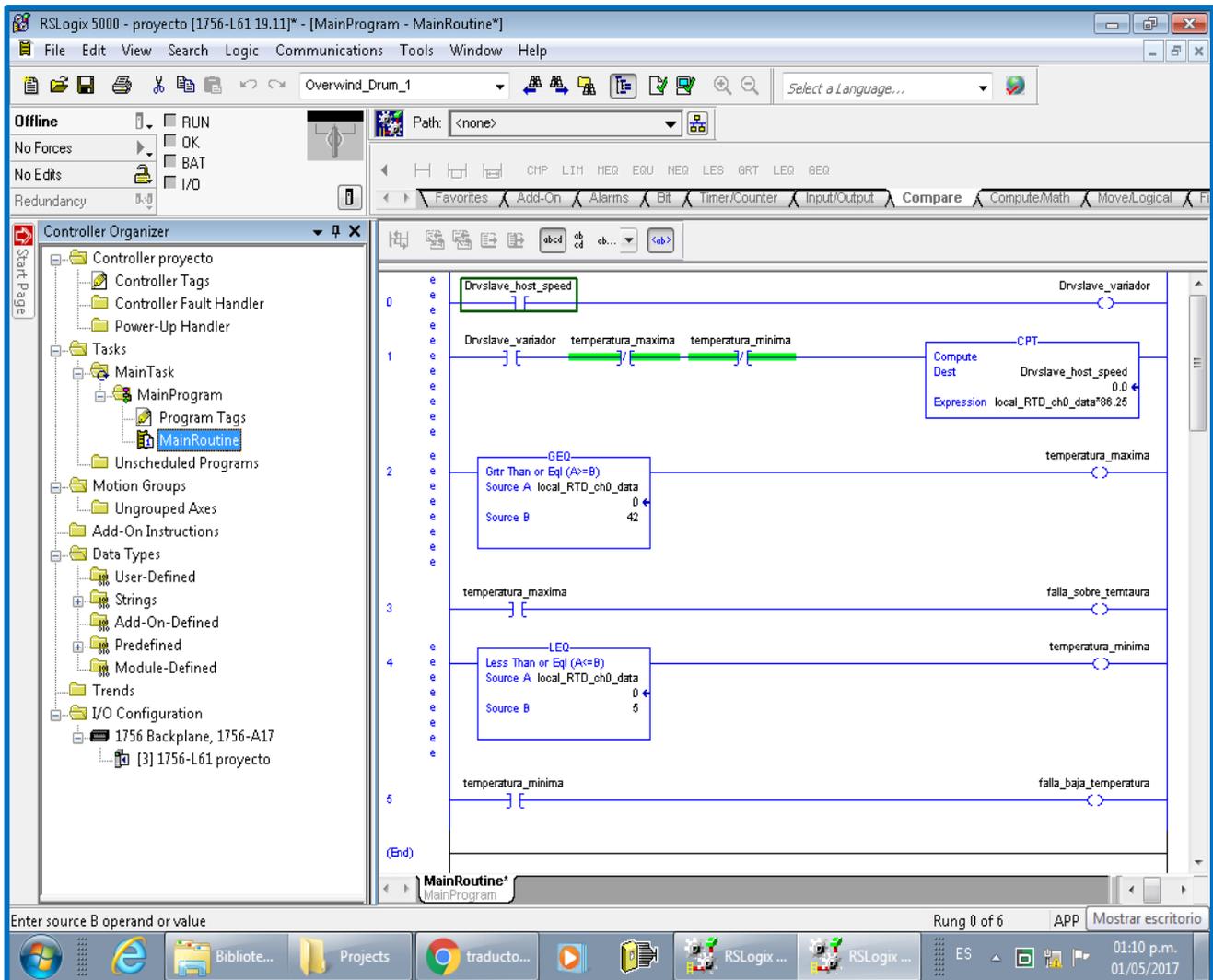
Grafico 31. Confirmación por falla de temperatura mínima en diagrama lader



Fuente: Elaboración propia N°18

- ✓ Lógica completa en el RS LOGIX 5000

Gráfico 32. Programación realizada en el rs logix 5000



Fuente: elaboración propia N°19

3.1.4 Evaluación costo beneficio

3.1.4.1 Costo del proyecto

Tabla 1. Materiales y su respectivo costo para el proyecto

MATERIALES DEL PROYECTO	COSTO
MODULO RTD INPUT DE 6 PUNTOS DE ENTRADA	2000.00
MODULO CONTROLLOGIX DIVICE NET DE COMUNICACION	23000.00
VARIADOR POWER FLEX 4M	600.00
VISTONY REFRIGERANTE LIQUIDO	320.00
MANGUERA CRISTAL TRASPARENTE 1/4 PVC	80.00
REGULADOR DE FLUJO UNIDIRECCIONAL	135.00
DISTRIBUIDOR 1 3+3 SALIDAS 1/8 ALUMINIO	105.00
MOTOR DE 1.5 HP	600.00
TOTAL SOLES	6140.00

Fuente: Elaboración propia N°20

3.1.4.2 Costo por deterioro de componentes en el variador

Durante el año 2016 se tuvo paradas por deterioro de componentes que se veían afectado por el polvo.

Tabla 2. Deterioro de componentes en el año 2016

COMPONENTES	COSTO
TARJETA RETA DE COMUNICACIÓN	1500.00
TARJETA FUENTE AFPS-11C	950.00
TARJETA ASTO-21C DE MÓDULOS INVERSORES	2200.00
ENVIO DE REPARACION DE ODULO INVERSOR	3100.00
TOTAL SOLES	7750.00

Fuente: Elaboración propia N°21

3.1.4.3 Costo por tiempo sin producción.

El winche 650 es uno de los equipos más importantes de la compañía. Es el único medio de extracción de mineral de las profundidades a superficie, extrayendo 6000 toneladas diarias, 250 toneladas por hora aproximadamente. En el año 2016 se tuvo paradas por las siguientes fallas:

Tabla 3. Tiempo de parada por falla de componentes en el año 2016

PARADAS POR REPARACIÓN	TIEMPO EN HORAS	CARGA EN TONELADAS
FALLA DE COMUNICACIÓN PLC –VARIADOR	12 HORAS	3000
FALLA DE VARIADOR ESCLAVO	4 HORAS	1000
FALLA DE MODULO INVERSOR	16 HORAS	4000
FALLA DE MODULO RECTIFICADOR	8 HORAS	2000
FALLA DE MODULO FILTRO BUS DC	2 HORAS	500
FALLA DE COMUNICACIÓN FIBRA	2 HORAS	500
TOTAL	44 HORAS	11000

Fuente: Elaboración propia N°22

3.2. Conclusiones

1. Se desarrolló un sistema de enfriamiento por líquido refrigerante en sala de variadores winche 650.
2. Se disminuyó en un 70% las paradas de los variadores por contaminación de polvo y Humo.
3. Se redujo el costo por repuesto en 60%.
4. Se concluyó la eficiencia del sistema proyectándose a recuperar los gastos en el mes de noviembre.

3.3. Recomendaciones

1. La compañía minera Casapalca S.A debe continuar comprometida con el proyecto para asegurar su continuidad y mantenimiento.
2. Implementar un plataforma de Factory Talk View. Para visualización del proceso y control del sistema de enfriamiento y mejorar porcentaje de paradas.
3. Se realizara una evaluación de costo beneficio al culminar el año 2017.
4. La compañía minera Casapalca S.A de acuerdo a los resultados de los seguimientos debe evaluar la implementación en sala de variadores winche 790.

CAPITULO IV: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

4.1. Referencia Bibliográfica Web

1. <http://www.youtube.com/watch?v=BQeyx2FMLdo>
2. <https://www.youtube.com/watch?v=kFQVlSr4elo>
3. <http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>
4. http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1756-td006_-en-e.pdf
5. http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um009_-es-p.pdf
6. <http://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/products/studio5000-logix-designer.page>

CAPÍTULO V: GLOSARIO DE TÉRMINOS

5.1 Glosario de Términos

- **Automatización**

Aplicación de máquinas o de procedimientos automáticos en la realización de un proceso o en una industria.

- **Variadores de velocidad**

Conjunto de dispositivos mecánicos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos empleados para controlar la velocidad giratoria de maquinaria, especialmente de motores.

- **Dispositivos**

Se denominan componentes electrónicos aquellos dispositivos que forman parte de un circuito electrónico.

- **Refringentes dieléctricos**

Material con propiedades de enfriar y a su vez no es conductora de electricidad.

- **DUMPER**

Vehículo volquete diseñado para labores de gran dificultad para trasladarse como minería.

- **SCOOP**

Maquinaria pesada con función de acarreo de material diseñada para lugares con dificultad de tránsito.

- **Winche**

Equipo de izaje para subir o bajar distinto material, con gran cantidad tipos y diversidad usos. Se encuentran en distintos sectores industriales.

- **Pique:**

En minería, es una perforación en forma vertical en la cual se puede descender y ascender materiales y personas.

- **Regenerativo**

Que regenera, en control es proceso que toma de su salida para auto sostenerse.

- **Sensor**

Un sensor es un objeto capaz de detectar magnitudes físicas o químicas.

- **Termómetro**

Instrumento que sirve para medir la temperatura; el más habitual consiste en un tubo capilar de vidrio cerrado.

- **Resistencia**

Se define como una acción en la que una persona, animal, cosa u organismo resiste o que tiene la capacidad de resistirse.

- **RTD**

(resistance temperature detector) es un detector de temperatura resistivo.

- **Modulo**

Se conoce como módulo (del latín modulus) a una estructura o bloque de piezas que, en una construcción, se ubican en cantidad a fin de hacerla más sencilla.

- **Flexibilidad**

Capacidad para adaptarse con facilidad a las diversas circunstancias o para acomodar las normas a las distintas situaciones o necesidades.

- **Bomba**

Es una máquina generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía del fluido.

- **Flujo**

Se representa todos los elementos que van ser movidos o están en movimiento dentro de un conducto.

- **PLC**

Es un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller) o por autómata programable

- **Valor nominal**

Es el valor que se le asigna a un bien o a un título que es proporcionado por un emisor, es decir, que debe estar expuesto de manera explícita en el texto del propio título.

- **Unidireccional**

Que va en una sola dirección

- **Chassis**

El chasis o chasis consiste en un marco interno que sostiene un objeto hecho por el hombre en su construcción y uso.

- **Controlador**

Manejador de dispositivo, elemento de software utilizado en diversos sistemas operativos, también llamado manejador de dispositivo, DEVICE driver o driver.

- **Software**

Conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.

CAPÍTULO VI: ÍNDICES

6.1. Índice de Gráficos

Gráfico 1. Sistema de enfriamiento de un Procesador por líquido refrigerante	vi
Gráfico 2. Organización de la Compañía Minera CASAPALCA S.A.	6
Gráfico 3. Diagrama del desarrollo del sistema de enfriamiento.....	16
Gráfico 4. Sensor de temperatura pt. 100.....	18
Gráfico 5. chasis estándar control logix de 17 slots, ALLEN BRADLEY.....	18
Gráfico 6. Variador power flex 4m.....	23
Gráfico 7. Vistony refrigerante líquido.....	24
Gráfico 8. Manguera cristal transparente 1/4 pvc	25
Gráfico 9. Regulador de flujo unidireccional.....	25
Gráfico 10. Distribuidor 1 3+3 salidas 1/8 aluminio	26
Gráfico 11. Motor bomba de 1.5 hp	27
Gráfico 12. Teclado integrado para programación	29
Gráfico 13. Parámetros de configuración del variador.....	30
Gráfico 14. Comunicación de plc a variador.....	33
Gráfico 15. Modo de comunicación divice net.....	33
Gráfico 16. Conexión divice net.....	34
Gráfico 17. Ventana de programa rslogix 5000.....	36
Gráfico 18. Diagrama de conexión de plc a pc	37
Gráfico 19. Ventana de configuración de ip de la pc.....	38
Gráfico 20. Ventana de configuración del rslinx classic.....	39
Gráfico 21. Ventana de selección de módulo de comunicación.....	40
Gráfico 22. Ventana de selección de módulo de comunicación.....	40
Gráfico 23. Ventana para insertar controlador al rslogix 5000.....	42
Gráfico 24. Comando del rslogix 5000 para agregar módulo de entrada o salida.....	43
Gráfico 25. Ventana de configuración y búsqueda de módulos e/s	44
Gráfico 26. Contacto de confirmación en diagrama lader.....	48
Gráfico 27. Comando para tcp para control del variador en diagrama lader.....	48
Gráfico 28. Sistema de protección por sobre temperatura en diagrama lader.....	49
Gráfico 29. Falla de temperatura máxima en diagrama lader	49
Gráfico 30. Sistema de protección por baja temperatura en diagrama lader	50
Gráfico 31. Confirmación por falla de temperatura mínima en diagrama lader.....	50
Gráfico 32. Programación realizada en el rs logix 5000.....	51

6.2. Índice de Fotos

Foto 1. <i>Compañía Minera Casapalca S.A</i>	3
Foto 2. <i>Confraternización en la Compañía Minera CASAPALCA S.A</i>	4
Foto 3. <i>Sala de variadores del WINCHE 650</i>	13
Foto 4. <i>Procesador LLOGIX 5562, ALLEN BRADLEY</i>	20
Foto 5. <i>Módulo controllogix rtd input de 08 entradas de sensor de temperatura</i>	21
Foto 6. <i>Módulo controllogix divice net de comunicación</i>	22
Foto 7. <i>Ventana de configuración de nuevo proyecto</i>	45
Foto 8. <i>Ventana de creación de rutina</i>	46
Foto 9. <i>Ventana de tags en el rslogix 5000</i>	47

6.3. Índice de Tablas

<i>Tabla 1.</i> Materiales y su respectivo costo para el proyecto.....	52
<i>Tabla 2.</i> Deterioro de componentes en el año 2016.....	53
<i>Tabla 3.</i> Tiempo de parada por falla de componentes en el año 2016	54

CAPÍTULO VII: ANEXOS

7.1. Anexo 1

COSTO TOTAL DEL DESARROLLO DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.

Tabla N° 1. Materiales y su respectivo costo por el proyecto

MATERIALES DEL PROYECTO	COSTO
MÓDULO RTD INPUT DE 6 PUNTOS DE ENTRADA	2000.00
MÓDULO CONTROLLOGIX DIVICE NET DE COMUNICACIÓN	23000.00
VARIADOR POWER FLEX 4M	600.00
VISTONY REFRIGERANTE LÍQUIDO	320.00
MANGUERA CRISTAL TRASPARENTE 1/4 PVC	80.00
REGULADOR DE FLUJO UNIDIRECCIONAL	135.00
DISTRIBUIDOR 1 3+3 SALIDAS 1/8 ALUMINIO	105.00
MOTOR DE 1.5 HP	600.00
TOTAL SOLES	6140.00

Fuente: Elaboración Propia N° 20

7.2. Anexo 2

DIASPOSITIVAS PARA SUSTENTACIÓN



ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE REFRIGERADO POR LÍQUIDO EN SALA DE
VARIABLES EN LA UNIDAD CUERPO MERY DE LA COMPAÑÍA MINERA
CASAPALCA S.A.

PRESENTADO POR EL BACHILLER
CAÑARI TAFUR, JORGE ARTURO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO
Y TELECOMUNICACIONES

LIMA- PERÚ
2017

INDICE

- ❑ **Generalidades de la compañía minera Casapalca.**
- ❑ **Realidad Problemática**
- ❑ **Definición del Problema**
- ❑ **Objetivos del Proyecto**
- ❑ **Desarrollo del Proyecto**
- ❑ **Conclusiones**
- ❑ **Recomendaciones**

Generalidades de la Compañía Minera Casapalca S.A.

- ❑ Fue constituida en 1889. Posteriormente, en 1919, fue adquirida por la compañía Cerro de Pasco.
- ❑ octubre de 1986 se concreta la constitución legal de la Compañía Minera Casapalca S.A.
- ❑ La filosofía de la Compañía Minera Casapalca desde sus inicios ha sido la de tener crecimiento sostenido.



DIRECCIONAMIENTO ESTRATEGICO DE LA CIA MINERA CASAPALCA S.A.

MISIÓN

Desarrollar nuestras actividades mineras guiados por los más altos principios y valores, protegiendo la salud, la integridad y el medio ambiente.

VISIÓN

Posicionar a la Compañía Minera Casapalca S.A. Como el referente de la mediana minería en el Perú.

OBJETIVO ESTRATÉGICO

- ✓ Producir con Calidad y Seguridad es uno de los objetivos de la Organización y ello supone un gran esfuerzo para cambiar la cultura tradicional y enrolarnos en la práctica de los nuevos valores.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

OBJETIVO GENERAL

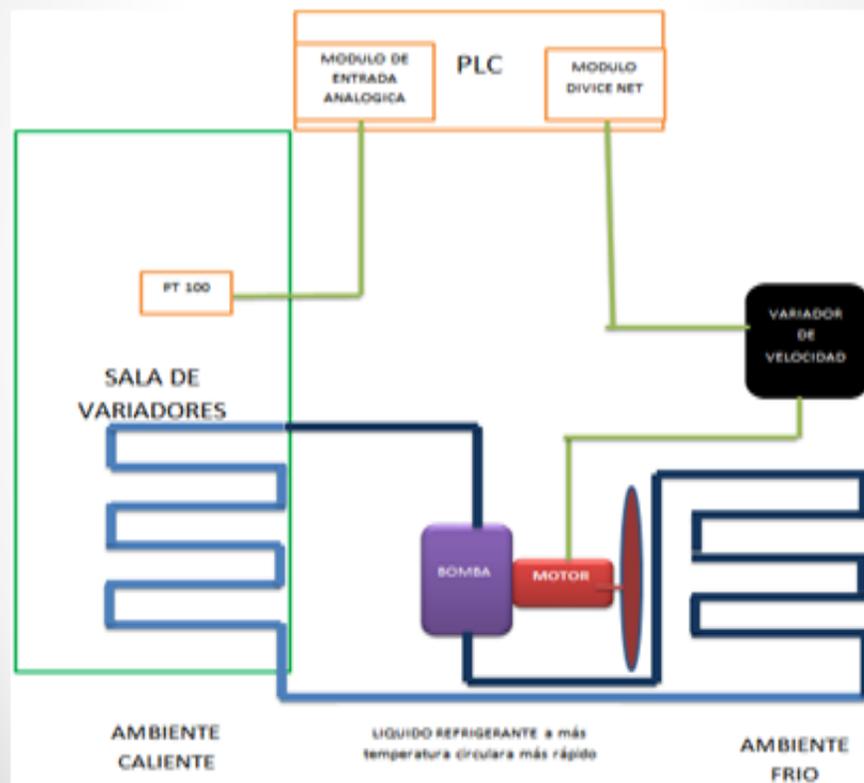
- ❑ Desarrollar un sistema de enfriamiento por líquido refrigerante en sala de variadores.

OBJETIVO ESPECIFICO

- ❑ Disminuir en un 90% las paradas de los variadores por contaminación de polvo y humo.
- ❑ Reducir costos por repuestos del variador.
- ❑ Verificar la eficacia del sistema para implementar posteriormente en otros winches.

DESARROLLO DEL PROYECTO

DIAGRAMA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO



EQUIPOS REQUERIDOS PARA EL PROYECTO

- Sensor de temperatura PT100.
- chasis estándar control logix de 17 slots, ALLEN BRADLEY, CATALOGO 1756-A17/B.
- CONTROLADOR LOGIX 5562, ALLEN BRADLEY
- Módulo RTD INPUT de 6 puntos de entrada.
- Módulo CONTROLLOGIX DVICE NET de comunicación.
- Variador POWER FLEX 4M.
- VISTONY refrigerante líquido
- Manguera cristal transparente 1/4 PVC
- REGULADOR DE FLUJO UNIDIRECCIONAL
- DISTRIBUIDOR 1 3+3 SALIDAS 1/8 ALUMINIO
- MOTOR DE 1.5 HP

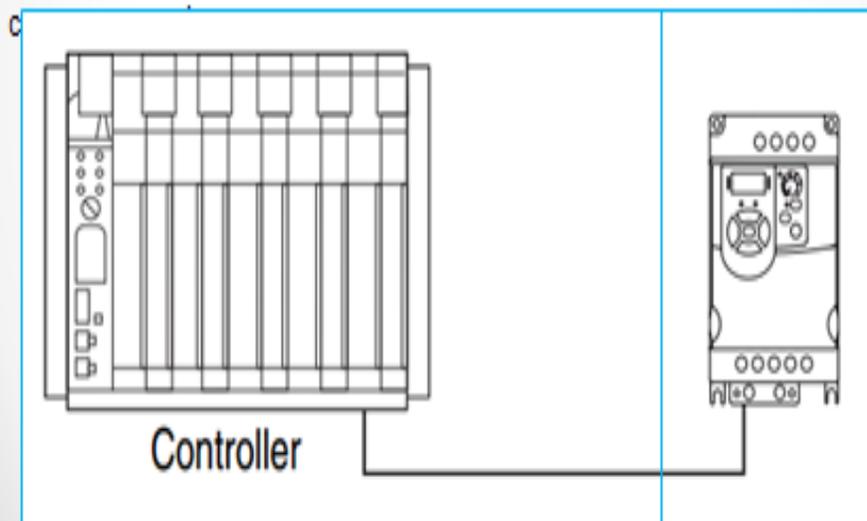
ELABORACIÓN DEL PROYECTO

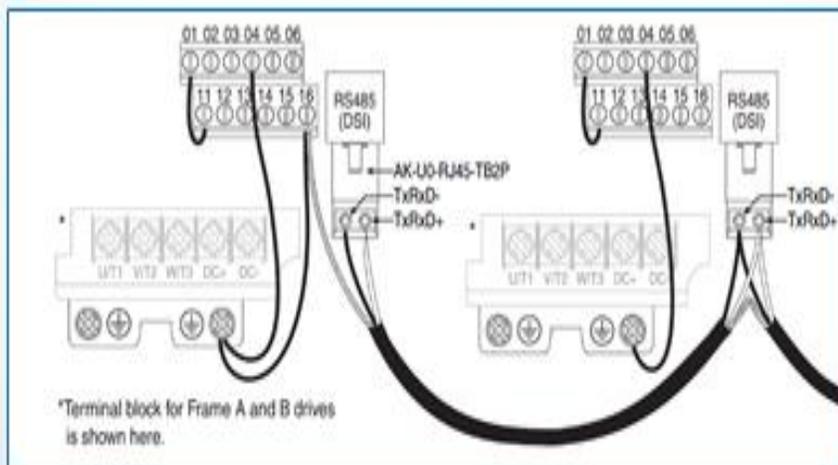
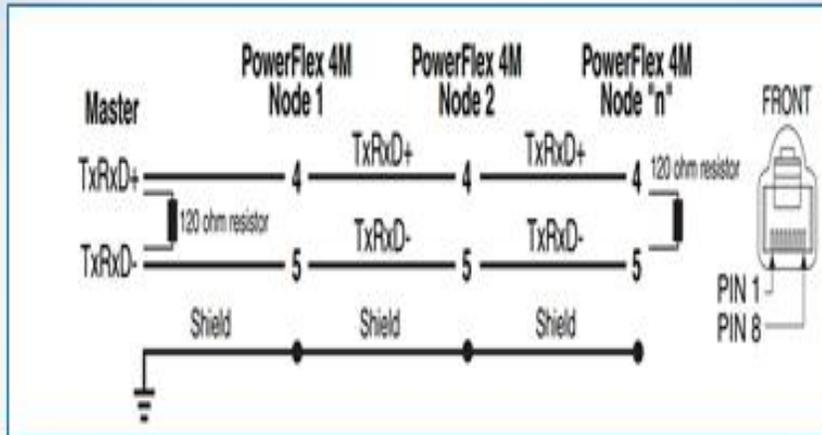
➤ CONFIGURACIÓN DEL VARIADOR POWERFLEX 4M

Grupo	Parámetros			
Visualización básica 	Frec. Salida	d001	Fuente Control	d012
	Frec. de comando	d002	Estado ent Ctrl	d013
	Int. salida	d003	Estado ent digit	d014
	Tens. de salida	d004	Estado com	d015
	Tensión bus CC	d005	Var. SW control	d016
	Estado Variador	d006	Tipo de Variador	d017
	Código fallo 1	d007	Tiempo de marcha	d018
	Código fallo 2	d008	Dato pt prueba	d019
	Código fallo 3	d009	Ent. ant 0-10V	d020
	Display Process	d010	Ent. ant 4-20mA	d021
			Temp. variador	d022
Programa básico 	Volt placa motor	P101	Modo de Paro	P107
	H _z placa motor	P102	Referencia Veloc	P108
	Intens. SC Motor	P103	Tiempo accl. 1	P109
	Frecuencia Min.	P104	Tiempo decel. 1	P110
	Frecuencia máx.	P105	Rat SC motor	P111
	Fuente Arranque	P106	Restab. a predet	P112
Bloques de terminales 	Set ent digit 1	Q01	LmIn EnAn 4-20mA	Q213
	Set ent digit 2	Q02	LmSp EnAn 4-20mA	Q214
	LmIn EnAn 0-10V	Q11	Set. Sal. Pulsos	Q221
	LmSp EnAn 0-10V	Q12	Nivel Sal Pulsos	Q222
Comunicaciones 	Idioma	C301		
	Vel. datos com	C302		
	Dircc nodo com	C303		
	Acc. párr. comun	C304		
	Tmp. pérd. comun	C305		
	Formato com	C306		
	Modo Esc. Com.	C307		
Programación avanzada 	Tiempo accl. 2	A401	Compensación	A436
	Tiempo decel. 2	A402	Dedu. Hertz @ B	A437
	% curva-S	A403	Tpo Min Process	A438
	Frecuencia test	A404	Tpo Max Process	A439
	Impulsos Acc/Dec.	A405	Factor Process	A440
	Frec. Interna	A409	Reg. bus modo	A441
	Frec. preset 0	A410	Lm. Corrente	A442
	Frec. preset 1	A411	Selecc. SC Motor	A444
	Frec. preset 2	A412	Frecuencia PWM	A446
	Frec. preset 3	A413	Despato Cor. SW	A448
	Frec. salto	A418	Borrar fallo	A450
	Int. frec. salto	A419	Int. rearme auto	A451
	Tiempo freno CC	A424	RatIn rearme aut	A452
	Nivel freno CC	A425	Selecc. Refuerzo	A453

PROGRAMACION DE PLC A VARIADOR

Los variadores Power Flex 4M son compatibles con el protocolo RS485 (DSI) que funcionan de manera eficiente con los periféricos Rockwell. Además, son compatibles con algunas funciones Modbus para brindar simples conexiones en red. Los variadores Power Flex 4M pueden tener derivaciones múltiples en una red RS485 utilizando el protocolo Modbus en modo RTU. Para realizar la comunicación de un variador con el PLC LOGIX 5562 se va realizar con el protocolo DVICE NET. Donde nuestro PLC





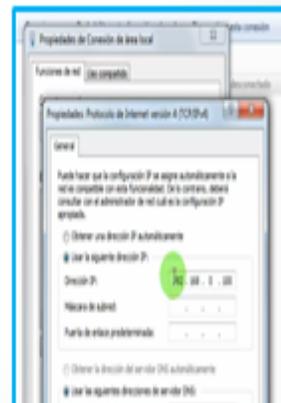
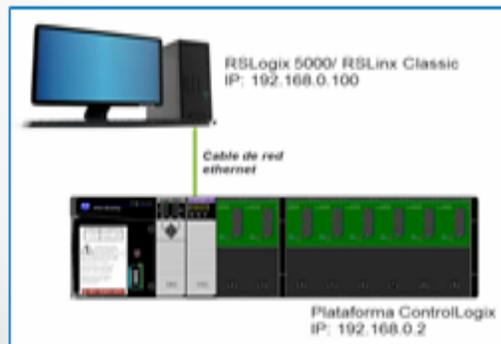
➤ PROGRAMACION PARA LA COMUNICACIÓN DEL PLC Y SUS MODULOS

El software que se va usar para la programación del PLC LOGIX 5562 es el RSLOGIX 5000.

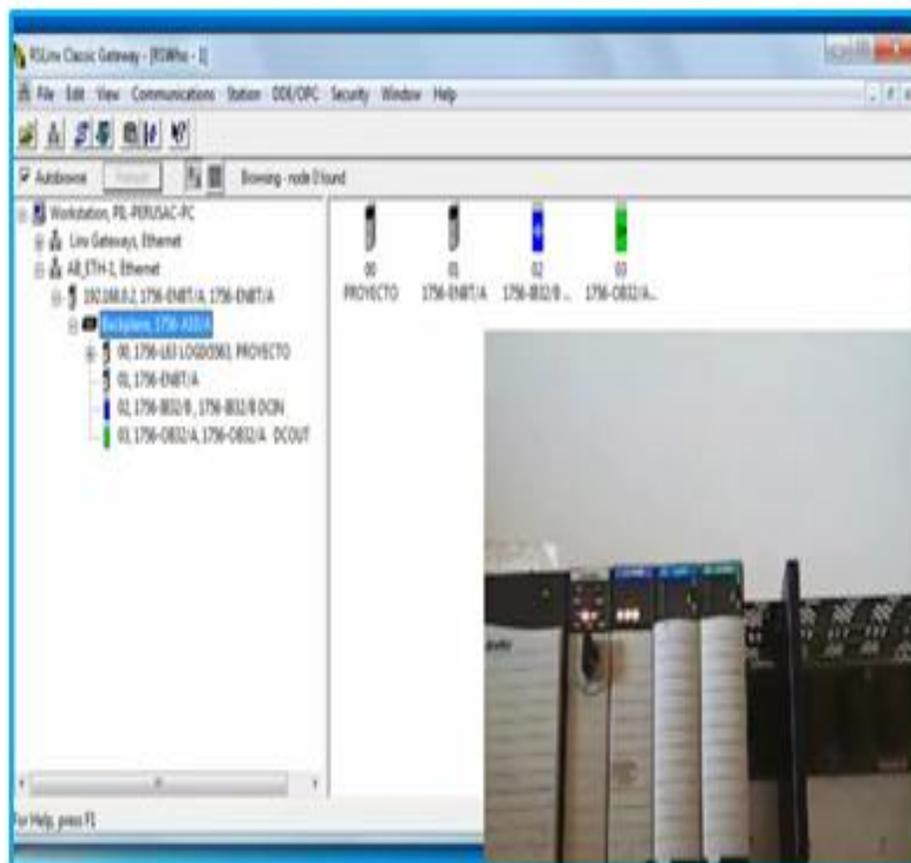
CONFIGURACIÓN DRIVER ETHERNET

Primero instalaremos a nuestra pc el software RSLINX CLASSIC quien conecta todo nuestros dispositivos, como módulos de entrada y salida. También instalaremos nuestro software RSLOGIX 5000 para nuestra programación del PLC. Luego se realiza la configuración de la IP de la PC, para ello nos dirigimos:

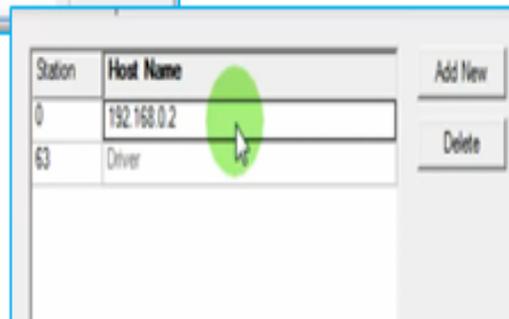
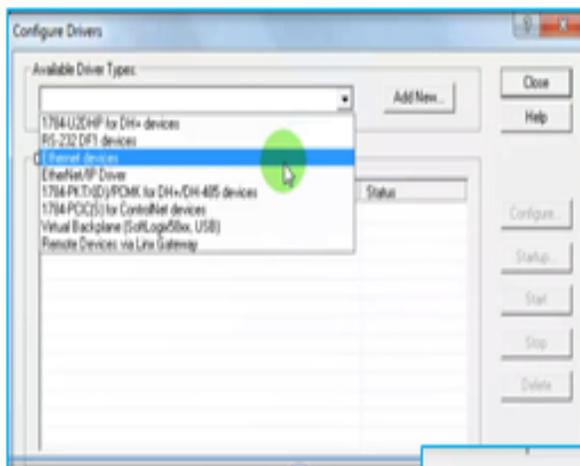
- centro de redes compartidos
- luego a cambiar configuración del adaptador conexión de área local
- protocolos de internet versión 4(TCP/ IPv4)
- donde configuramos la IP en nuestro caso (192.168.0.100)



Para realizar la comunicación conectamos un cable de red de la PC al PLC abrimos el programa del RSLINX CLASSIC, donde creamos un nuevo driver de control.

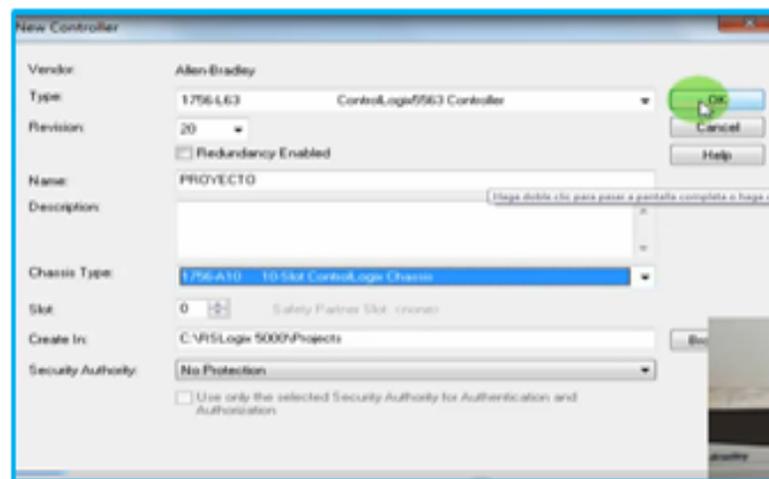


- buscamos la opción de tipo de driver disponible
- dentro de ellos habrá varios tipos de dispositivos de comunicación y seleccionamos el nuestro (ETHERNET DEVICE).

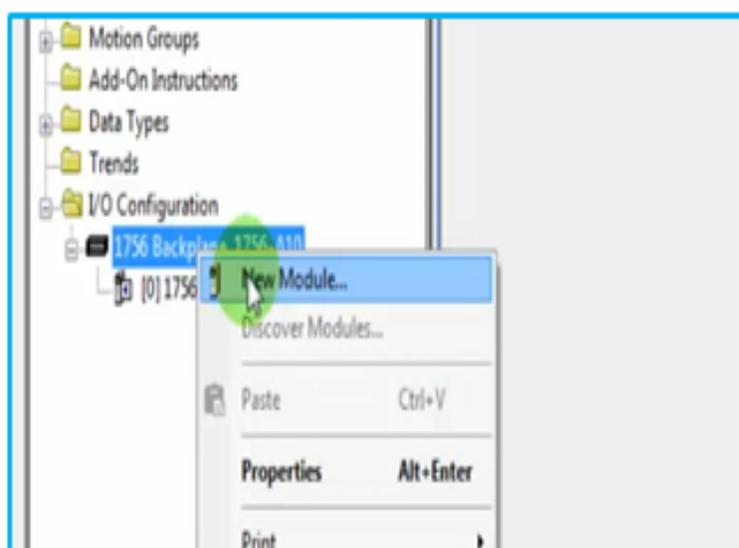


- Hacemos clic la opción nuevo y colocamos la IP de nuestro módulo

- Luego verificamos si el procesador es reconocido por el RSLINX CLASSIC y vemos todos los componentes dentro de nuestro chasis, como nuestros módulos de entrada y salida.
- Luego damos pase al software de programación el RSLOGIX 5000, Donde tomaremos un nuevo proyecto:
- Hacemos clic en nuevo controlador
- Donde se nos aparecerá una ventana a la que insertamos el tipo de procesador,
- la revisión a la cual esta sesteado el procesador y la cantidad de slots que cuenta el chasis. Esos datos estarna cargado en el RSLINX



- Para añadir módulos al RSLOGIX 5000 de entrada y salida
 - Sacamos el código y la revisión pre configurado de los módulos esto se encuentra en el programa RSLINX CLASSIC.
 - Nos dirigimos al BACKPLANE del RSLOGIX 5000 donde damos añadir nuevo módulo.



PROGRAMACION DEL RSLOGIX 5000 PARA LA AUTOMATIZACION DE NUESTRO SISTEMA

The screenshot displays the RSLogix 5000 software interface. The main window shows a ladder logic program with the following rungs:

- Rung 0:** A normally open contact labeled `Driveline_start_preset` is connected to a coil labeled `Driveline_variable`.
- Rung 1:** A normally open contact labeled `Driveline_variable` is connected to a coil labeled `temperature_maxima`. A normally open contact labeled `temperature_minima` is connected to a coil labeled `Compute`. The `Compute` coil is connected to a `Set` coil labeled `Driveline_start_preset`. The `Set` coil has an associated expression: `local_P10_val_max*0.95`.
- Rung 2:** A normally open contact labeled `NO` is connected to a coil labeled `temperature_maxima`. The `NO` contact has two inputs: `Source A: local_P10_val_max` and `Source B: 0`.
- Rung 3:** A normally open contact labeled `temperature_minima` is connected to a coil labeled `Valve_pilot_temperature`.
- Rung 4:** A normally open contact labeled `NO` is connected to a coil labeled `temperature_minima`. The `NO` contact has two inputs: `Source A: local_P10_val_max` and `Source B: 0`.
- Rung 5:** A normally open contact labeled `temperature_minima` is connected to a coil labeled `Valve_pilot_temperature`.

The software interface includes a menu bar (File, Edit, View, Search, Logic, Communications, Tools, Window, Help), a toolbar, and a Controller Organizer on the left side. The Controller Organizer shows a tree view of the project structure, including Controller projects, Controller Tags, Tasks, MainTask, and Motion Groups. The status bar at the bottom indicates "Rung 0 of 6" and "APP Monitor execution".

EVALUACIÓN COSTO BENEFICIO

Tabla N° 1. Materiales y sus respectivos costos del proyecto

MATERIALES DEL PROYECTO	COSTO
MODULO RTD INPUT DE 6 PUNTOS DE ENTRADA	2000.00
MODULO CONTROL LOGIX DIVICE NET DE COMUNICACION	23000.00
VARIADOR POWER FLEX 4M	600.00
VISTONY REFRIGERANTE LIQUIDO	320.00
MANGUERA CRISTAL TRASPARENTE 1/4 PVC	80.00
REGULADOR DE FLUJO UNIDIRECCIONAL	135.00
DISTRIBUIDOR 1 3+3 SALIDAS 1/8 ALUMINIO	105.00
MOTOR DE 1.5 HP	600.00
TOTAL SOLES	6140.00

Fuente: Elaboración propia N° 20

Tabla N° 2. Deterioro de componentes en el año 2016

COMPONENTES	COSTO
TARJETA RETA DE COMUNICACION	1500.00
TARJETA FUENTE AFPS-1 IC	950.00
TARJETA ASTO-2IC DE MODULOS INVERSORES	2200.00
ENVIO DE REPARACION DE MODULO INVERSOR	3100.00
TOTAL SOLES	7750.00

Fuente: Elaboración propia N° 21

Tabla N° 3. Tiempo de parada por falla de componentes en el año 2016

PARADAS POR REPARACION	TIEMPO EN HORAS	CARGA EN TONELADAS
FALLA DE COMUNICACION PLC-VARIADOR	12 HORAS	3000
FALLA DE VARIADOR ESCLAVO	4 HORAS	1000
FALLA DE MODULO INVERSOR	16 HORAS	4000
FALLA DE MODULO RECTIFICADOR	8 HORAS	2000
FALLA DE MODULO FILTRO BUS DC	2 HORAS	500
FALLA DE COMUNICACION FIBRA	2 HORAS	500
TOTAL	44 HORAS	11000

Fuente: Elaboración propia N° 22

CONCLUSIONES

1. Se desarrolló un sistema de enfriamiento por líquido refrigerante en sala de variadores winche 650.
2. Se disminuyó en un 70% las paradas de los variadores por contaminación de polvo y Humo.
3. Se redujo el costo por repuesto en 60%.
4. Se concluyó la eficiencia del sistema proyectándose a recuperar los gastos en el mes de noviembre.

RECOMENDACIONES

1. La compañía minera Casapalca S.A debe continuar comprometida con el proyecto para asegurar su continuidad y mantenimiento.
2. Implementar un plataforma de Factory Talk View. Para visualización del proceso y control del sistema de enfriamiento y mejorar porcentaje de paradas.
3. Se realizara una evaluación de costo beneficio al culminar el año 2017.
4. La compañía minera Casapalca S.A de acuerdo a los resultados de los seguimientos debe evaluar la implementación en sala de variadores winche 790

