

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:
CONTROL EN LAZO CERRADO DE LAS ELECTROVÁLVULAS ROTORK
PARA LA SUCCIÓN Y DESCARGUE DEL BOMBEO EN LA ESTACIÓN
POLIDUCTO OSAYACU**

**AUTOR:
ALEX SANTIAGO MONTA GUATAPI**

**TUTOR:
JOSÉ ALCIDES RUMIPAMBA LÓPEZ**

Quito, febrero del 2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Alex Santiago Monta Guatapi con documento de identificación N° 1500696362, manifesté mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: “CONTROL EN LAZO CERRADO DE LAS ELECTROVÁLVULAS ROTORK PARA LA SUCCIÓN Y DESCARGUE DEL BOMBEO EN LA ESTACIÓN POLIDUCTO OSAYACU”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



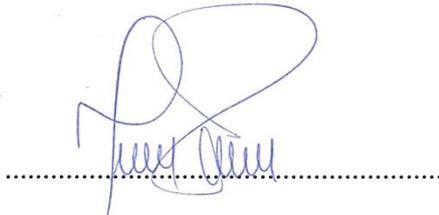
.....
Alex Santiago Monta Guatapi
C.I.: 1500696362

Quito, febrero del 2020

DECLARATORIA DE COAUTORIA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “CONTROL EN LAZO CERRADO DE LAS ELECTROVÁLVULAS ROTORK PARA LA SUCCIÓN Y DESCARGUE DEL BOMBEO EN LA ESTACIÓN POLIDUCTO OSAYACU” realizado por: Alex Santiago Monta Guatapi, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, febrero del 2020



José Alcides Rumipamba López
C.I.: 1803854353

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto técnico de titulación a Dios por haberme guiado hasta este punto de mi vida y haberme dado salud para cumplir con mis objetivos.

A mis padres José y Aida por su apoyo incondicional, sus consejos, valores y paciencia que fueron fundamentales para cumplir esta meta. A la memoria de mi abuelito Manuel quien gracias a su humildad y enseñanzas guio mi vida. A mi hija Arleth, a mis hermanos Diego y José y demás familiares que me fortalecieron incondicionalmente en todo el transcurso de mi vida universitaria.

Santiago Monta

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado la fortaleza y sabiduría necesaria para culminar esta gran etapa de mi vida.

A mis padres porque gracias a sus consejos, confianza, paciencia y los recursos necesarios pude llegar hasta este punto de mi vida.

A hija, hermanos, familia y amigos que me apoyaron incondicionalmente en todo momento durante la ejecución del proyecto, ya que con su apoyo y recomendaciones me impulsaron para la culminación del mismo.

A la Universidad Politécnica Salesiana por inculcar en mí una educación de calidad conjuntamente con valores que encaminaron mi vida.

A la Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador quien me facilito su apoyo para la realización de mi proyecto de Titulación en las instalaciones de la Estación OSAYACU del Poliducto SHUSHUFINDI-QUITO.

Un agradecimiento especial a mi tutor el Ing. José Rumipamba por la ayuda, asesoría e ideas para la realización de este proyecto.

Santiago Monta

ÍNDICE DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	ii
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍDICE DE CONTENIDO	vi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO 1	1
ANTECEDENTES	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	1
1.3 TEMA DEL PROYECTO.....	2
1.4 OBJETIVO GENERAL	2
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICO	2
1.6 METODOLOGÍA	3
CAPÍTULO 2	4
MARCO TEORICO	4
2.1 CARACTERIZAR UN PROCESO INDUSTRIAL.....	4
2.2 QUE ES UNA RED INFORMÁTICA.....	4
2.2.1 Dispositivos	5
2.2.2 El medio	5
2.2.3 Información	6
2.2.4 Recursos	6
2.3 DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	6
2.3.1 Análisis.....	6

2.3.2	Diseño.....	6
2.3.3	Investigación	7
2.3.3.1	<i>Investigación preliminar</i>	7
2.3.3.2	<i>Investigación descriptiva</i>	7
2.3.3.3	<i>Investigación Causal</i>	7
2.4	COMUNICACIONES INDUSTRIALES	7
2.4.1	Redes de Célula.....	8
2.4.2	Redes de Control.....	8
2.4.2.1	<i>Redes de Controladores</i>	8
2.4.2.2	<i>Redes de sensores-actuadores</i>	9
2.4.2.3	<i>Redes de sensores-actuadores de elevada capacidad</i>	9
2.5	SISTEMA SCADA.....	10
2.5.1	Ventajas de SISTEMAS SCADA	10
2.5.2	Amplitud de productos SCADA.....	10
2.6	HMI.....	11
2.7	WONDERWARE -INTOUCH	11
2.8	TAGNAME.....	12
2.9	SMC-ARCHESTRA SYSTEM MANAGEMENT CONSOLE	14
2.10	GATEWAY CONNEXIUM TSXETG100	14
2.11	CABLES DE COMUNICACIÓN.....	15
2.12	TUBERIAS PORTA CABLES	16
2.13	ACTUADOR ROTORK SERIE IQ.....	16
2.13.1	Medio Ambiente de uso para funcionamiento del Actuador.....	17
2.13.2	Motor Integrado.....	18
2.13.3	Protección del motor	18
2.13.4	Torque y límites	18
2.13.5	Operaciones del Actuador	19

2.13.5.1	<i>Control local</i>	20
2.13.5.2	<i>Control Remoto</i>	20
2.13.5.3	<i>Stop general</i>	20
2.13.6	Alimentación del Actuador	20
2.14	PROCEDIMIENTO DE CONFIGURACIÓN	21
2.15	PROTOCOLO MODBUS RTU	21
2.15.1	Arquitectura de una red ModBus/TCP	23
2.15.2	Tarjeta de control ModBus.....	23
2.15.3	Propiedades de la tarjeta opcional MODBUS	25
2.15.3.1	<i>Propiedade Mecánicas</i>	25
2.15.3.2	<i>Tarjetas de Interfaz (IQ, IQT, IQ Pro, IQT Pro)</i>	25
2.15.3.3	<i>Tarjeta de interfaz de red ModBus (NIC)</i>	26
2.15.3.4	<i>Propiedades Eléctricas</i>	27
2.15.3.5	<i>Operación y almacenamiento</i>	28
2.15.4	Datos RS-485, conexiones y configuración de campo ModBus	28
2.15.4.1	<i>Autopista de datos</i>	28
2.15.4.2	<i>Topología de carretera</i>	29
2.15.4.3	<i>Red de terminación</i>	30
CAPÍTULO 3	31
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	31
3.1	CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO ACTUAL Y DETERMINACIÓN LAS VARIABLES DE ENTRADAS Y SALIDAS	31
3.2	DISEÑO DE LA RED MODBUS	32
3.2.1	Intouch 2017.....	33
3.3	CONFIGURACIÓN DEL DASERVER MBTCP	33
3.4	DISEÑO DEL HMI EMPLEANDO EL SOFTWARE INTOUCH.....	37
3.4.1	Diseño de pantalla	38

3.5 CONFIGURACIÓN DE LOS ACTUADORES A CONTROL REMOTO MODBUS.....	40
3.5.1 Dirección del nodo Modbus	42
3.5.2 Velocidad de transmisión para el módulo ModBus	42
3.5.3 Entrada auxiliar remota ModBus	43
3.5.2 Paridad ModBus.....	44
CAPITULO 4	45
ANALISIS DE RESULTADOS	45
4.1 PRUEBAS CON EL ACTUADOR ROTORK.....	45
4.2 PRUEBAS CON EL GATEWAY SCHNEIDER EGX100.....	50
4.3 PRUEBAS DE CONECTIVIDAD	54
4.4 PRUEBAS CON LA HMI	55
CAPITULO 5	59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
5.1 CONCLUSIONES	59
5.2 RECOMENDACIONES	60
LISTA DE REFERENCIAS	61
ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Capaz del Modelo OSI	4
Figura 2.2. Esquema de una red de sensores y actuadores actuando como E/S	9
Figura 2.3. Funciones de un paquete SCADA.....	11
Figura 2.4. Cuadro de asignación Tagname.....	13
Figura 2.5 Gateway Schneider.....	14
Figura 2.6. Cable típico RS-485	15
Figura 2.7. Actuador RotorK	17
Figura 2.8. Control local, remoto, Stop del Actuador RotorK de la serie IQ	19
Figura 2.9. Esquema de los pines de conexión del Actuador	20
Figura 2.10. Diagrama de las funciones internas del actuador	21
Figura 2.11. Encapsulamiento de la trama ModBus en TCP.....	23
Figura 2.12. Tipos de autopista de comunicación RS-485	24
Figura 2.13. Tarjeta de Interfaz de la serie IQ del actuador vista superior.....	26
Figura 2.14. Tarjeta de Interfaz de la serie IQ del actuador vista inferior.....	26
Figura 2.15. NIC de un solo canal ModBus, para conexión de red.....	27
Figura 2.16. NIC de doble canal ModBus, para conexión de red.....	27
Figura 2.17. Autopista de datos RS-485 típica	28
Figura 2.18. Topología de la autopista de datos RS-485	29
Figura 2.19. Terminales de la autopista RS-485.....	30
Figura 3.1. Esquema del sistema de Bombeo de la estación OSAYACU	31
Figura 3.2. Esquema de conexión para el diseño de la red ModBus	32
Figura 3.3. Configuración del DAServer MBTCP	33
Figura 3.4. Ingreso de un Modbusbridge en la configuración del DASMBTCP.....	34
Figura 3.5. Ingreso de un conector ModbusPLCRS a la configuración del DAS....	34
Figura 3.6. Creación de conectores tipo ModBusPLCRS en ACTUADOR_MOV	35
Figura 3.7. Asignación de una ID de identificación a actuadores.....	36
Figura 3.8. Asignación de un nombre para identificación a los actuadores.....	36
Figura 3.9. Ingreso de los Registros de datos a los actuadores.....	37
Figura 3.10. I/O server “SMC” inicializado con comunicación Gateway-SMC	38
Figura 3.11 Pantalla del HMI principal	39

Figura 3.12. Esquema del grupo principal de Bombeo.....	39
Figura 3.13 HMI a implementar	40
Figura 3.14 Esquema del camino a seguir para la configuración remota ModBus ..	41
Figura 3.15. Asignación de una ID para un nodo ModBus	42
Figura 3.16. Asignación de velocidad de transmisión al módulo ModBus	43
Figura 3.17. Ingreso de función remota ModBus	44
Figura 3.18. Asignación de un bit de paridad	44
Figura 4.1. Alimentación del actuador.....	45
Figura 4.2. Actuador desmontado.....	46
Figura 4.3. Tarjeta NIC ModBus	46
Figura 4.4. Actuador conectado y alimentado	47
Figura 4.5. Display del Actuador	47
Figura 4.6. Control remoto RotorK.....	48
Figura 4.7. Modo Configuración del actuador	48
Figura 4.8. Tarjeta infrarroja.....	49
Figura 4.9. Perillas del actuador.....	49
Figura 4.10. Gateway Schneider EGX100.....	50
Figura 4.11. Gateway Schneider configurado con la IP: 172.25.135.230	50
Figura 4.12. Creación de aplicación para pruebas	51
Figura 4.13. Proceso de apertura de la válvula	51
Figura 4.14. Apertura de la válvula.....	52
Figura 4.15. válvula parcialmente abierta.....	52
Figura 4.16. Proceso de cierre de la válvula	53
Figura 4.17. Cierre de la válvula.....	53
Figura 4.18. válvula parcialmente cerrada	54
Figura 4.19. Comunicación de equipos en la Red.....	54
Figura 4.20. HMI para pruebas de comunicación.....	55
Figura 4.21. Dirección del Gateway usado como bus ModBus de comunicación ...	55
Figura 4.22. Asignación de ID al ACTUADOR 1	56
Figura 4.23. Asignación de ID al ACTUADOR 2.....	56
Figura 4.24. Asignación de ID al ACTUADOR 3.....	57
Figura 4.25. HMI implementado en operaciones de la estación OSAYACU.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Tipos de variables del software Intouch	13
Tabla 2.2. Asignación de un valor a una variable de Intouch.....	13
Tabla 2.3. Tabla de especificaciones de los modelos de cable Belden Industrial.....	16

RESUMEN

El presente proyecto está enfocado en el monitoreo y control en lazo cerrado de los actuadores RotorK ubicadas en la estación OSAYACU perteneciente al Poliducto Shushufindi-Quito de la Empresa Pública Petroecuador. Donde los actuadores cumplen la función de notificar y controlar el incremento de presión en PSI desde que el hidrocarburo ingresa a la estación hasta que sale. En la actualidad el control, monitoreo y mantenimiento de los actuadores es de forma manual asistido por el personal de mantenimiento produciendo tiempos muertos o la detención del bombeo cuando existe fallo. La implementación de este proyecto pretende controlar de mejor manera este tipo de contratiempos. El proyecto consiste en asignar a cada actuador una ID ModBus que permita poder realizar una comunicación entre los actuadores y la PC master a través de un puente de enlace que es el Gateway Schneider. Cada actuador tiene una dirección independiente que es ingresada a través del control remoto dentro de la configuración ModBus del actuador. Una vez asignada la dirección se realiza la implementación de la red ModBus maestro/esclavo entre la Pc y los actuadores. Donde al tomar conocimiento de los registros de datos ModBus que podemos obtener y control que se puede realizar se procede a la realización del Proyecto. Con el diseño realizado se realizan las pruebas respectivas de funcionamiento que determinaran la implementación del proyecto dentro del HMI principal de la Estación, este proyecto proporcionara a la empresa un mayor tiempo de respuesta, control y asistencia de los actuadores.

ABSTRACT

This project is focused on the monitoring and control in closed loop of RotorK actuators located in the OSAYACU station belonging to the Shushufindi-Quito Poliduct of the Public Hydrocarbons Company of Ecuador. Where the actuators fulfill the function of notifying and controlling the increase in pressure in PSI from when the hydrocarbon enters the station until it leaves. At present, the control, monitoring and maintenance of the actuators is manually assisted by the maintenance personnel producing downtime or stopping the pumping when there is a failure. The implementation of this project aims to better control this type of setbacks. The project consists of assigning to each actuator a ModBus network ID that allows communication between the actuators and the master PC through a link bridge that is the Schneider Gateway. Each actuator has an independent address that is entered through the remote control within the Modbus configuration of the actuator. Once the address is assigned, the implementation of the ModBus master / slave network between the PC and the actuators is carried out. Where, when taking knowledge of the ModBus data records that we can obtain and control that can be carried out, the Project is carried out. With the design carried out, the respective functional tests are carried out that will determine the implementation of the project within the main HMI of the Station, this project will provide the company with a greater response time, control and assistance of the actuators.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como finalidad el control en lazo cerrado de las electroválvulas RotorK (serie IQ) que realizan la función de succión y descargue en los grupos principales de bombeo de la estación OSAYACU que pertenecen al Poliducto Shushufinfi-Quito de la Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador. Detallando el desarrollo del proyecto en capítulos.

Capítulo uno, se describe el planteamiento del problema como tal para la realización del proyecto su justificación, los objetivos y la metodología del mismo.

Capítulo dos, se presenta el Marco teórico donde se explica y detalla cada uno de los componentes que conformar el proyecto presentado, tanto el hardware como en software.

Capítulo tres, se describe los pasos a seguir para el diseño e implementación del control en lazo cerrado de las electroválvulas RotorK, donde se incluirá la comunicación maestra/esclavo de la red ModBus conjuntamente con el diseño de la interfaz HMI del prototipo.

Capítulo cuatro, se realiza el análisis del sistema tanto en hardware como software, así como el correcto control y puesta en funcionamiento del mismo.

El capítulo cinco, se presenta las conclusiones y recomendaciones del proyecto, conjuntamente con las referencias bibliográficas empeladas, también anexos que contienen: la comunicación de la red ModBus maestro/esclavo y el diseño de la interfaz HMI realizada en el software Intouch.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

En este capítulo se presenta el planteamiento del problema como tal para la realización del proyecto su justificación, los objetivos y la metodología del mismo.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la estación OSAYACU no cuenta con un sistema de control, supervisión y monitoreo de las electroválvulas que realizan la función de succión y descargue del grupo principal de bombeo que transporta hidrocarburos dentro del Poliducto Shushufindi-Quito, al conocer que el bombeo se realiza las 24 horas del día las fallas pueden ser inminentes en el transcurso del mismo produciendo que el bombeo se detenga ocasionando tiempos muertos mientras se realiza el mantenimiento y reparación de alguna de las electroválvulas que se encuentre afectada.

Al conocer que el personal de mantenimiento da solución a los fallos que se pueden presentar en las electroválvulas dirigiéndose al sitio donde se produjo el mismo, fallo que puede producir que la estación detenga el bombeo con largos tiempos de respuesta debido a la búsqueda del fallo y a las presiones elevadas que se manejan por las electroválvula, donde el personal tiene que desviar el hidrocarburo a tanques reservorios hasta que se dé solución al fallo presentado y el bombeo se establezca transportando con normalidad el hidrocarburo hacia la siguiente estación.

1.2. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad todo proceso puede ser mejorado. Pero, se da mayor prioridad a aquellos procesos que emplean tiempos de ejecución demasiado largos, con costos elevados y que con el tiempo se pueden convertir en una competencia Industrial al usar una Tecnología más Avanzada.

Al operar procesos se tiene una demanda del manejo versátil de diferentes equipos existentes en el campo laboral, es por eso que a través del desarrollo de una red ModBus el personal de mantenimiento tendrá el control en lazo cerrado, supervisión, visualización y monitoreo de las electroválvulas RotorK que realizan la función de succión y descarga del grupo principal de bombeo de hidrocarburos de la estación

OSAYACU, por medio de una comunicación maestro/esclavo utilizando bloques de funciones para el envío y recepción de datos.

Este proceso es importante para la empresa ya que reduce la mano de obra y simplifica el trabajo, haciendo que los procesos no produzcan tiempos muertos. Si los beneficios económicos y de producción con el control del sistema son mayores a los costes de operación y mantenimiento, significa que proceso de monitoreo es viable.

Una de las principales ventajas del control de estos sistemas es que permite al operador monitorizar y supervisar los procesos de producción a partir de una cierta distancia. También es posible establecer una conexión a través del internet para comunicar desde una distancia mucho mayor. Este es uno de los mayores beneficios de la automatización industrial. (Robbins, 2019)

Gracias a la introducción de software y tecnologías que permiten la autonomía de procesos industriales, la producción no genera errores de ningún tipo y no se detiene en ningún momento. Este tipo de sistemas de control están destinadas para aquellas empresas con producción estacional en las que haya picos de producción continua.

1.3. TEMA DEL PROYECTO

Control en lazo cerrado de las electroválvulas RotorK para la succión y descargue de bombeo en la estación poliducto OSAYACU

1.4. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema de control en lazo cerrado empleando el protocolo ModBus para la variación de la presión interna de las electroválvulas de bombeo de la estación OSAYACU.

1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el proceso para la determinación de las variables de entrada y salida del sistema.
- Desarrollar el sistema de supervisión y control de las electroválvulas para la variación de la presión.

- Implementar la comunicación en red para la verificación del control de succión y descarga de las electroválvulas.
- Realizar las pruebas de operación para la validación del sistema de control y comunicación.

1.6. METODOLOGÍA

- Caracterizar el proceso obteniendo el datasheet de actuadores y controladores que se emplearán en el sistema con el método investigativo.
- Diseño del sistema a implementar utilizando el método deductivo.
- Para realizar las conexiones de ejecución del proceso se utiliza el método práctico.
- Establecer la comunicación maestra/esclavo para control y visualización del sistema de supervisión mediante el método analítico.
- Realizar pruebas para comprobar y comparar los datos sobre el funcionamiento del sistema a través del método experimental.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

Capitulo dos, se presenta el Marco teórico donde se explica y detalla cada uno de los componentes que conformar el proyecto presentado, tanto el hardware como en software.

2.1. CARACTERIZAR UN PROCESO INDUSTRIAL

Caracterizar un proyecto significa poner por escrito todos los pasos que se seguirán para una solución informática efectiva, con determinación de necesidades, planeación, diseño del sistema o programa, programación, pruebas, implementación y mantenimiento. (Wordpress, 2016)

2.2. QUE ES UNA RED INFORMÁTICA

Es un conjunto de dispositivos interconectados entre sí a través de un medio para el intercambio de datos y compartir recursos. En conclusión, una comunicación de red informática, es aquella que cuenta con dos procesos establecidos cuando existen dispositivos conectados entre sí, que realizan la función de emisor y receptor, que se van alternando dependiendo del caso en instantes de tiempo diferentes. Al realizar el proceso mencionado con anterioridad existen mensajes que describen el proceso que los roles intercambian. La forma de funcionamiento de las redes informáticas vigentes se define por varios estándares, siendo el modelo OSI el más empleado del modelo TCP/IP. (RedUSERS, 2019)

Figura 2.1. Capas del Modelo OSI

Núm. de Capa	Capas del Modelo OSI
7	Capa de Aplicación
6	Capa de Presentación
5	Capa de Sesión
4	Capa de Transporte
3	Capa de Red
2	Capa de Enlace de Datos
1	Capa Física

Modelo OSI. Elaborado Por: Santiago Monta

OSI es un Modelo de interconexión de sistemas abiertos, propuesto por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) que estandariza la interconexión entre sistemas abiertos. (RedUSERS, 2019)

Desde el punto 2.2.1 al 2.2.4 se identifica los actores principales que actúan en una red informática. (RedUSERS, 2019)

2.2.1. Dispositivos

Son aquellos que se encuentran conectados dentro de una red informática y se pueden clasificar de dos formas: los que realizan la gestión de acceso con la comunicación dentro de una red como un Switch, módem, bridge, router, Gateway, etc. Y los que se conectan empenado dispositivos que tienen un usuario final como: computadora, celular, notebook, televisor inteligente, tablet, consola para videojuegos, teléfonos celular, etc. (RedUSERS, 2019)

Los que emplean una sola red son aquellos que cumplen con dos aspectos:

- **Servidor**, cuando un dispositivo propone un servicio y puede ser consumido por cualquier otro dispositivo.
- **Cliente**, cuando un dispositivo puede consumir uno o distintos servicios de varios servidores.

Esta estructura puede ser denominada cliente/ servidor. Por consiguiente, cuando en una red todos los dispositivos se establecen como clientes o servidores al mismo tiempo y es imposible identificar sus roles, se consideran como una arquitectura peer to peer. punto a punto. (RedUSERS, 2019)

2.2.2. El medio

Es la conexión entre sí de dispositivos donde los medios de comunicación se clasifican, a través de tipos de conexión dependiendo el caso estos pueden ser guiados o dirigidos, como, por ejemplo: el cable de par trenzado (UTP/STP), el cable coaxial y la fibra óptica; y los no guiados son: las microondas, las infrarrojas y las ondas de radio (Bluetooth o Wi-Fi). Donde un medio guiado es a través de cables, mientras que un medio no guiados es inalámbricamente. (RedUSERS, 2019)

2.2.3. Información

Es todo lo que se intercambia entre dispositivos, tanto como para una gestión de comunicación como para un usuario final como puede ser un texto, código, hipertexto, etc. (RedUSERS, 2019)

2.2.4. Recursos

Es todo lo solicitado por parte de un dispositivo a una red, esto debe ser directamente determinado o identificado por el usuario. También puede ser un documento enviado a varias computadoras en una misma red, datos, información, espacio disponible en un disco duro, tiempo que se produce en un procesamiento, un servicio que puede ser consumido etc. (RedUSERS, 2019)

2.3. DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN

El diseño de un sistema de información consiste en investigar necesidades actuales de una empresa para proponer sistemas de que mejorarían su funcionamiento actual. Por brevedad se lo denomina análisis de sistemas. (Cáceres, 2016)

Es un sistema que procesa la obtención de datos, donde estos pueden ser las entradas y salidas de un flujo de información. También se los puede usar como manuales al no existir una de una computadora. (Cáceres, 2016)

2.3.1. Análisis

Es recolectar hechos de un sistema funcional actual que permitan determinar: Lo que sobra y lo que falta, lo que está bien, lo que está mal, (Cáceres, 2016)

2.3.2. Diseño

Es planear, analizar y ejecutar un proyecto para la solución de un problema detectado dentro de un sistema que se encuentra funcionando y donde el nuevo sistema pueda reemplazar al sistema actual y considerarse como un cambio de dimensiones proporcionales. (Cáceres, 2016)

2.3.3. Investigación

Proceso que hace uso de la ciencia y la tecnología para conseguir conocimientos, aprobarlas o rechazarlas, formular hipótesis, también es considerado como un proceso ya que consta de varias etapas donde existen tres formas de investigación descritos desde el punto 2.3.3.1 al punto 2.3.3.3. (Cáceres, 2016)

2.3.3.1. Investigación preliminar

Conocida también como investigación exploratoria, es una forma para descubrir un problema; en algunos momentos pueden generar una hipótesis sobre el mismo, carece de una estructura ya que al no conocer el problema no se lo puede estudiar.

Pero tiene como propósito aclarar el problema a investigar, mediante el uso de otro tipo de formas. (Cáceres, 2016)

2.3.3.2. Investigación Descriptiva

Mediante un análisis de estudio de los componentes del problema se procede a la recolección de hechos para descubrirlo con precisión. Este tipo de investigación es estructurada ya que emplea herramientas para la recolección de hechos. (Cáceres, 2016)

2.3.3.3. Investigación Causal

Con el estudio causa-efecto del problema presentado se procede a la comprobación de la hipótesis donde es considerado como experimentos poco aplicables para el análisis del sistema. (Cáceres, 2016)

2.4. COMUNICACIONES INDUSTRIALES

A la comunicación Industrial se la considera como una Área tecnológica que estudia los datos que son transmitidos dentro de un sistema electrónico que es utilizado para la ejecución de un proceso de control, supervisión y gestiona el ciclo de vida de los productos industriales empleados dentro del sistema. (Electricidad-CIP.ETI, 2016)

2.4.1. Redes de célula

Para su estudio se conoce que las redes de célula no son diseñadas para satisfacer los requisitos que son propios de un ambiente industrial, como son:

- Funcionamiento de un proceso en ambientes hostiles (perturbaciones FEM, altas temperaturas, polvos y suciedades).
- Gran seguridad el realizar el intercambio de información en tiempos reales y determinados.

Dentro de las redes Industrial Ethernet, la capa de enlace emplea la técnica Ethernet y los protocolos para el proceso de comunicación se fundamentan en TCP/IP. (Electricidad-CIP.ETI, 2016)

2.4.2. Redes de control

Conocidas como buses de campo (Fieldbuses). Estas redes de control están encargadas de resolver problemas de comunicación en los niveles inferiores de la pirámide CIM. Son usados tanto para la comunicación entre ellos como para sistemas de control industrial o con dispositivos de campo. Estas redes de control se describen a continuación en los siguientes puntos 2.4.2.1 al 2.4.2.3. (Electricidad-CIP.ETI, 2016)

2.4.2.1. Redes de Controladores

Son diseñadas para la comunicación entre sí de varios sistemas electrónicos de control. Por lo general las de redes control son de tipo maestro-esclavo, conformado por varios nodos de conexión principales (Multimaster Networks). Los servicios de comunicación no solo permiten el intercambio de datos sino también evaluar algunas tareas de programación, descarga, diagnóstico, carga, ejecución y depuración de programas. (Electricidad-CIP.ETI, 2016)

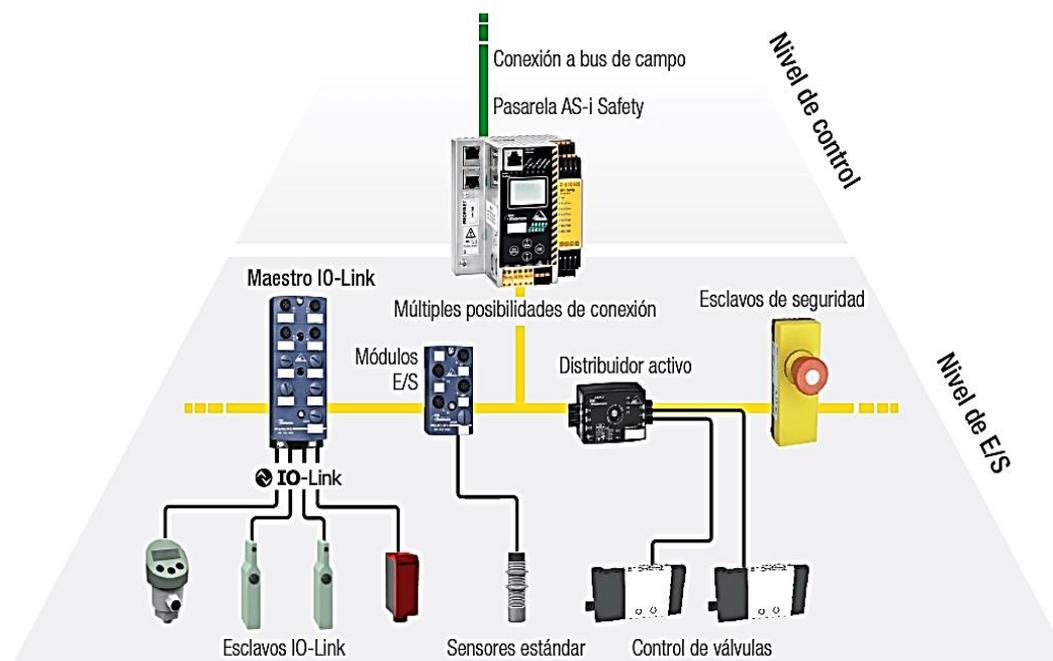
2.4.2.2. Redes entre sensores y actuadores

Son redes de campo diseñadas para la comunicación dentro de un proceso electrónico de control empleando dispositivos que se encuentran conectados al proceso. Donde su finalidad es emplear aplicaciones en tiempos reales ubicados dentro de una zona de la planta (específicamente una máquina o célula). Son consideradas como redes de periferia distribuida (distributed periphery). (Electricidad-CIP.ETI, 2016)

2.4.2.3. Redes de sensores-actuadores de elevada capacidad:

Este tipo de redes cuentan con una capa de enlace que es adecuada para el envío eficaz de bloques de información de tamaños mayores al caso anterior. Es posible la configuración y calibración de dispositivos de campo (Field Devices) más “inteligentes” que los todo o nada como son los: sensores de temperatura, codificadores absolutos, sensores de presión o caudal, variadores de velocidad, electroválvulas, etc.). (Electricidad-CIP.ETI, 2016)

Figura 2.2. Esquema de una red de sensores y actuadores actuando como E/S bajo un nivel de control



Esquema de una red de sensores y actuadores actuando como E/S bajo un nivel de control Fuente: (Wiedemann, 2019)

2.5. SISTEMAS SCADA

SCADA (Control de supervisión y adquisición de datos). En conclusión, es una aplicación que me permite obtener datos operativos de un “sistema o proceso” que tiene como objetivo controlar, supervisar, monitorear y optimizar el mismo. (Wonderware, 2019)

Una aplicación SCADA que se basa en si en el control, supervisión y monitoreo para diferentes procesos como es el caso de un proceso de control en lazo cerrado para el

transporte de hidrocarburos, un compresor de gasoducto o cualquier otro proceso de control. (Wonderware, 2019)

El control con SCADA se considera como un medio para llegar al control de un sistema o proceso. (Wonderware, 2019)

En la actualidad todo negocio tiene la necesidad de maximizar el rendimiento de un proceso de activos mejorando el manejo operativo en tiempos reales. Para una organización industrial, lo primordial es ser competitivos lo que significa estar constantemente en busca de caminos para que una planta, proceso o sistema funcione de forma eficiente en menores tiempos. Donde siempre va a existir la presión para que una empresa aumente su productividad, calidad, rentabilidad y eficiencia siempre tratando que los costos no sean exorbitantes. (Wonderware, 2019)

2.5.1. Ventajas de SISTEMAS SCADA

La infraestructura de una aplicación SCADA bien ejecutada permite que un negocio responda de mejor forma a cuestiones de operación formulando las siguientes incógnitas. (Wonderware, 2019)

- ¿Cómo puedo hacer más y de mejor manera a un menor costo?
- ¿Aumentar la disponibilidad de los activos? ¿Y el ciclo de vida?
- ¿Tener una mejor prestación de los equipos?
- ¿Fabricar productos de mayor calidad en menor tiempo?
- ¿Reducir los costes de mantenimiento?

2.5.2. Ampliación de productos SCADA

Un producto SCADA es añadir nuevas aplicaciones a un sistema ya en funcionamiento de procesos manejables. El esfuerzo de la ingeniería representa que una gran parte de las inversiones de una compañía, industria o empresa sea para el empleo de un software industrial. (Wonderware, 2019)

Figura 2.3 Funciones de un paquete SCADA



Funciones de paquetes SCADA para realizar la supervisión de un determinado proceso. Fuente: (Uniovi, 2019)

2.6. HMI

Es una Interfaz Humano-Máquina de un proceso controlado por operarios de una Empresa, línea de producción, Planta o cualquier sistema de control. En sí, un HMI es un panel computacional de instrumentos donde un operador de forma virtual manipula un sistema para el control un proceso. (Autycom, 2018)

También se puede decir que es la principal herramienta que utiliza el personal a cargo o personal de mantenimiento para supervisar, monitorear y controlar procesos industriales. En sí, un HMI traduce datos de un proceso complejo en información útil, procesable y controlable. (Autycom, 2018)

2.7. WONDERWARE -INTOUCH

Es un software empleado para la creación de HMI's que permiten mejorar la productividad de operación de empresas produciendo un ahorro de costos de inversión para la producción. También permite que los operadores puedan optimizar recursos y las interacciones humanas rutinarias con los sistemas de automatización industrial. El resultado puede ser el incremento neto cuantificable del trabajo del operador. Nuestras exclusivas bibliotecas de conciencia situacional colaboran a los operadores la información fundamental que necesitan para poder controlar una situación emergente más rápido, antes de que se produzca algún inconveniente en el proceso de producción. (Padron, 2018)

Es un software que es usado en más de un tercio de todas las instalaciones industriales a nivel mundial prácticamente en todos los países e industrias, InTouch HMI brinda un valor comercial en simplicidad de ingeniería, agilidad operativa y dominio del rendimiento en tiempos de producción real. (Padron, 2018)

Intouch colabora al operador dentro del tiempo de reacción al minimizar el uso de colores y usando gráficos fáciles de leer, donde el usuario puede mejorar significativamente el tiempo de reacción a cualquier incidente ya que en la pantalla se obtiene la información del proceso. (Padron, 2018)

2.8. TAGNAME

Un paso necesario para la creación de una aplicación en Intouch es crear en orden una rutina de datos, donde Intouch requiere de información de todas las entradas/Tags posibles que son creadas y asignarlas un Tagname que es el nombre simbólico asignado a una variable que permite configurar valores mínimos, máximos, torques, corrientes, alarmas, etc. (Perez, 2018)

También se la puede definir como una variable de tipo específico como es el caso de un Tag DDE que es considerado como un servidor I/O. (Perez, 2018)

El diccionario Tagname es el mecanismo que se usa usado para ingresar la información sobre la variable o entrada de una base de datos. (Perez, 2018)

Existen tres métodos diferentes que se emplean para crear una base de datos que son:

- Creación de un manual donde se acceda el Tagname de direccionamiento y se defina cada Tag individualmente hasta completar la base de datos.
- El método automático donde el programador diseña un objeto gráfico en el sistema y les agrega vínculos de animación.
- El tercer método es externo donde un usuario utiliza el utilitario de Wonderware DB de basurero y el mismo DB lo carga para que exista transferencia de la base de datos desde una aplicación existente en Intouch hacia otra. (Perez, 2018)

Figura 2.4 Cuadro de asignación Tagname



Dictionary-Tagname es usado para el ingreso de información con respecto a un Tagname.

Fuente: (Perez, 2018)

Los Tagname que el software Intouch proporciona para la creación de aplicaciones se visualizan en la tabla 2

Tabla 2.1. Tipos de variables del software Intouch

TIPO	DESCRIPCIÓN
MEMORY	Son los Tags registros internos del software Intouch
I/O	Es el Registro de enlace con otro software
INDIRECT	Son Tags indirectos
GROUP VAR	Son Tags referente a activación de alarmas
HISTTREND	Tags asociados a gráficos históricos
TagID	Información de Tags que se visualizan en una gráfica histórica.

Elaborado por: Santiago Monta

De la tabla 2, para los tipos memory, I/O, Indirect, se les debe asignar un valor tipo discreto, Integer, real, message como se muestra en la tabla 3.

Tabla 2.2. Asignación de un valor a una variable de Intouch

TIPO	DESCRIPCIÓN
Discreto	Puede ser 1 o 0
Integer	Es un Tagname de 32 bits con signo y su valor varía desde 2.214.483.648 a 2.214.483.648
Real	Tagname en coma flotante y su valor aproximado varía entre $\pm 3,4e^{38}$, donde los cálculos se realizan en 64bits de resolución, donde para la parte del resultados solo se almacena en 32 bits
Message	Es un Tagname alfanumérico que cuenta con hasta 131 caracteres de longitud

Elaborado por: Santiago Monta

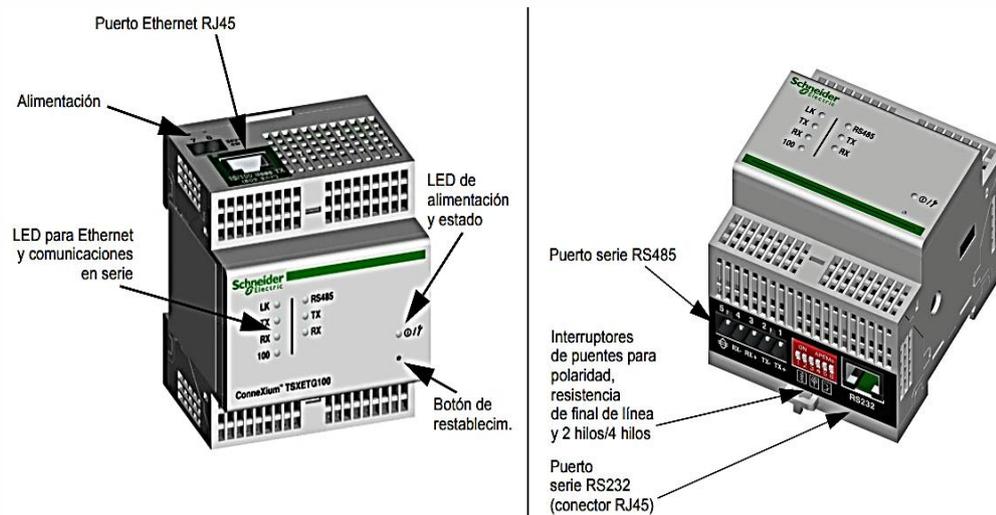
2.9. SMC- ARCHESTRA SYSTEM MANAGEMENT CONSOLE

System Management Console es un complemento fundamental de Wonderware-Intouch, el cual se instala simultáneamente con el software Intouch, y a través de este podemos realizar la configuración, diagnóstico, activación o desactivación de un DAServer local o un DAServer remoto. También por medio de este software se puede realizar la comunicación para la transferencia o transporte de datos ya sea de forma serial, por medio de un Gateway, un PLC o TCP. En el SMC permite configurar los parámetros dependiendo para que uso se realiza la aplicación en el software Intouch. (Electric, 2017)

2.10. GATEWAY CONNEXIUM TSXETG100

TSXETG100, es un dispositivo que permite la comunicación entre dispositivos, ofreciendo la conectividad Ethernet (ModBus TCP/IP de dispositivos conectados en línea, que ofrece que clientes ModBus TCP/IP puedan obtener datos desde dispositivos esclavos conectados en serie. También facilita que todos los dispositivos maestros que encuentran conectados entre sí (serie) puedan obtener información desde dispositivos esclavos que se encuentran dentro de una red Ethernet. (Electric S. , 2015)

Figura 2.5. Gateway Schneider



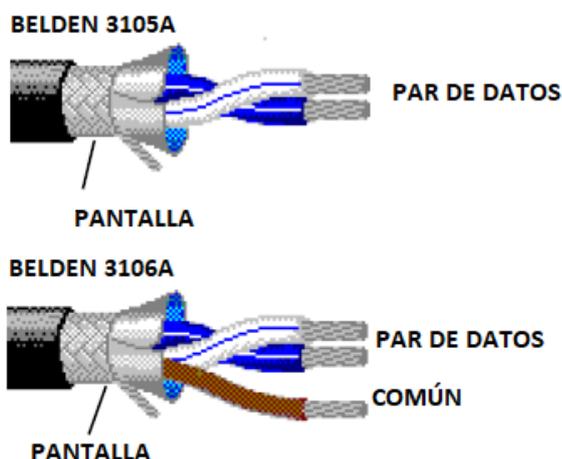
Equipo físico del Gateway Schneider. Fuente: (Electric S. , 2015)

2.11. CABLES DE COMUNICACIÓN

A nivel industrial para la automatización de procesos es importante la comunicación entre sensores, actuadores y controladores. Para ello hay fabricantes que invierten una

gran parte de su capital en el desarrollo de nuevas tecnologías, con ello se busca que un proceso o sistema tenga una menor capacitancia en el cable y mayor protección electromagnética producto cualquier tipo de perturbaciones externas. Actualmente la estación OSAYACU para este tipo de comunicación cuenta con cable BELDEN-N 9402 CMG 2PR20 SHIELDED, este tipo de cable soporta temperaturas de hasta 80°C, aunque en la actualidad existen cables que soportan temperaturas más altas, dependiendo el ambiente industrial al que está destinados; también se incluyen características como la no propagación de la llama basada en normas UNE-EN60332-1. Este cable es empleado para audio, control y también como cable de instrumentación, de 20 AWG trenzados (7x28) conductores de cobre estañado, aislamiento de PVC semirrígido, pares trenzados, blindados individualmente con Beldfoil® (100% de cobertura), cable de drenaje de cobre estañado trenzado 22 AWG, cubierta de PVC en general. (BELDEN, 2019)

Figura 2.6. Cable típico RS-485



En el caso de los terminales a los que se conectan los cables dependiendo del actuador son diferentes, para lo cual se debe consultar el diagrama de cableado del actuador previo a realizar cualquier conexión. Fuente: (ModBus, 2019).

Tabla 2.3. Tabla de especificaciones de los dos modelos de cables Belden Industrial

Belden Parte No.	Número total de conductores	AWG (varado) día. Pulgadas	Nom. DCR	Material de aislamiento	Nominal O.D	Nombre Impedancia (ohmios)	Capacidad Nominal
3105A Emparejado - EIA Industrial RS-485 PLTC / CM	2	22 AWG (7X30)	48,2 ohm/ km	Chaqueta de PVC general Par trenzado con aislamiento Datalene	7,26 mm	120	11,0 pf/ft
3106A Compuesto - EIA Industrial RS-485 PLTC / CM	3	22 AWG (7X30)	48,2 ohm/ km	Chaqueta de PVC general Par trenzado con aislamiento Datalene	7,67 mm	120	11,0 pf/ft

Especificaciones de los 2 modelos de cable Belden. Autor: (ModBus, 2019)

Belden, es el portador de cable de 2 núcleos 3105A con camisa PVC, que cumple con todos los requisitos de uso establecidos. Belden 3106A tiene un núcleo adicional con suficientes conductores para incluir un cable común cumpliendo con las recomendaciones de RotorK. (ModBus, 2019)

2.12. TUBERÍAS PORTA CABLES

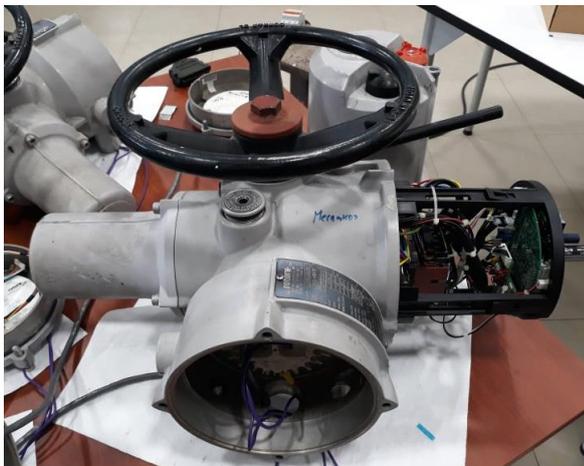
Es un sistema de tuberías plásticas, metálicas que en conjunto forman una estructura enterrada por donde se transporta la alimentación y comunicación de cada uno de los sensores, actuadores y controladores que actualmente están en funcionamiento. Es un área por donde se va a realizar la instalación de un ducto que permita la implementar el sistema de control en lazo cerrado planteado como Tesis, previo el análisis por parte del personal de mantenimiento para su realización. (Santiago Monta, 2019)

2.13. ACTUADOR ROTORK SERIE IQ

Un actuador de la serie IQ marca RotorK debe ser adecuado para su uso con una fuente de alimentación nominal en voltios, ase, Hz y también tiene incorporado un motor, instalaciones de control local, arrancador de inversión integral, terminales para control remoto y conexiones de indicación que tienen alojadas dentro de una caja sellada.

Como punto mínimo, estos actuadores deben cumplir ciertos requisitos establecidos en EN15714-2 e ISA SP96.02. (RotorK, 2018)

Figura 2.7. Actuador RotorK



Actuador RotorK, serie IQ, modelo:300-400-07. Elaborado por: Monta Santiago, 2019

Para mantener la integridad, los límites de posición, el ajuste de los niveles de par y la configuración de los contactos de un actuador se debe realizar sin la eliminación de las cubiertas de los actuadores y sin alimentación de red por medio de una interfaz inalámbrica de infrarrojos o Bluetooth. (RotorK, 2018)

El actuador debe tener un dispositivo que asegure que el motor funcione con la rotación correcta para la dirección requerida del recorrido de la válvula, que debe ser independiente de la secuencia de conexión de la fuente de alimentación.

La operación mediante un sistema de control distribuido debe ser posible utilizando uno o más de los siguientes sistemas de red: Profibus, ModBus, Fundación FieldBus, DeviceNet, Pakscan, HART. (RotorK, 2018)

2.13.1. Medio ambiental de uso para funcionamiento del Actuador

Un actuador debe adecuarse dependiendo de medio en el que se encuentre ya sea este para uso en interiores y exteriores con una categoría de corrosividad estándar, con una durabilidad media C4 según ISO 12944. El actuador debe tener la capacidad de funcionar a una temperatura ambiente que oscile entre $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-22\text{ }^{\circ}\text{F}$) y $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($+158\text{ }^{\circ}\text{F}$), hasta 100% de humedad relativa. Este tipo de actuador para aplicaciones en

áreas peligrosas debe cumplir con los requisitos de clasificación de área, grupo de gas y temperatura de la superficie especificada en su datasheet. (RotorK, 2018)

2.13.2. Motor integrado

El actuador RotorK de la serie IQ tiene un motor integrado que es una parte fundamental del mismo, diseñado específicamente para aplicaciones de actuadores de válvulas. Este tipo de motor debe ser de baja inercia, alto diseño de torsión y clase F aislado. (RotorK, 2018)

Donde al ponerlo en marcha da como resultado un aumento de temperatura de la clase B con una clasificación de tiempo de 15 minutos a 40 ° C (104 ° F) a una carga promedio de al menos el 33% del par máximo de la válvula. La temperatura debe estar limitada por un dispositivo de termostato integrado en los devanados de los extremos del motor e integrado en el control del actuador. La desconexión eléctrica y mecánica del motor se debe realizar sin drenar el lubricante de la caja de engranajes del actuador. El actuador debe incluir un dispositivo que asegure que el motor funcione con la rotación y dirección correcta que es requerida para el movimiento de la válvula, siendo un procedimiento independiente a la secuencia de conexión que tiene la fuente de alimentación. (RotorK, 2018)

2.13.3. Protección del motor

La protección del motor debe ser de la siguiente manera:

- Bloqueo: El motor del actuador debe desactivarse en 8 segundos en caso de que se produzca un bloqueo al intentar extraer una válvula atascada.
- Sobre temperatura: El termostato al existir un sobre temperatura realiza un disparo del motor. Auto-reset en refrigeración
- Fase única: Protección de fase perdida.
- Dirección: Corrección de rotación de fase. (RotorK, 2018)

2.13.4. Torque y Límites

Las limitaciones del torque y giro se pueden ajustar de la siguiente manera:

- Rango de ajuste de posición: multivuelatas: de 2,5 a 8,000 vueltas, con resolución de hasta 7,5 ° de la salida del actuador.

- Rango de ajuste de posición: Actuadores de giro de parte de accionamiento directo: $90^\circ \pm 10^\circ$, con resolución de $0,1^\circ$ de salida del actuador.
- Ajuste de torque: 40% a 100% de torque nominal. (RotorK, 2018)

2.13.5. Operaciones del actuador

Una vez alimentado el actuador previo a su puesta en marcha es necesario la verificación que la tensión sea la indicada para cada actuador, para el caso de los actuadores que se emplearon en la implementación del proyecto de titulación la tensión es de 480 volts. (RotorK, 2018)

Como se indica en la siguiente figura presentada a continuación el selector o perilla de color rojo permite poder manipular el actuador en dos modos ya sea para optar por el control local o remoto donde la capacidad de detención es disponible, cuando el selector se lo coloca en stop el actuador se bloquea evitando una operación local o remota. (RotorK, 2018)

Figura 2.8. Control local, remoto, Stop del Actuador RotorK de la serie IQ



Actuador RotorK serie IQ. Elaborado por: Monta Santiago, 2019

En la parte inferior del actuador se pueden visualizar dos perillas una negra y otra roja, la perilla negra cuando el actuador se encuentra en control local permite la apertura y cierre del actuador, mientras que la perilla roja permite colocar al actuador en 3 modos que se describen desde el punto 2.13.5.1 al 2.13.5.3. Monta Santiago, 2019

2.13.5.1. *Control local*

Cuando el selector rojo se encuentra en la posición de control local (sentido anti horario), el selector adyacente puede girarse para seleccionar la apertura y cierre del actuador. (RotorK, 2018)

2.13.5.2. *Control remoto*

Al colocar el actuador en la posición remota (sentido horario), el actuador pasa a modo operable mediante señales de control remoto. (RotorK, 2018)

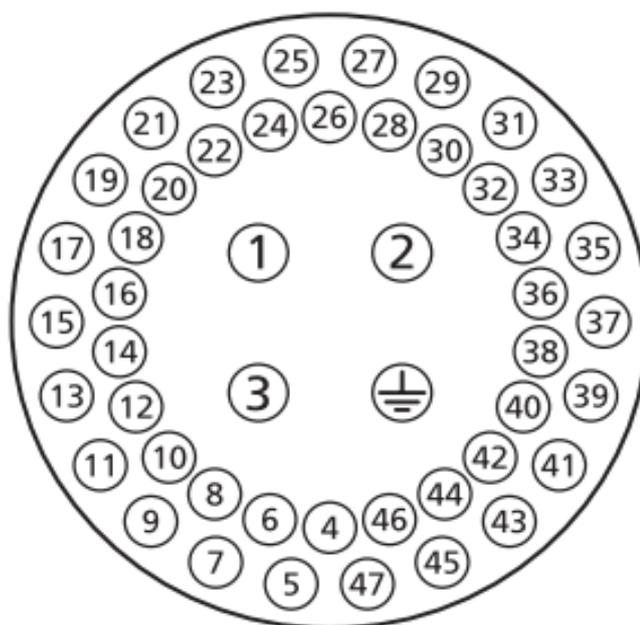
2.13.5.3. *STOP general*

Permite parar el funcionamiento del actuador de forma general ya sea que este en control local o remoto. (RotorK, 2018)

2.13.6. Alimentación del actuador

El actuador rotor K de la serie IQ consta de una caja de conexión incorporada donde con ayuda del manual se logró reconocer los pines 1,2 y 3 de conexión para su alimentación que es trifásico por medio de faces con corriente alterna como se visualiza en el siguiente gráfico. (Electric R. , 2016)

Figura 2.9. Esquema de los pines de conexión del Actuador



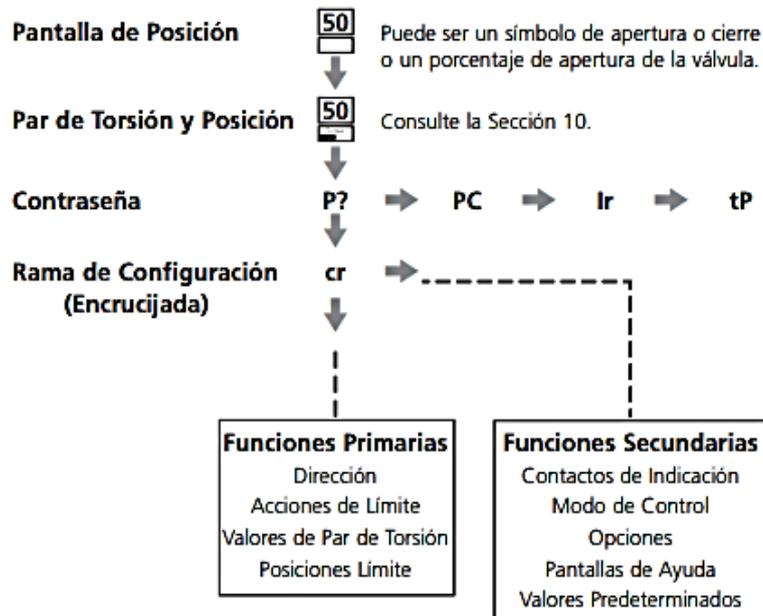
Pines de conexión del actuador. Fuente: (Electric R. , 2016)

Los pines 1, 2 y 3 son los asignados para realizar la alimentación en conjunto suman una tensión de 480 Voltios trifásico con corriente alterna con los cuales funcionan los actuadores. (Electric R. , 2016)

2.14. PROCEDIMIENTO DE CONFIGURACIÓN

Un RotorK de la serie IQ puede estar en funcionamiento sin retirar las cubiertas. Donde la configuración de límites, de un par de torsión y demás configuraciones que se utilizan para el funcionamiento del actuador se consiguen por medio de una Configuración vía Infrarrojo empleando el control remoto que proporciona RotorK para los usuarios. La Herramienta de Configuración se certifica como ‘Intrínsecamente Segura’ ya que permite poner en funcionamiento el actuador en localidades peligrosas. Todas las funciones del actuador se almacenan en una memoria no volátil ubicada al interior del mismo. La Herramienta Configuración le permite a un usuario visualizar todas las funciones a través del display que posee el actuador. Al visualizar las funciones, se puede demostrar los ajustes y de ser necesario cambiarlos dependiendo del caso que se presente. (Electric R. , 2016)

Figura 2.10. Diagrama de las funciones internas del actuador



Funciones primarias y secundarias de configuración del actuador. Fuente: (Electric R. , 2016).

2.15. PROTOCOLO MODBUS RTU

ModBus es un protocolo de comunicación que se encuentra en el nivel siete del modelo OSI, que se refiere a una comunicación entre maestro/esclavo, elaborado por Modicom para su ejecución en los diferentes tipos de controladores lógicos programables (PLCs). Este tipo de protocolo de comunicación es el que tiene mayor disponibilidad en el aspecto de conexión entre dispositivos electrónicos industriales, en el mercado ModBus es superior a otros protocolos de comunicación debido a que es un protocolo público, su implementación requiere de poco desarrollo y por ende maneja bloques de datos sin necesidad de suponer restricciones. (ModBus, 2019)

Para el caso del tema a implementarse se realiza la comunicación de un sistema para la adquisición de datos (SCADA), conexión que se realiza entre dispositivos para poder realizar la supervisión, control y monitoreo de varios actuadores de forma remota (RTU), donde la comunicación ModBus se la puede realizar a través del puerto serie o Ethernet (ModBus /TCP) dependiendo el caso. (ModBus, 2019)

Para la versión ModBus /TCP que se parece al formato RTU, pero que establece una transmisión a través de paquetes TPC/IP (puerto 502, con identificador asappl-PROTO) La comunicación dentro de una red ModBus es de tipo Maestro/esclavo, donde el maestro ModBus es un panel de operaciones o una Pc central, mientras que el esclavo es un autómatas programable. (ModBus, 2019)

Dentro del nivel Físico para el caso de esta Implementación de control en lazo cerrado se empleó la interface RS485, que es un tipo de cableado multipunto empleando el estándar TIA/EIA-485-E, permitiendo obtener mayores distancias de comunicación con el puerto RS232 y con varios participantes simultáneos, con direcciones validas desde 0 a 247. (ModBus, 2019)

Para que ModBus pueda acceder al medio se emplea el modelo M/E, donde existe el nodo principal que es el maestro que realiza peticiones exactas a cada esclavo existente y procesa las respuestas que estos proporcionan. Estos esclavos no transmiten nunca datos si no existe una previa comunicación con su maestro, el formato del dato que se transmite por la red puede ser de 2 tipos RTU (Remote Terminal Unit), que tiene un formato de transmisión a través de binarios que va de 8 bits de datos para cada byte que

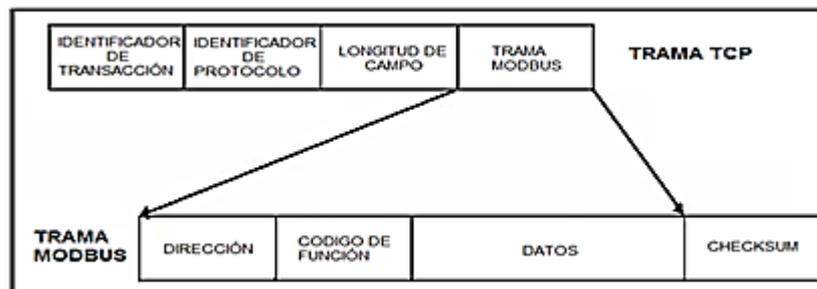
es transmitido, donde este formato es el habitual entre diferentes equipos. (ModBus, 2019)

ACCI se basa en caracteres ASCII donde para cada grupo de 4 bits con el formato RTU se codifica a través de un carácter ASCII que en si es un carácter hexadecimal. (ModBus, 2019)

2.15.1. Arquitectura de una red ModBus/TCP

El protocolo ModBus/TCP de comunicaciones está diseñado para permitir que equipos de la gama industrial como PLCs, PCs, drivers de motores, entre otros dispositivos físicos que tengan E/S para establecer una comunicación sobre una red. Introducida al mercado por Schneider Automation como familia del protocolo MODBUS dentro de lo que es el entorno en internet y la intranet con el uso de protocolos TCP/IP. La arquitectura de la red se realiza de manera fácil donde ModBus/TCP es la encargada de encapsular la trama ModBus dentro de otra trama tipo TCP de una forma simple y confiable como se visualiza en la figura 2.11. (ModBus, 2019)

Figura 2.11. Encapsulamiento de la trama ModBus en TCP



Encapsulamiento de la trama ModBus dentro de una trama TPC. Fuente: (RUIZ, 2016).

2.15.2. Tarjeta de control ModBus

La tarjeta ModBus opcional con la que cuentan los actuadores de la marca RotorK (MFU) emplean RS-485 a dos hilos (semidúplex) conjuntamente con el protocolo ModBus RTU que permiten que estos actuadores puedan realizar el intercambio de información y el control a través de la autopista de datos, que se realiza entre un sistema host con capacidad ModBus y un actuador. (ModBus, 2019)

La tarjeta ModBus viene integrada en el actuador desde su ensamblaje, instalada dentro de la carcasa eléctrica principal. (ModBus, 2019)

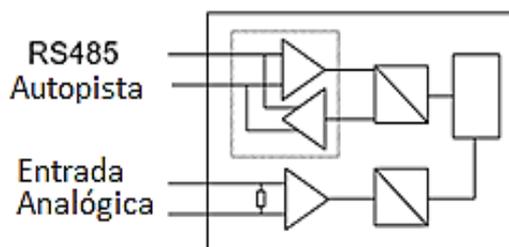
Todos los ajustes que se realizan a la configuración de estos actuadores se los puede realizar desde la autopista de datos ModBus por medio de una herramienta maestra ModBus o por medio de un control remoto vía infrarrojo. (ModBus, 2019)

Todos los circuitos que se encuentran incorporados en el módulo ModBus no afectan la parte electrónica de control del actuador ya que este permanece completamente auto protegido. El módulo ModBus debe realizar 3 tareas para su proceso que son recopilación de datos del actuador, recopilación de interfaz de red y la emisión de comandos del actuador RotorK. (ModBus, 2019)

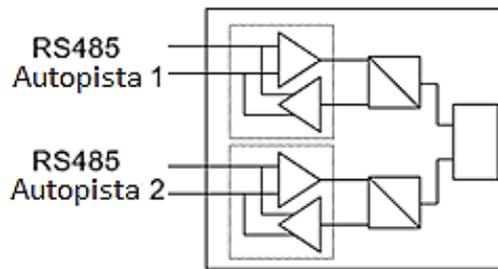
A través del protocolo ModBus se puede ordenar al actuador que realice varias operaciones como por ejemplo que la válvula abra, pare, cierre o envíe una lectura de datos para supervisar, monitorear y controlar su proceso de funcionamiento. Este tipo de comunicación para el caso de la implementación que se va a realizar es de tipo RS 485 autopista de dos hilos (simple o doble), semiduplex de un protocolo ModBus RTU maestro/esclavo. (ModBus, 2019)

Existen tres tipos de tarjetas ModBus que utilizan la autopista RS-485 descritos a continuación. (ModBus, 2019)

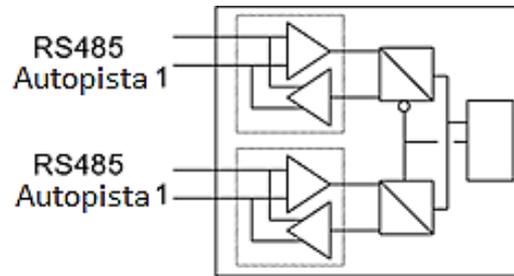
Figura 2.12. Tipos de autopista de comunicación RS-485



Autopista RS-485 más un canal de entrada analógica. Fuente: (ModBus, 2019)



Autopistas RS-485 aisladas independientes dobles. Fuente: (ModBus, 2019)



Autopista RS-485 única con repetidor de aislamiento incorporado. Fuente: (ModBus, 2019)

Los 3 tipos de tarjetas descritos gráficamente son opcionales para el módulo ModBus Mk2 dependiendo del tipo de comunicación que se establezca. (ModBus, 2019)

2.15.3. Propiedades de la tarjeta opcional ModBus

Las propiedades de la tarjeta ModBus son descritas en los puntos 2.15.3.1 al 2.15.3.5 y describen algunos aspectos importantes de la tarjeta. (ModBus, 2019)

2.15.3.1. *Propiedades mecánicas*

El módulo físico de ModBus es una tarjeta de interfaz de red, que es ajustable a la placa del circuito con la que viene el actuador principal (ROMpak) o también se puede ajustar a la tarjeta de interfaz; donde el conjunto de dos placas se instala dentro de la carcasa eléctrica del actuador (IQ Pro, IQT Pro, SI Pro, EH Pro y Q). (ModBus, 2019)

2.15.3.2. *Tarjeta de interfaz (IQ, IQT, IQ PRO, IQT PRO)*

Este tipo de tarjeta contiene un ROMpack que no requiere de una tarjeta de interfaz adicional. La tarjeta de interfaz esta perfilada y ensamblada específicamente para adaptarse al actuador, dentro del mismo lleva un procesador para recopilar los datos de la placa principal del actuador y los pasa a la tarjeta de interfaz de red. (ModBus, 2019)

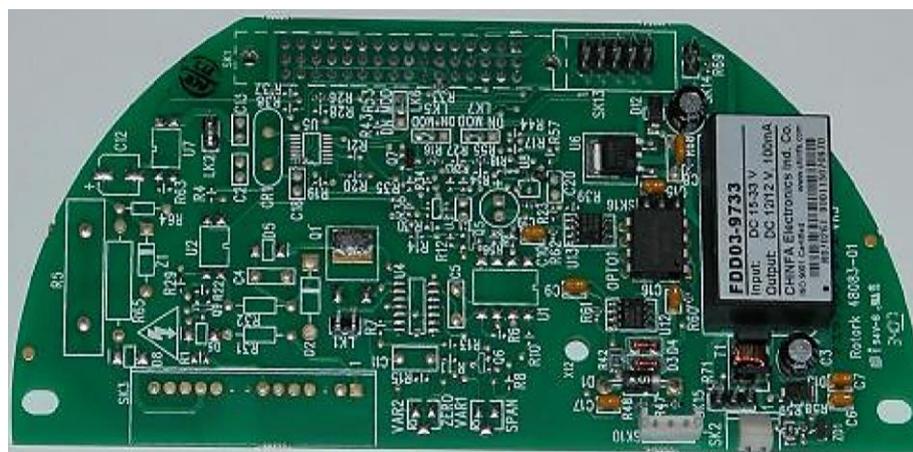
La conexión principal a los circuitos que se encuentran en el actuador se realiza a través de un conector de múltiples clavijas que se encuentra en la tarjeta de interfaz, que, debido a su estructura física, es adaptable solo para su polarización correcta. Los cables internos que se encuentran en el actuador se los conecta a la tarjeta de interfaz para control de señales y opciones dentro del actuador. La tarjeta de interfaz es alimentada de forma interna por el actuador. (ModBus, 2019)

Figura 2.13. Tarjeta de Interfaz de la serie IQ del actuador vista superior



Tarjeta de interfaz del actuador vista superior. Fuente: (ModBus, 2019).

Figura 2.14. Tarjeta de Interfaz de la serie IQ del actuador vista inferior



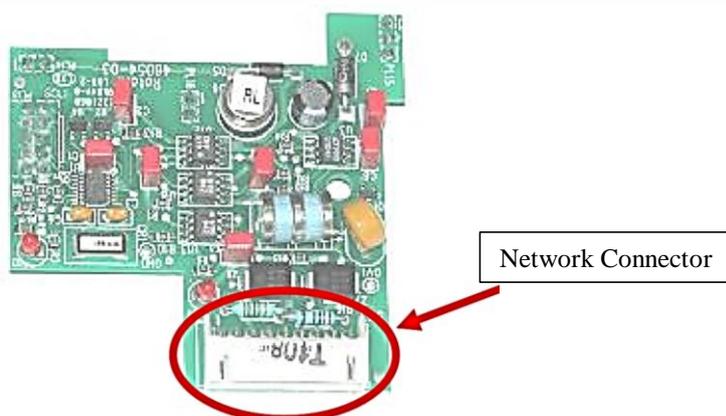
Tarjeta de interfaz del actuador vista inferior. Fuente: (ModBus, 2019).

La tarjeta de interfaz principal viene acoplada a la estructura del actuador con sus debidas protecciones para los diferentes tipos de cambios climáticos, esta tarjeta permite la conexión de todos los elementos eléctricos con los que cuenta cada actuador dependiendo de la serie a la que pertenezca. Santiago Monta 2019

2.15.3.3. *Tarjeta de interfaz de red ModBus (NIC).*

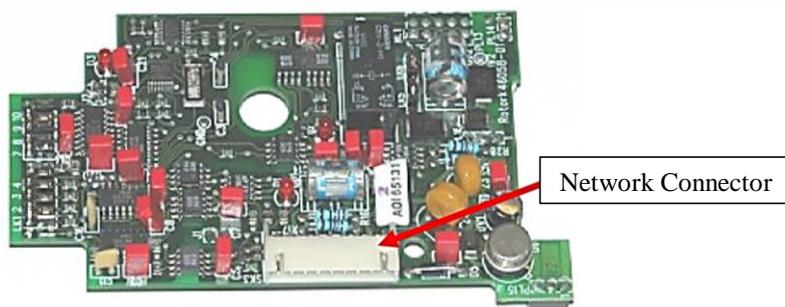
Es una tarjeta ModBus que a través de configuración y programación se puede establecer comunicación por medio de la autopista RS-485. Existen dos versiones de tarjeta de interfaz de red, una que es para una sola carrera de red y otra q funciona para dos carreras o una carrera con repetidor. (ModBus, 2019)

Figura 2.15. NIC de un solo canal ModBus, para conexión de red



Tarjeta NIC de un solo canal ModBus. Fuente: (ModBus, 2019)

Figura 2.16. NIC de doble canal ModBus, para conexión de red



Tarjeta NIC de doble canal ModBus. Fuente: (ModBus, 2019)

Para el caso de los actuadores con los que cuenta la estación OSAYACU de la empresa Ep PetroEcuador en sus instalaciones se empleará la tarjeta de un solo canal ModBus, que permitirá la comunicación maestra/ esclavo a través de la autopista RS-485 para el control en lazo cerrado de las mismas. Santiago Monta 2019

2.15.3.4. *Propiedades eléctricas*

La tarjeta ModBus es conectada directamente a la tarjeta de interfaz principal del actuador. Donde al integrar la tarjeta al actuador esta no afecta al funcionamiento del

mismo, también es acoplable debido a sus dimensiones y estructura, las conexiones de cableado para la comunicación de datos a través del bus ModBus RS-485 están completamente aisladas con respecto a la electrónica del actuador. (ModBus, 2019)

2.15.3.5. *Operación y almacenamiento*

La configuración que se le realiza al actuador para realizar la comunicación ModBus a través de la autopista RS-485 se la almacena en el mismo actuador una vez que la tarjeta ModBus ya se encuentre conectada a la tarjeta principal de interfaz y para su operación debe cumplir las siguientes restricciones. (ModBus, 2019)

- Temperatura con la que funciona: De -40 °C a + 70 °C
- Temperatura a la que almacena: De -50 °C a + 85 °C
- Humedad relativa: 5% a 95% (<50 °C) sin condensación. (ModBus, 2019)

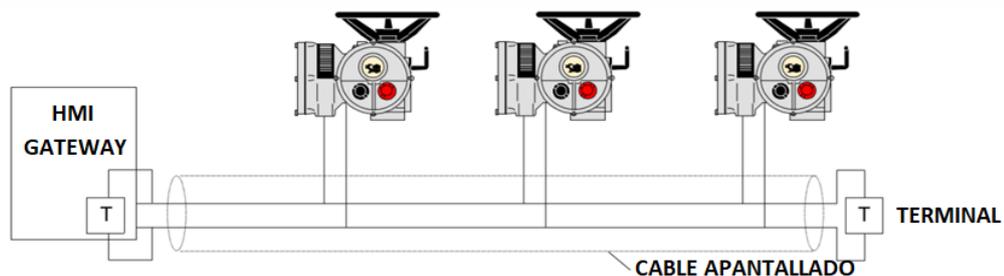
2.15.4. Datos RS-485, conexiones y configuración con la unidad de campo MODBUS

Las especificaciones de conexión y configuración de la unidad de campo ModBus se realiza en los puntos 2.15.4.1 al 2.15.4.3 que a continuación se detalla. (ModBus, 2019)

2.15.4.1. *Autopista de datos*

La unidad de campo ModBus para el caso del proyecto de titulación presentado emplea la comunicación RS-485, con cable de 2 hilos marca Belden, semiduplex, ModBus RTU que funciona a varias velocidades de datos. Las reglas que rigen la instalación y conexión de la autopista RS-485 no permiten la transferencia de energía por lo cual el módulo ModBus se alimenta desde el actuador cabe recalcar que la transmisión de datos solo se realiza cuando el actuador se encuentra encendido. (ModBus, 2019)

Figura 2.17. Autopista de datos RS-485 típica



Esquema de la autopista de datos RS-485 típica. Fuente: (ModBus, 2019).

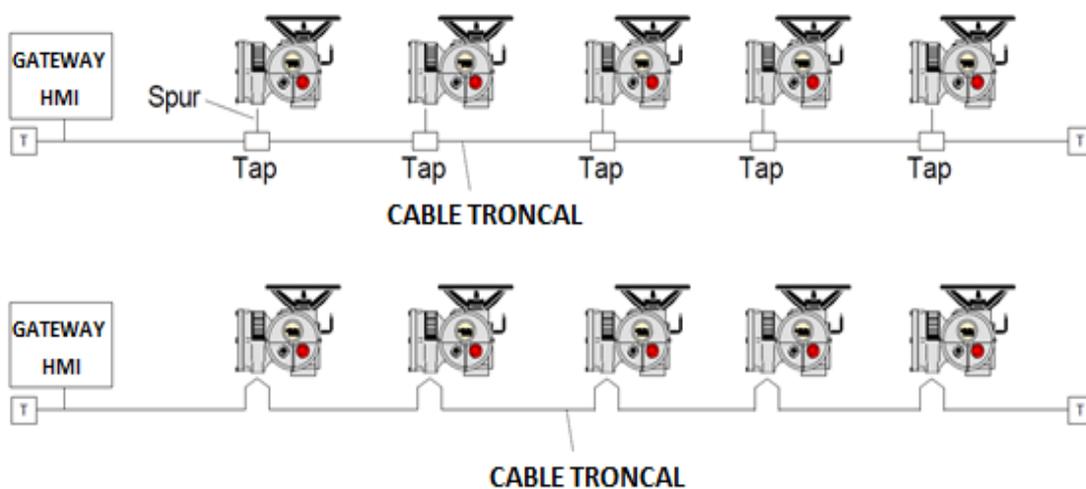
Para este tipo de autopista de datos se debe tener en cuenta que en cada extremo se debe tener una resistencia de terminación adecuada. La autopista puede usar conexiones de espolón o tope roscado a los actuadores, pero es recomendable que se mantenga las longitudes de tope al mínimo para tener una operación exitosa. Pero opcionalmente las conexiones se las puede realizar dentro o fuera de cada actuador a través de una disposición en cadena. El número máximo de dispositivos conectados en red es de 247, empleando repetidores RS-485 después de cada grupo de 32, la dirección estándar predeterminada que usa el módulo ModBus es la 247. (ModBus, 2019)

2.15.4.2. Topología de carretera

Para RS-485 existen dos topologías de conexión:

1. Usa una línea troncal con varias espuelas o líneas de derivación. Para este sistema se debe ubicar los grifos en las cajas de conexión ubicados cerca de los actuadores.
 2. Los actuadores se pueden conectar directamente a la línea troncal en cadena
- Todas las configuraciones necesitan que el total que es acumulativo de las líneas de derivación y las líneas auxiliares se mantenga dentro del máximo establecido para la velocidad de la red. (ModBus, 2019)

Figura 2.18. Topología de la autopista de datos RS-485



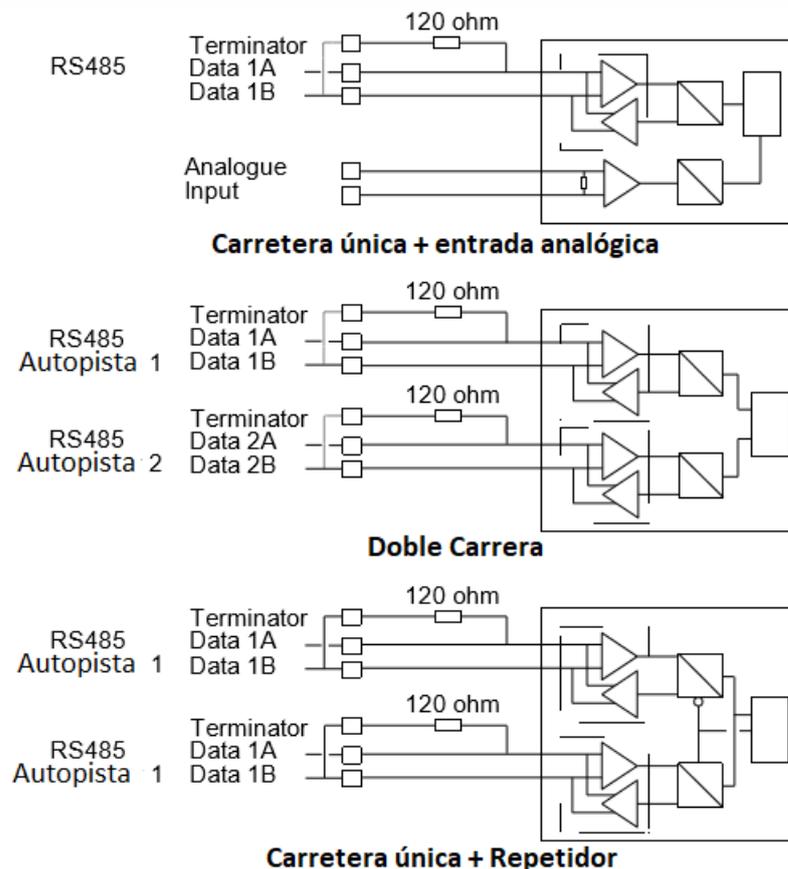
La topología describe una conexión en serie de actuadores empleando de la autopista RS-485, donde la velocidad del sistema en si depende de la suma total de todos los actuadores conectados. Fuente: (ModBus, 2019).

2.15.4.3. Red de terminación

Para un correcto funcionamiento del sistema todas las autopistas RS-485 deben terminar en cada extremo de la línea troncal principal empleando una resistencia de 120 ohmios nominales, la misma que debe estar del Gateway empleado o del actuador más alejado. Se debe conectar las resistencias entre las dos líneas de datos A y B existentes en el sistema, si las resistencias no están instaladas puede ocasionar que la comunicación de red sea insatisfactoria. Para algunos casos la polaridad de la línea de datos de red también puede ser necesaria, pero para optimizar este proceso los chips del transceptor del actuador portan componentes de giro seguro. (ModBus, 2019)

Para los tipos de actuadores IQ/ IQT y Q que emplean el protocolo ModBus, emplean una resistencia con terminación dentro de cada actuador empleado. Para lo cual el un extremo de la resistencia se lo coloca en un terminal mientras que el otro ya se encuentra conectado en la línea de datos A. Al vincular los terminales dentro de la línea de datos A Y B, se da como completada la conexión entre terminales. (ModBus, 2019)

Figura 2.19. Terminales de la autopista RS-485.



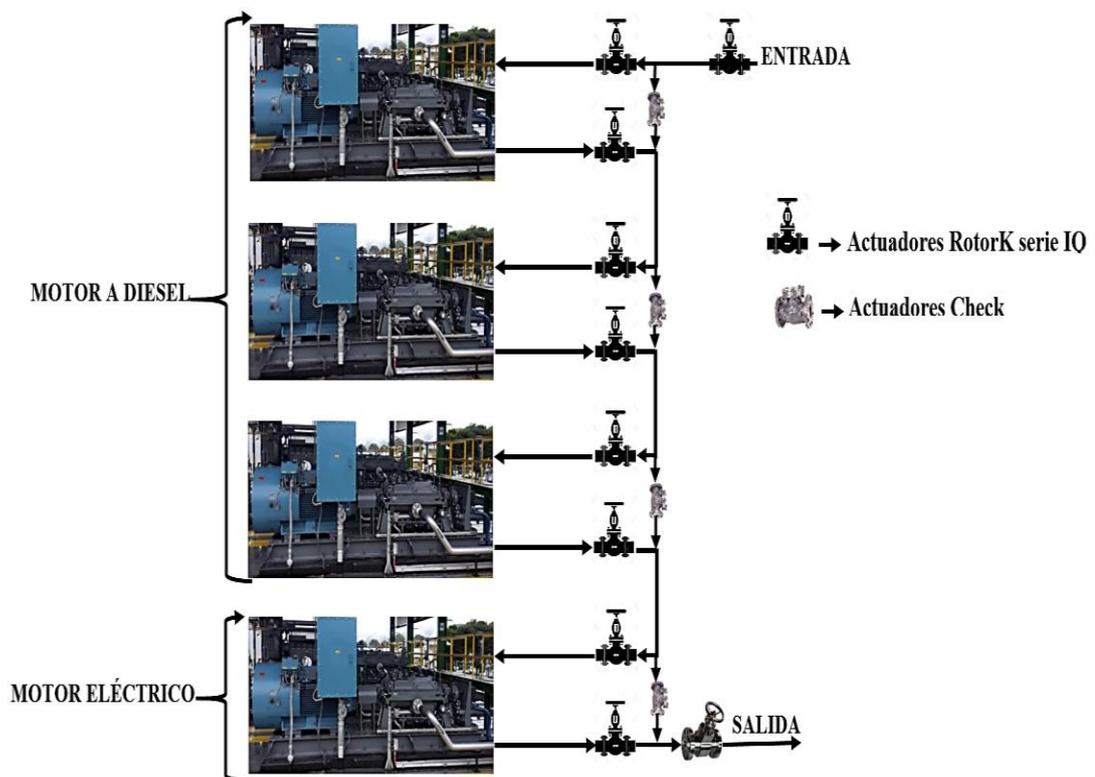
Se detalla 3 tipos de topologías para la terminación de la autopista RS-485. Fuente: (ModBus, 2019)

CAPÍTULO 3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO ACTUAL Y DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA DEL SISTEMA.

Para la determinación de las variables de entrada y salida del sistema se realizó la caracterización del proceso, donde se analizó como se encuentra actualmente el sistema de funcionamiento de las electroválvulas y en que se beneficiara la empresa con la implementación del sistema planteado como proyecto de titulación.

Figura 3.1. Esquema del sistema de Bombeo de la estación OSAYACU



Sistema manual de succión y descarga de hidrocarburos. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

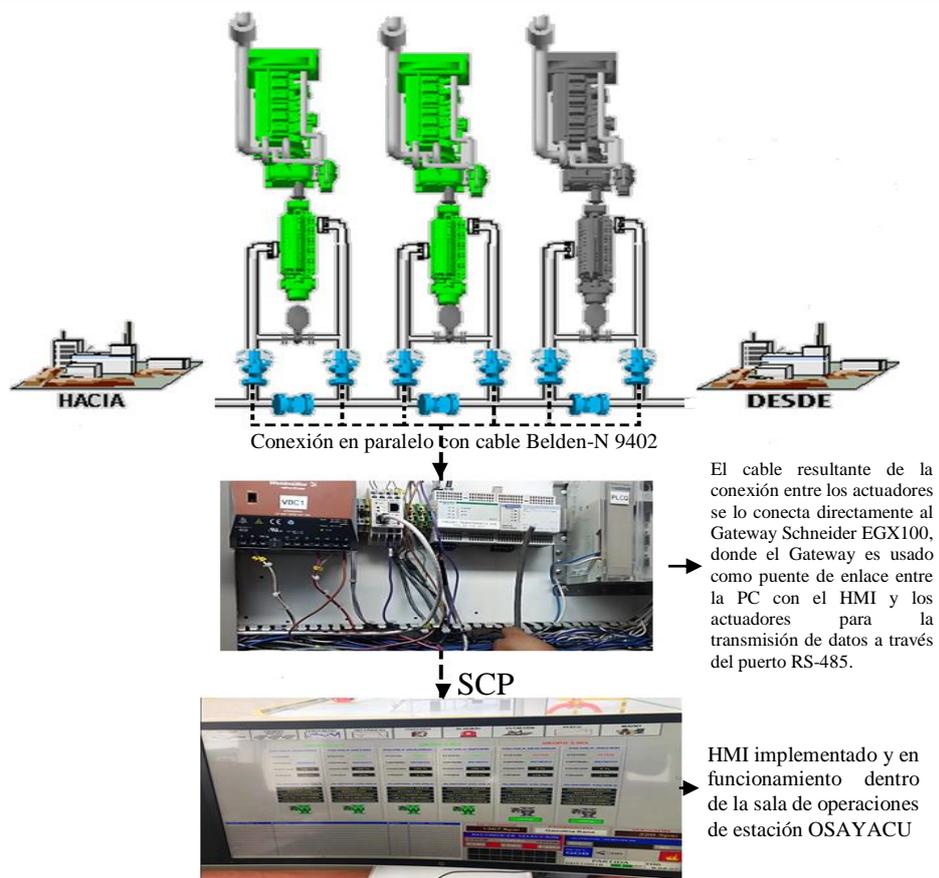
Antes de implementar el control de lazo cerrado los actuadores RotorK que realizan la función de succión y descarga del hidrocarburo en la estación del Poliducto OSAYACU funcionaban y se regulaban de forma manual ya que no existía un control y supervisión a través de un centro de operaciones. En la figura 3.1 se observa una representación gráfica del sistema manual de succión y descarga de hidrocarburos de la estación OSAYACU.

3.2. DISEÑO DE LA RED MODBUS

La Empresa Pública EPPETROECUADOR dentro del Poliducto Shushufindi – Quito, cuenta con 5 estaciones ubicadas en puntos estratégicos para el transporte del hidrocarburo, para lo cual la supervisión, control y monitoreo de estos puntos se realiza en cada estación dentro de un punto de operaciones.

Actualmente el Poliducto Shushufindi-Quito de EPPETROECUADOR cuenta con la licencia predeterminada para el uso del software Intouch 2017. Donde previo a la realización del software a implementar se debe tener en cuenta algunos parámetros y restricciones que la empresa establece.

Figura 3.2. Esquema de conexión para el diseño de la red ModBus



El presente esquema representa el camino de conexión que se tomó para poder establecer la comunicación de la Red ModBus. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

Una vez realizado las conexiones respectivas se procede a la realización del software, empleando la plataforma Intouch 2017.

3.2.1. Intouch 2017

La última versión con la que cuenta el software Intouch es la 2017, que permite un control y monitoreo de sistemas Industriales, de fácil uso, que permite la creación y configuración de gráficos dentro de pantallas virtuales (HMI). En esta plataforma un usuario puede crear aplicaciones en tiempo real para la obtención de información. Intouch, para su funcionamiento depende de dos elementos principales que son Windowmaker y Windowviewer.

Windowmaker: Es un software que permite al usuario la creación de ventanas y variables animadas.

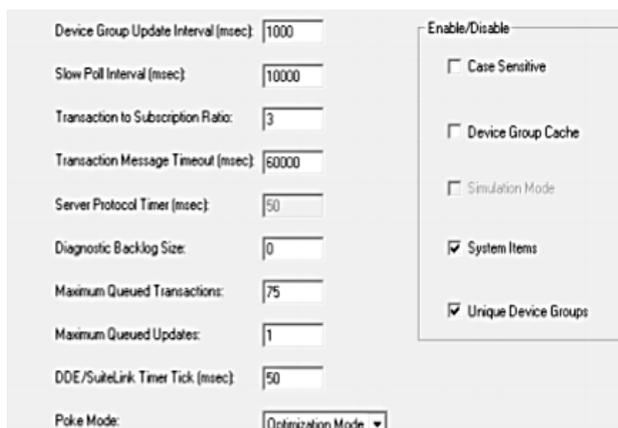
Windowviewer: Es el run-time del software, que permite al usuario la obtención de datos en tiempo real de las variables creadas por Windowmaker.

Intouch obtiene datos de comunicación a través del DDE de Microsoft, tecnología OPC y el protocolo Suitelink de wonderware.

3.3. CONFIGURACIÓN DEL DASERVER MBTCP

Por medio de la configuración DAServer MBTCP que se visualiza en la figura 3.3 se establece la conexión de redes industriales Ethernet Schenider desde cualquier PC empleando una tarjeta LAN común. La comunicación se establece una vez realizada la configuración adecuada e inicializando el servidor desde SMC.

Figura 3.3. Configuración del DAServer MBTCP

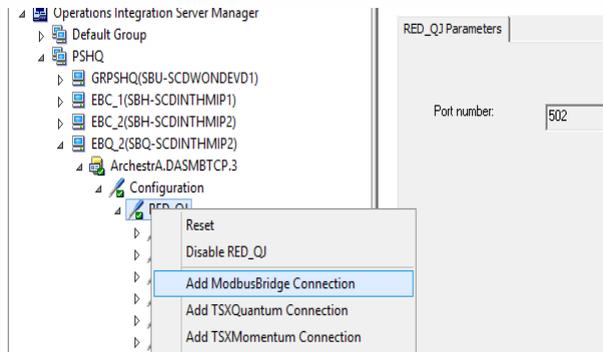


The screenshot shows the configuration window for DAServer MBTCP. It contains several input fields and a list of checkboxes. The input fields are: Device Group Update Interval (msec) set to 1000, Slow Poll Interval (msec) set to 10000, Transaction to Subscription Ratio set to 3, Transaction Message Timeout (msec) set to 60000, Server Protocol Timer (msec) set to 50, Diagnostic Backlog Size set to 0, Maximum Queued Transactions set to 75, Maximum Queued Updates set to 1, DDE/SuiteLink Timer Tick (msec) set to 50, and Poke Mode set to Optimization Mode. The checkboxes are: Case Sensitive (unchecked), Device Group Cache (unchecked), Simulation Mode (unchecked), System Items (checked), and Unique Device Groups (checked).

La configuración de esta ventana al inicializarla asigna valores por default que son tomados como parámetros de la configuración. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

Dentro del archivo de ArchestrA DASMBTCP en la configuración se agrega un nodo de conexión ModBusBridge visualizado en la figura 3.4, donde se despliega una pantalla asignando un número de puerto que por defecto es el 502. Siguiendo las normas de la empresa al nodo ModBusBridge se lo renombra con los prefijos RED_QJ.

Figura 3.4. Ingreso de un ModBusBridge en la configuración del DASMBTCP

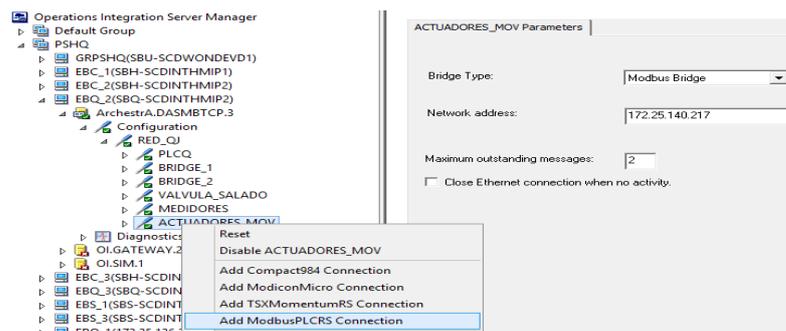


La creación del ModbusBridge permite establecer un enlace usado como puente previo a la creación de la aplicación. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

Continuando con la configuración se procede a agregar un nodo de conexión ModbusPLCRS dentro del nodo RED_QJ como se visualiza en la figura 3.5. Al mismo se lo renombra como ACTUADOR_MOV donde se le asigna ciertos parámetros como son el tipo de enlace que para la aplicación en creación es un enlace ModBus.

De la misma forma al utilizar un Gateway como puente de comunicación en la sección de Network address se ingresa la IP del mismo, teniendo en consideración que la empresa rige parámetros previos a realizar alguna implementación en su centro de operaciones es asignada la IP 172.25.40.217 para este proceso.

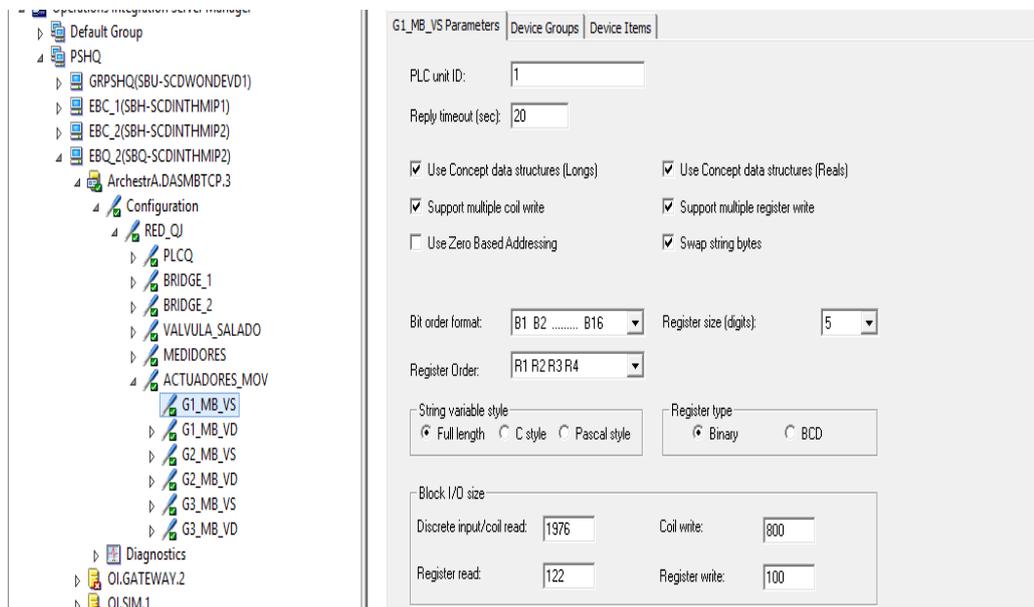
Figura 3.5. Asignación de un conector ModbusPLCRS a la configuración del DAS



Una vez agregado el conector ModbusPLCRS y renombrado como ACTUADOR_MOV se podrá continuar con la creación del programa a implementar. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

Dentro del nodo de conexión creado como ACTUADOR_MOV se procede al ingreso de 6 Ítems diferentes renombrados y etiquetados con un distintivo que representa a cada uno de los actuadores involucrados en el proceso a implementar, presentado en la figura 3.6.

Figura 3.6. Creación conectores tipo ModbusPLCRS dentro la variable ACTUADOR_MOV



Cada conector creado tiene un nombre distintivo y que representa a cada uno de los 6 actuadores que intervienen en el proceso de succión y descarga del hidrocarburo dentro de la Estación. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

Como se visualiza en la figura 3.7 para cada actuador se le asigna una ID de identificación con un tiempo de espera para respuesta, los demás ítems de datos son asignados por el programa por default, donde sus valores podrían ser cambiados si diera el caso en la recepción de los datos.

Figura 3.7. Asignación de una ID de identificación a los actuadores

G1_MB_VS Parameters	Device Groups	Device Items
PLC unit ID:	<input type="text" value="1"/>	
Reply timeout (sec):	<input type="text" value="20"/>	
G1_MB_VD Parameters	Device Groups	Device Items
PLC unit ID:	<input type="text" value="2"/>	
Reply timeout (sec):	<input type="text" value="20"/>	
G2_MB_VS Parameters	Device Groups	Device Items
PLC unit ID:	<input type="text" value="3"/>	
Reply timeout (sec):	<input type="text" value="20"/>	
G2_MB_VD Parameters	Device Groups	Device Items
PLC unit ID:	<input type="text" value="4"/>	
Reply timeout (sec):	<input type="text" value="20"/>	
G3_MB_VS Parameters	Device Groups	Device Items
PLC unit ID:	<input type="text" value="5"/>	
Reply timeout (sec):	<input type="text" value="20"/>	
G3_MB_VD Parameters	Device Groups	Device Items
PLC unit ID:	<input type="text" value="6"/>	
Reply timeout (sec):	<input type="text" value="20"/>	

A cada actuador se le asignó una ID de identificación para que su control sea a través del número de ID. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

En la figura 3.8 se realiza el proceso de asignación de un nombre para cada actuador y la asignación a un grupo, para este caso se crea 3 grupos donde cada grupo consta de 2 actuadores uno de succión y otro de descarga con una actualización de intervalos de 500 ms.

Figura 3.8. Asignación de un nombre distintivo para identificación de los actuadores

G1_MB_VS Parameters	Device Groups	Device Items
Name	Update Interval (ms)	
G1_MB_VS	500	

La figura describe la creación del nombre distintivo de 1 de los 6. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

Donde G1 representa al grupo que pertenece, MB significa ModBus y VS simboliza que esta válvula es de succión.

La casilla Device Items realiza la asignación de los Tags para la lectura de los registros de datos de cada actuador por medio de su tarjeta ModBus a la que tenemos accesibilidad.

Para realizar este listado se conversó con el Ingeniero supervisor del área de mantenimiento para la selección de los registros de datos del actuador que la empresa necesita para monitorear y controlar cada actuador desde su centro de operaciones. Obteniendo los registros presentados en la figura 3.9.

Figura 3.9. Ingreso de los Registros de datos a los actuadores.

G1_MB_VS Parameters		Device Groups	Device Items	G2_MB_VS Parameters		Device Groups	Device Items	G3_MB_VS Parameters		Device Groups	Device Items
Name	Item Reference			Name	Item Reference			Name	Item Reference		
G1S_MB_BTT	20016			G2S_MB_BTT	20016			G3S_MB_BTT	20016		
G1S_MB_CL	10008			G2S_MB_CL	10008			G3S_MB_CL	10008		
G1S_MB_CR	10006			G2S_MB_CR	10006			G3S_MB_CR	10006		
G1S_MB_CS	10007			G2S_MB_CS	10007			G3S_MB_CS	10007		
G1S_MB_IT	40003			G2S_MB_IT	40003			G3S_MB_IT	40003		
G1S_MB_MM	10013			G2S_MB_MM	10013			G3S_MB_MM	10013		
G1S_MB_PS	40004			G2S_MB_PS	40004			G3S_MB_PS	40004		
G1S_MB_SC	10002			G2S_MB_PS	10002			G3S_MB_SC	10002		
G1S_MB_SO	10003			G2S_MB_SC	10002			G3S_MB_SO	10003		
G1S_MB_SS	\$\$SYS\$Status			G2S_MB_SO	10003			G3S_MB_SS	\$\$SYS\$Status		
G1S_MB_ST	10001			G2S_MB_SS	\$\$SYS\$Status			G3S_MB_SO	10003		
G1S_MB_TT	10009			G2S_MB_ST	10001			G3S_MB_SS	\$\$SYS\$Status		
G1S_MB_VO	10011			G2S_MB_VO	10011			G3S_MB_ST	10001		
								G3S_MB_VO	10011		

G1_MB_VD Parameters		Device Groups	Device Items	G2_MB_VD Parameters		Device Groups	Device Items	G3_MB_VD Parameters		Device Groups	Device Items
Name	Item Reference			Name	Item Reference			Name	Item Reference		
G1D_MB_BTT	20016			G2D_MB_BTT	20016			G3D_MB_BTT	20016		
G1D_MB_CL	10008			G2D_MB_CL	10008			G3D_MB_CL	10008		
G1D_MB_CR	10006			G2D_MB_CR	10006			G3D_MB_CR	10006		
G1D_MB_CS	10007			G2D_MB_CS	10007			G3D_MB_CS	10007		
G1D_MB_IT	40003			G2D_MB_IT	40004			G3D_MB_IT	40003		
G1D_MB_MM	10013			G2D_MB_MM	10013			G3D_MB_MM	10013		
G1D_MB_PS	40004			G2D_MB_PS	40004			G3D_MB_PS	40004		
G1D_MB_SC	10002			G2D_MB_PS	10002			G3D_MB_SC	10002		
G1D_MB_SO	10003			G2D_MB_SC	10002			G3D_MB_SC	10002		
G1D_MB_SS	\$\$SYS\$Status			G2D_MB_SO	10003			G3D_MB_SO	10003		
G1D_MB_ST	10001			G2D_MB_SS	\$\$SYS\$Status			G3D_MB_SS	\$\$SYS\$Status		
G1D_MB_VO	10011			G2D_MB_ST	10001			G3D_MB_ST	10001		
				G2D_MB_VO	10011			G3D_MB_VO	10011		

El proceso de ingreso para registro de datos se realiza a los 6 actuadores como se puede visualizar en la figura 3.9. Para lo cual es ingresado un nombre distintivo para cada registro conjuntamente con el número del bit de ubicación. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

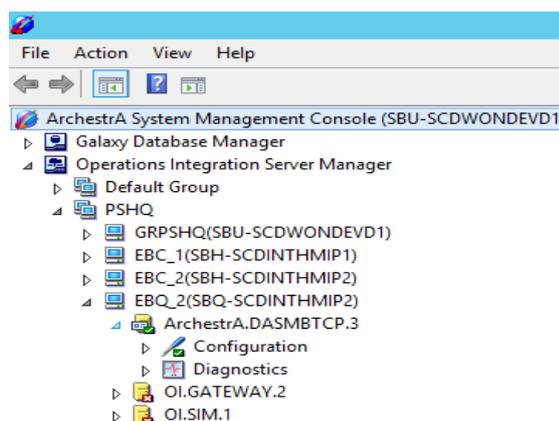
3.4. DISEÑO DEL HMI EMPLEANDO EL SOFTWARE INTOUCH

Para realizar el diseño del HMI se siguió los parámetros y los permisos respectivos de la empresa ya que el diseño a implementar se lo realizo en la máquina del área de mantenimiento que cuenta con el software Intouch 2017 que actualmente la empresa emplea para el control de sus procesos. También permite tener accesibilidad al HMI

principal donde se realizará la implementación del HMI para el control en lazo cerrado de las electroválvulas RotorK planteado como proyecto de titulación.

Para dar inicio al diseño en el software Intouch es necesario que primero se encuentre inicializado el software I/O server “SMC” para que exista una comunicación entre el Gateway usado como puente de enlace y el software Intouch como se visualiza en la siguiente figura 3.10.

Figura 3.10. Programa I/O server “SMC” inicializado con comunicación Gateway-SMC



Inicialización del SMC previo a la creación del HMI. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

La inicialización del SMC previo a la creación del HMI es fundamental, ya que si el SMC no está inicializado no existe comunicación Gateway/software por lo cual no se podría realizar el ingreso de los Tagname creados en SMC en el Intouch y darse la lectura de los mismos.

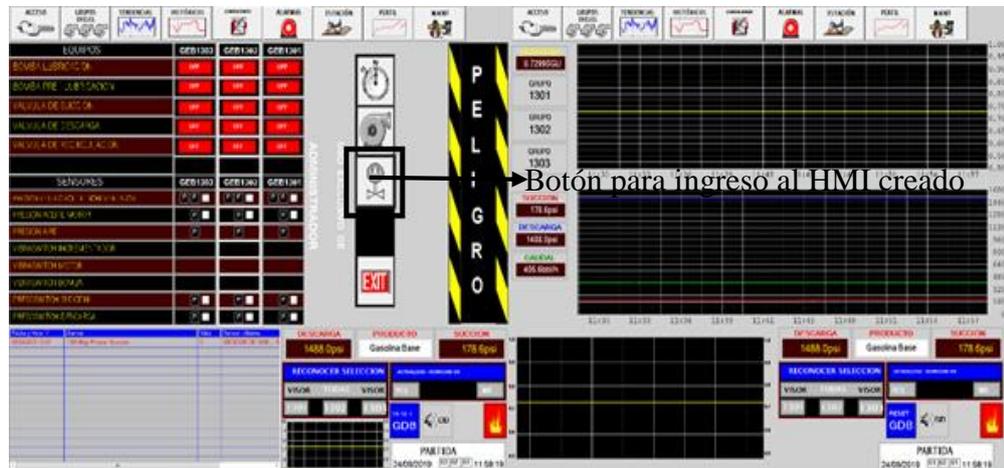
3.4.1. Diseño de pantalla

Siguiendo los parámetros que establece la empresa se procede a la selección de los registros de la base de datos ModBus que van a ser visualizados en el HMI a implementar por parte del ingeniero supervisor del área de mantenimiento de la estación, datos que fueron encontrados al realizar el proceso de caracterización de los actuadores.

Los datos seleccionados se encuentran en la sección de Anexos del presente documento.

Dentro del HMI principal se implementa un botón como se visualiza en la figura 3.11 que permite el despliegue de una nueva pantalla con el HMI creado y donde se visualiza los datos de registros solicitados de cada uno de los actuadores.

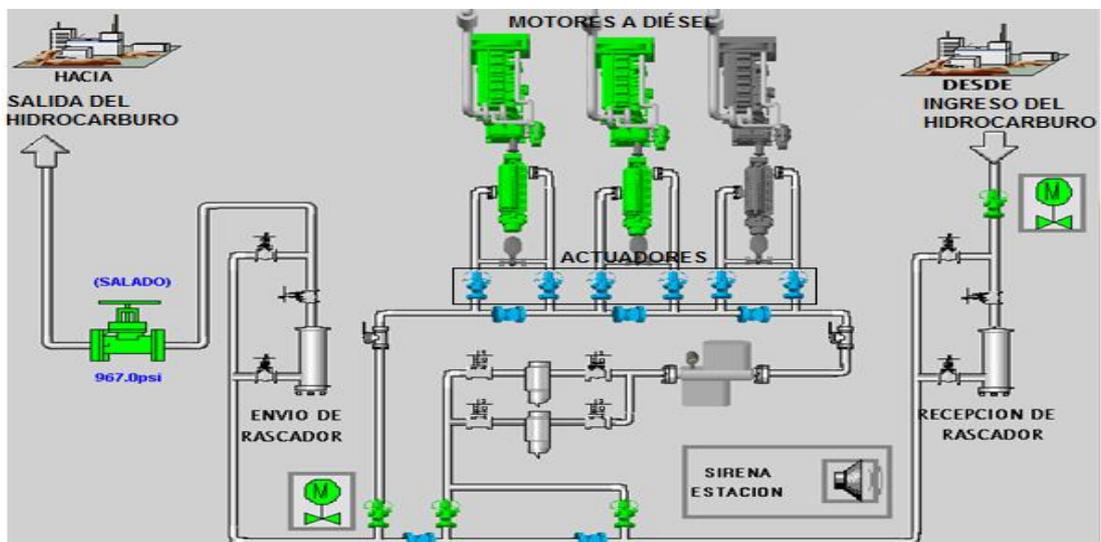
Figura 3.11. Pantalla del HMI principal



Pantalla del HMI principal del área de mantenimiento de las estaciones del poliducto Shushufindi-Quito, donde en el cuadro subrayado se encuentra el botón para el ingreso al HMI creado. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

Para la elaboración del HMI a implementar se procede a realizar la caracterización del esquema presentado en la figura 3.12 para así poder realizarlo de forma ordenada y siguiendo los parámetros preestablecidos por la empresa.

Figura 3.12. Esquema del Grupo principal de Bombeo



Esquema del grupo principal de bombeo donde se encuentran los actuadores a ser monitoreados y de los cuales se podrá tener el control en lazo cerrado. (Elaborado por: Santiago Monta, 2019).

De acuerdo a la logística del esquema de campo presentado en la figura 3.12, al cumplir todos los requerimientos de la empresa se procede a la elaboración del siguiente prototipo visualizado en la figura 3.13

Figura 3.13. HMI a implementar

GRUPO 1303		GRUPO 1302		GRUPO 1301	
VALVULA DESCARGA					
STATUS: OPEN					
CONTROL: REMOTO					
POSICION 100 %					
TORQUE 12 %	TORQUE 0 %	TORQUE 0 %	TORQUE 0 %	TORQUE 0 %	TORQUE 0 %
ALARMAS VALVULA					
THERMOSTAT TRIPPED					
BATTERY LOW					
FALLA COMUNICACION					
VALVULA OBSTRUIDA					
MANIPULACION MANUAL					
OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

HMI terminado y listo para implementar y ejecutar. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

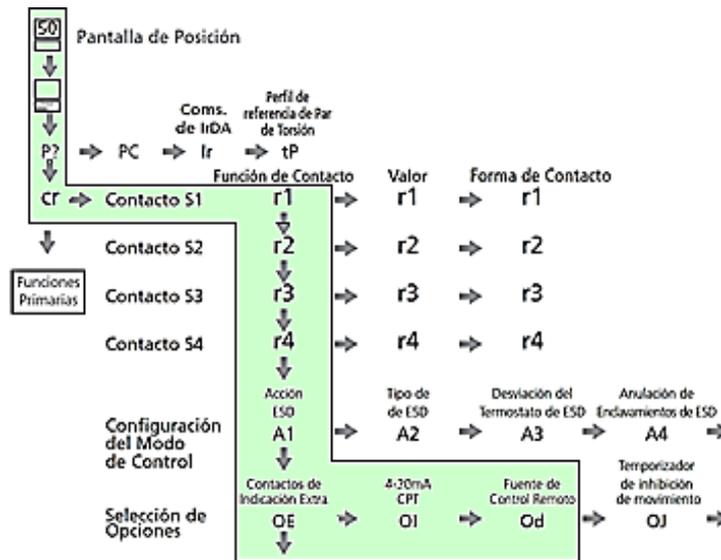
En el HMI presentado se visualiza una clasificación de 3 grupos, donde en cada grupo existen dos actuadores de los mismos que se procede a la adquisición de datos requeridos por el personal de mantenimiento de la empresa y también de los cuales se puede tener el control en lazo cerrado para su apertura y cierre

3.5. CONFIGURACIÓN DE LOS ACTUADORES A CONTROL REMOTO (MODBUS)

Una vez diseñada la red ModBus, se realiza la configuración de cada actuador empleando el control remoto vía infrarrojo con el que cuenta el actuador. La configuración consiste en: Ingresar al modo configuración y con el control remoto llegar al modo fuente de control remoto (OD).

En la figura 3.14 se presenta el esquema del camino que se debe tomar para llegar al modo control Remoto del actuador este proceso se debe realizar a los 6 actuadores indistintamente

Figura 3.14. Esquema del camino a seguir para configuración Remota ModBus.



Camino para llegar al modo fuente de control remoto OD. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

Una vez ingresado al modo fuente de control Remoto. El actuador nos permite la elección de un modo de comunicación.

Optando por el MODO [OP], que permite un control ModBus para actuadores con un módulo RTU, es necesario tener en consideración que previo a su puesta en marcha es necesario consultar el diagrama de cableado de conexiones para evitar algún tipo de falla.

Para el direccionamiento ModBus del actuador es necesario la configuración de parámetros que son indispensables para el uso de la opción ModBus del mismo, parámetros que se detallaran a continuación en las secciones 3.5.1 a 3.5.4 respectivamente.

3.5.1. Dirección del nodo ModBus

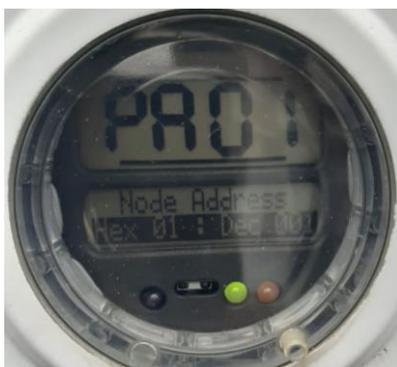
Como se menciona anteriormente es necesario la asignación de una ID exclusiva para cada módulo ModBus ubicado dentro de cada uno de los actuadores.

La dirección puede ser ajustada indistintamente pero siempre dentro de la gama de 01-247 y f7 en Hexadecimales. Donde sí se introduce un valor fuera de la gama de

dirección se revierte a 01 (para 00) o a f7 que sería para valores que superen la gama f7.

En la figura 3.15 se asigna una ID a cada actuador que va desde 01 a 06 respectivamente. Donde en la figura 3.14 se visualiza la asignación de la ID al actuador 01 y de la misma se realiza a los demás actuadores en forma orden.

Figura 3.15. Asignación de una ID para un nodo ModBus



Asignación de ID a cada actuador. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

3.5.2. Velocidad de transmisión para el módulo ModBus

La configuración de velocidad para la transmisión de datos es predeterminada por lo cual se opta por los 9600 baudios que es una velocidad estándar, también se debe tener en cuenta que esta velocidad tiene que ser igual a la del puerto COM (RS-485) del Gateway. Es necesario tener presente que para la configuración de la velocidad el módulo ModBus debe estar aislado del sistema principal.

Figura 3.16. Asignación de velocidad para la transmisión de datos al módulo ModBus



Pantalla para asignación de velocidad para la transmisión de datos al módulo ModBus. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

Dentro de la lista de velocidades a elegir los 9600 baudios es una velocidad optima ya que al hacer un análisis de los datos a transmitir es la mejor opción para que no exista perdida de información y esta se transmita con normalidad.

3.5.3. Entrada auxiliar remota de ModBus

Un actuador de la serie IQ permite el ingreso de 4 entradas auxiliales que son: AUX1- AUX4. Estas opciones son empleadas cuando un usuario necesita el control del actuador o obtenerte entradas digitales suplementarias auxiliares. El número hexadecimal asignado para visualizar en PF es considerado como la máscara que comunicación ModBus.

Para el caso del proceso que se va a implementar se optó por el ajuste predeterminado de fábrica que es 0F o 0000 1111. Donde:

- El bit de funcionamiento es ajustado a “0” para indicar que una entrada auxiliar se considera como señal digital dentro de un centro de visualización de datos o resultados de campo.
- Si el bit de funcionamiento es ajustado a “1”, para indicar que la entrada auxiliar se convierte en un comando digital con el cual se puede operar o controlar un actuador.

Figura 3.17. Ingreso de función remota ModBus



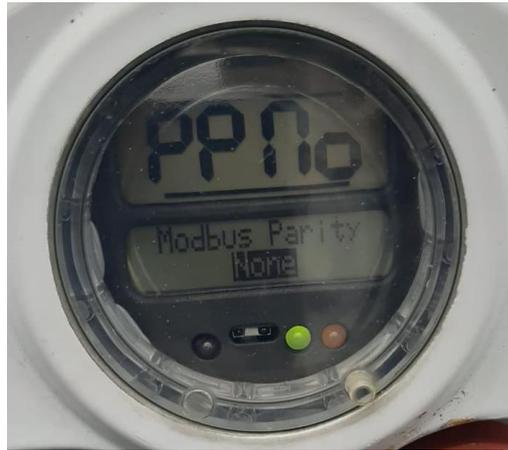
Se asigna un valor predeterminado que por default es 0F. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

3.5.4. Paridad ModBus

Para la detección de un bit de paridad, se realiza la configuración al módulo ModBus con el mismo bit de paridad del sistema principal. Para el caso de la implementación

no se asigna ningún valor como bit de paridad como se puede ver en la siguiente figura 3.18.

Figura 3.18. Asignación de bit de paridad ModBus



Ingreso del bit de paridad. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

El proceso de configuración para los 6 actuadores es de forma manual, teniendo en consideración que los ajustes y parámetros son los mismos a excepción de la ID de direccionamiento ModBus que es única y diferente para cada actuador.

Para el caso de la implementación de control en lazo cerrado a realizar no existe un bit de paridad predeterminado tanto para el caso del Gateway como del actuador por lo que se le deja en modo (No) que significa que no existe un bit de paridad para establecer la comunicación.

CAPÍTULO 4

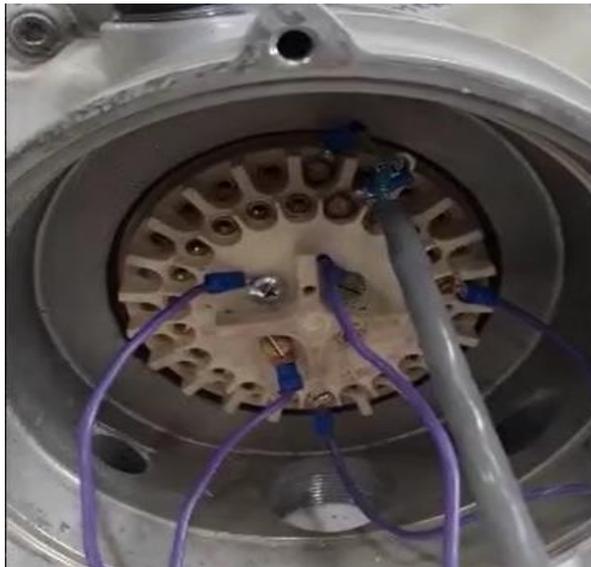
ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. PRUEBAS CON EL ACTUADOR ROTORK

Previo a la implementación del sistema de control se realizó la caracterización todos los equipos que intervienen en el proceso. Con la documentación respectiva se establece un convenio con la Empresa Pública de Hidrocarburos Petroecuador para el uso de sus instalaciones y el empleo de los equipos necesarios para realizar las pruebas de funcionamiento respectivas como es el caso de 3 actuadores RotorK similares a los que se encuentran en funcionamiento en el campo de bombeo de la estación mismos que se encontraban inactivos en el área de bodega.

Con ayuda de la caracterización realizada, el Datasheet y los manuales de usuario se procede a realizar las conexiones respectivas para alimentar al actuador como se visualiza en la En la figura 4.1.

Figura 4.1. Alimentación del actuador



Conexión para alimentar al actuador y conexión de la red ModBus. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

Los cables morados es la conexión trifásica de 480 volts al actuador. Mientras que el cable plateado es el cable Belden que establece la comunicación entre los actuadores con el Gateway.

Se realiza el proceso de desmontaje del actuador para realizar un breve análisis funcional y estructural del mismo constatando que todo se encuentre bien conectado ya que el actuador se encontraba en bodega durante un buen tiempo.

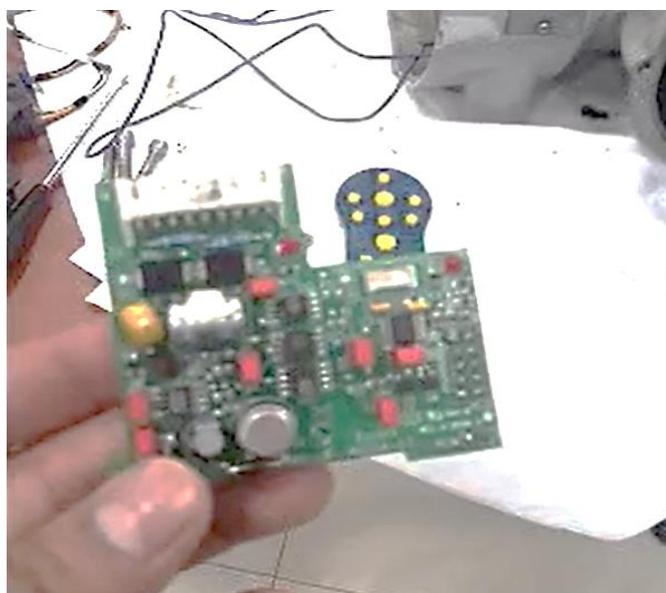
Figura 4.2. Actuador desmontado



Actuador desmontado y verificación de conectividad del equipo. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

En la figura 4.3 Se visualiza la tarjeta Modbus que fue implementada al actuador para el proceso de configuración y comunicación.

Figura 4.3. Tarjeta NIC ModBus



Tarjeta NIC ModBus. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

En las figuras 4.4 se visualiza un actuador alimentado y presto para el proceso de configuración

Figura 4.4. Actuador conectado y alimentado



En la imagen el actuador se encuentra ya alimentado y presto para su configuración. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

En la figura 4.5 se presenta un display que indica todas las funciones que realiza el actuador y por medio del cual se puede acceder a sus diferentes modos de configuración.

Figura 4.5. Display del Actuador



Display del actuador encendido y parcialmente cerrado. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

En la figura 4.6 se presenta el control remoto RotorK usado para la configuración del actuador.

Figura 4.6. Control remoto RotorK



Control remoto RotorK usado para el ingreso a los modos de configuración del actuador. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

En la figura 4.7 se visualiza al actuador ingresado en modo configuración para establecer los parámetros de la red ModBus.

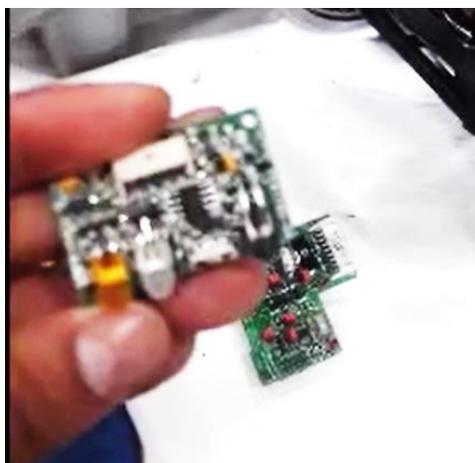
Figura 4.7. Modo Configuración del actuador



Configuración del actuador para establecer el control Remoto ModBus. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

La tarjeta infrarroja presentada en la figura 4.8, se encuentra visible en la parte inferior del display que tiene el actuador y permite la configuración del mismo a través de uso del control remoto RotorK.

Figura 4.8. Tarjeta infrarroja



Tarjeta infrarroja para la configuración del actuador por medio del control remoto RotorK. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

En la figura 4.9 se visualiza dos perillas que tiene el actuador. La primera perilla permite la apertura, cierre y stop general del actuador siempre y cuando este se encuentre en modo control local. Mientras que la otra perilla establece el control del actuador ya sea de forma local o remoto.

Figura 4.9. Perillas del actuador



La imagen presenta dos perillas del actuador que establecen el modo de control ya sea local o remoto. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

4.2 PRUEBAS CON EL GATEWAY SCHNEIDER EGX100

De la misma forma se realizó las pruebas del Gateway Schneider EGX100 que es empleado como un puente de enlace para comunicación entre los actuadores y la PC de control.

Figura 4.10. Gateway Schneider EGX100



Gateway conectado y listo para el proceso de pruebas de comunicación. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

La IP etiquetada en el Gateway que se presenta en la figura 4.11 es la que se usó para establecer la comunicación entre los actuadores y la PC master.

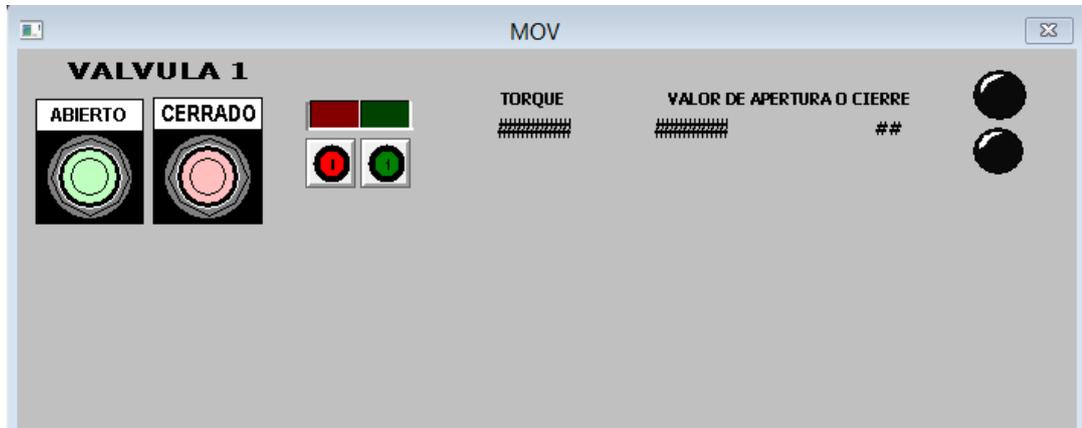
Figura 4.11. Gateway Schneider configurado con la IP: 172.25.135.230



Gateway configurado con la IP mostrada en la imagen. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

Una vez configurado el Gateway se procede a la verificación de conectividad. Donde al conocer algunos registros ModBus del actuador se procede a realizar una aplicación en el software Intouch que permitirá la apertura, cierre y el torque de un actuador.

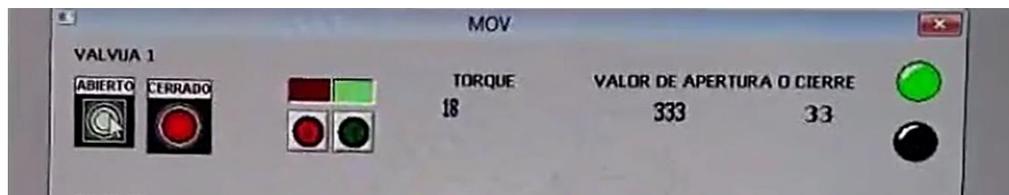
Figura 4.12. Creación de aplicación para pruebas



Creación de aplicación en el software Intouch para el control y la obtención de datos del actuador. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

La primera prueba de conectividad que se realizo fue a un solo actuador donde se realizo el proceso de apertura de la valvula obteniendo los resultados mostrados en las siguientes figuras 4.13, 4.14 y 4.15

Figura 4.13. Proceso de apertura de la válvula



Ingreso en modo apertura de válvula en el software Intouch. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

En la figura 4.14 se visualiza un display que indica un porcentaje de apertura de la válvula que incrementa hasta un tope del 100% esto significa que la válvula está abierta en su totalidad

Figura 4.14. Apertura de la válvula



La válvula procede a abrirse. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

En la figura 4.15 se visualiza en el display la apertura total del actuador, esto significa que el actuador está listo para la circulación del hidrocarburo.

Figura 4.15. válvula parcialmente abierta



La válvula procede a abrirse en su totalidad. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

De la misma forma se le ordena a la válvula que se cierre a través del software Intouch y esta ejecuta lo ordenado.

Para lo cual como se observa en la figura 4.16 el actuador empieza a cerrarse asignando valores como el torque que emplea y un valor en porcentaje que desciende.

Figura 4.16. Proceso de cierre de la válvula



Ingreso en modo cierre de válvula en el software Intouch. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

En la figura 4.17 se visualiza el display que indica el porcentaje de cierre de la válvula hasta el 0% esto significa que la válvula está cerrada en su totalidad

Figura 4.17. Cierre de la válvula



La válvula procede a cerrarse. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

Una vez completado el cierre de la válvula en su totalidad en el display se visualiza la imagen presentada en la figura 4.18 que significa cierre total de la válvula

Figura 4.18. válvula parcialmente cerrada



La válvula procede a cerrarse en su totalidad. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

4.3. PRUEBAS DE CONECTIVIDAD

Una vez concluido el proceso de caracterización de equipos, se realizó un prototipo de HMI que se usó para la ejecución de pruebas de funcionamiento dentro de una red ModBus entre los equipos mencionados en la sección 4.1 y 4.2. misma interconexión que se comprueba con un ping entre los hosts como se muestra en la siguiente figura.

Figura 4.19. Comunicación de equipos en la Red

```
CA Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.14393]
(c) 2016 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\User>ping 172.25.135.230

Haciendo ping a 172.25.135.230 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 172.25.135.230: bytes=32 tiempo<1m TTL=128

Estadísticas de ping para 172.25.135.230:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
```

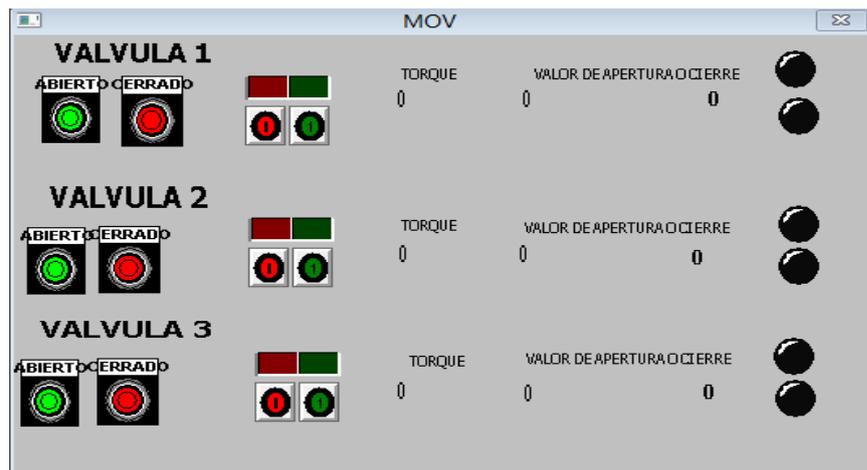
Ping entre la PC con el software Intouch y el Gateway Schneider EGX100 Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

En la imagen se realiza un ping entre la PC con el software Intouch y el Gateway Schneider EGX100. Este ping significa que existe comunicación y se puede realizar un control maestro/ esclavo.

4.4. PRUEBAS CON LA HMI

El HMI que se presenta en la figura 4.2 es un prototipo básico que se utilizó para realizar pruebas de funcionamiento y comunicación entre los equipos

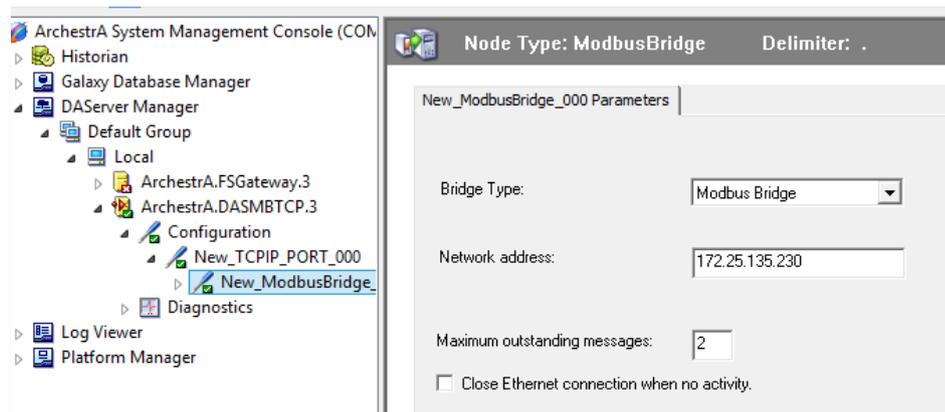
Figura 4.20. HMI para pruebas de comunicación



Este HMI realizó la apertura, cierre y lectura de registros de datos ModBus de los 3 actuadores usados dentro de una red Modbus. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

Es primordial el ingreso de la IP del Gateway dentro del “SMC” de Archestra para poder usar el Gateway como enlace de comunicación.

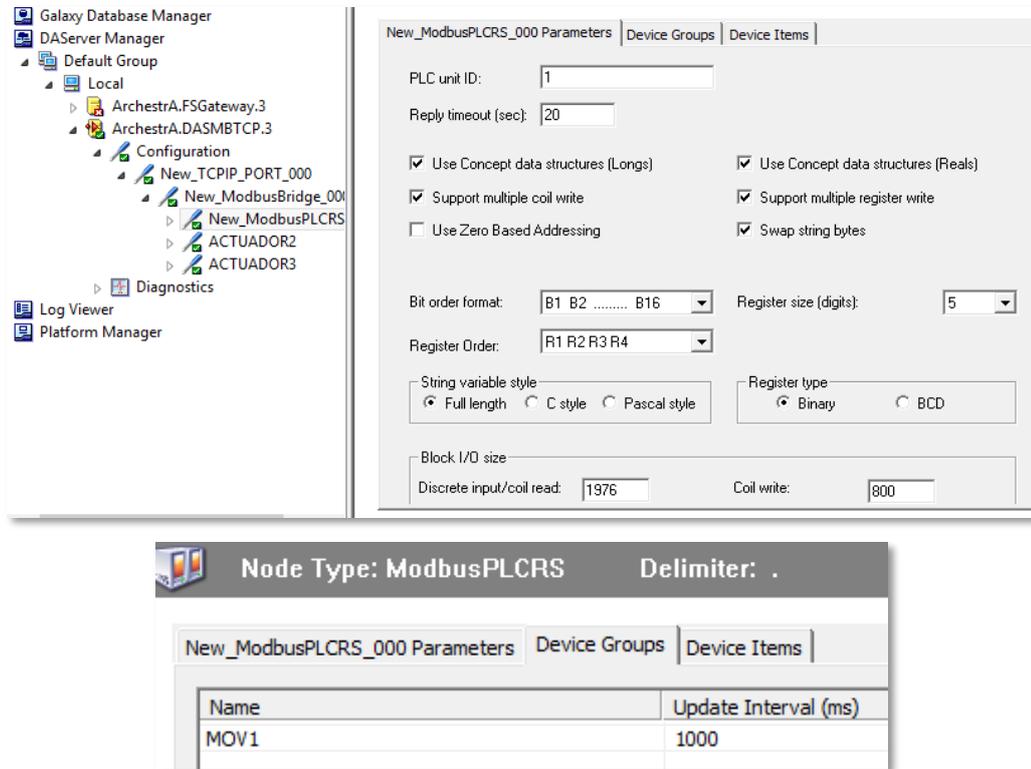
Figura 4.21. Dirección del Gateway usado como bus ModBus de comunicación



Ingreso de la IP del Gateway en el SMC de Archestra que produce un puente de comunicación entre los actuadores y la PC master. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

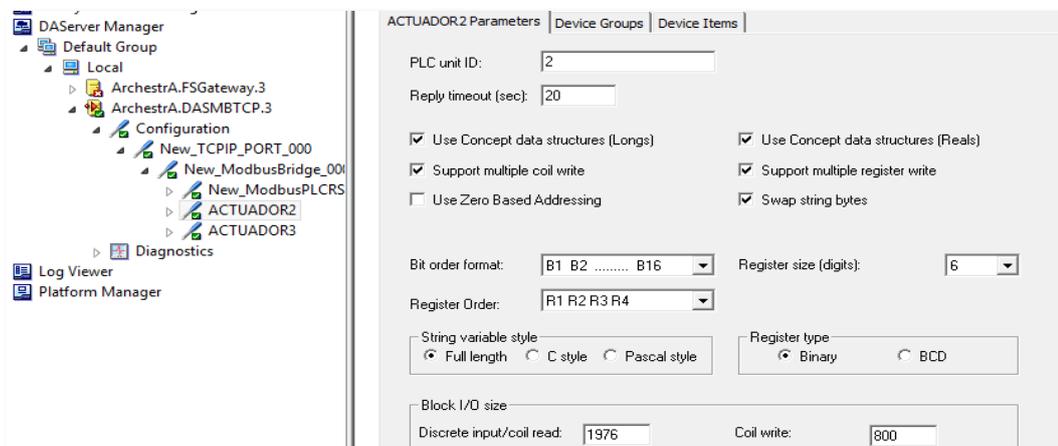
A cada actuador se le asigna de una ID para que desde el HMI se los pueda monitorear y controlar indistintamente por medio de su registro de direccionamiento.

Figura 4.22. Asignación de ID al ACTUADOR 1



Dentro del SMC se crea una ventana ModBusPLCRS para el actuador 1 se le asigna una ID y etiqueta para su diferenciación con los demás actuadores. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

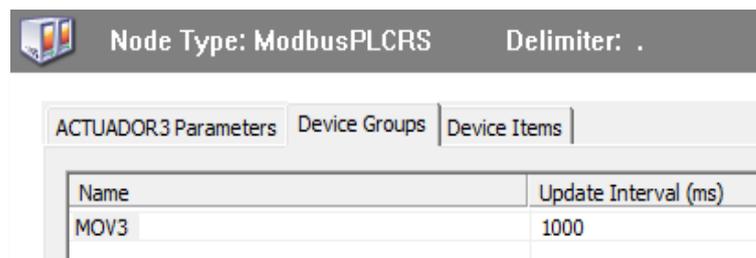
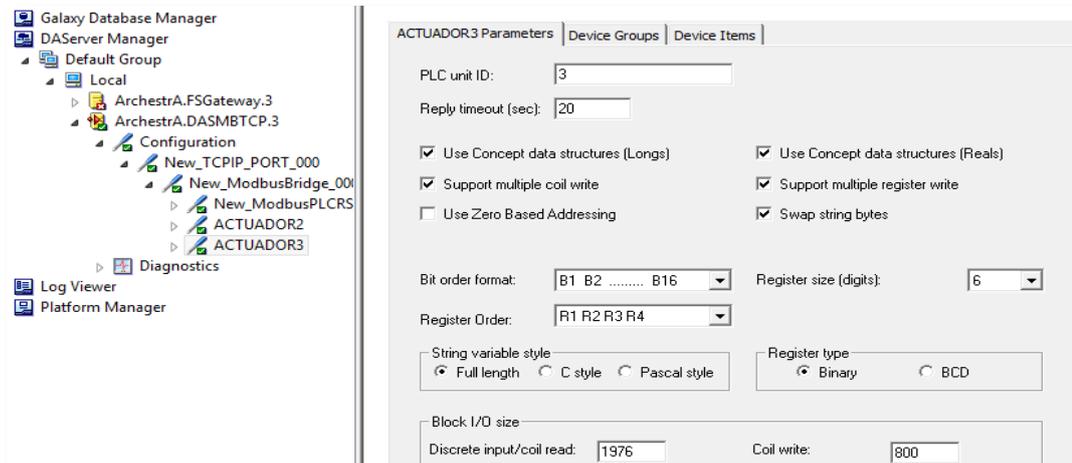
Figura 4.23. Asignación de ID al ACTUADOR 2





Dentro del SMC se crea una ventana ModBusPLCRS para el actuador 2 se le asigna una ID y etiqueta para su diferenciación con los demás actuadores. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

Figura 4.24. Asignación de ID al ACTUADOR 3



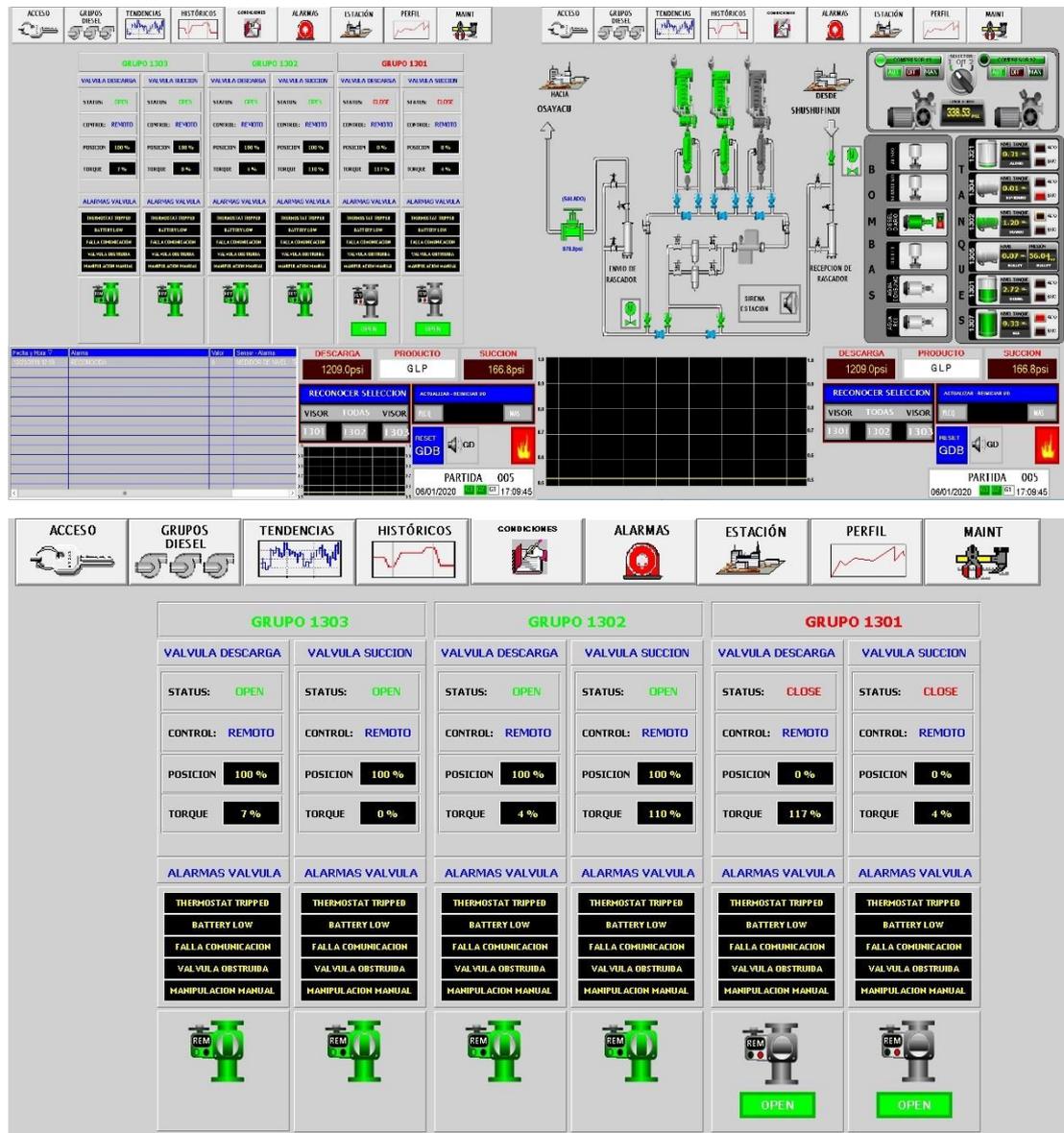
Dentro del SMC se crea una ventana ModBusPLCRS para el actuador 3 se le asigna una ID y etiqueta para su diferenciación con los demás actuadores. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

Se consigue lo planteado en el proceso de pruebas y se procede a la ejecución del proyecto.

Una vez configurados los actuadores y conectados con el Gateway y la Pc que se encuentra en la sala de operaciones de la estación se procede a la implementación del HMI creado dentro de la nube del sistema del área de mantenimiento para así cargarlo al mismo y poder ya tener un control y monitoreo de los actuadores que actualmente se encuentran en funcionamiento dentro de la estación.

Se realizan pruebas de funcionamiento obteniendo resultados satisfactorios y cumpliendo con los requerimientos solicitados por la empresa como se visualiza en la siguiente figura 4.25.

Figura 4.25. HMI implementado en la sala de operaciones de la estación OSAYACU.



HMI ya implementado y en funcionamiento dentro de la estación. Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

El proceso de conectividad de los equipos en campo se encuentra adjunto en la sección de Anexos.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

La caracterización de los actuadores y demás elementos que intervienen ayuda a comprender de mejor forma como es un proceso industrial usado para el transporte de hidrocarburos.

Gracias a las facilidades de control y supervisión industrial que presenta el software Intouch, actualmente se puede realizar procesos que permitan tener un monitoreo y control de sistemas industriales en tiempos reales a través de la pantalla de un servidor u operador a distancias considerables sin la necesidad de encontrarse en el lugar.

La implementación de este software permite que un operador a través del HMI pueda controlar y monitorear sin la presencia del personal de manteniendo en capo cada uno de los actuadores que realizan el proceso de transporte de hidrocarburos de estación en estación.

Previo a la implantación del proyecto en el campo se realizó pruebas de comunicación del sistema con un HMI prototipo implementado en la sala de mantenimiento de la estación OSAYACU, usando equipos similares a los que intervienen en el proceso industrial, sin estas pruebas previas habría sido más difícil el diseño de los esquemas de cableado del sistema.

5.2. RECOMENDACIONES

Sería interesante utilizar el Software Intouch dentro del proceso de aprendizaje de la Universidad Politécnica Salesiana, ya que es un software que es empleado en algunas empresas que realizan transporte de Hidrocarburos del país.

Se recomienda usar el equipo de protección personal EPP para del ingreso a la estación y la manipulación de los instrumentos de campo ya que funcionan a altas tensiones

Tener en consideración que el Poliducto trabaja las 24 horas del día y para cualquier implementación y acceso a la red es recomendable solicitar la ayuda del personal de mantenimiento.

El proyecto como tal ayuda a que el estudiante fortalezca sus conocimientos en las áreas de instrumentación y automatismo, de la misma forma puede poner en práctica los conocimientos teóricos en procesos industriales reales.

Para el uso de cualquier instrumento Eléctrico de la Empresa es recomendable solicitar ayuda al personal que se encuentra en el lugar para evitar cualquier tipo de inconveniente o daño.

Se recomienda reemplazar los actuadores solenoide instaladas por actuadores proporcionales, ya que así se controlará de mejor manera el vacío dentro los ductos de transporte.

Las implementaciones de este tipo de proyectos ayudan a que el estudiante desarrolle sus habilidades para la resolución de problemas a nivel industrial.

Para establecer la comunicación entre el Gateway y el software Intouch es importante inicializar con anterioridad el software DAServer que se encarga de establecer un enlace para la lectura y envío de datos.

REFERENCIAS

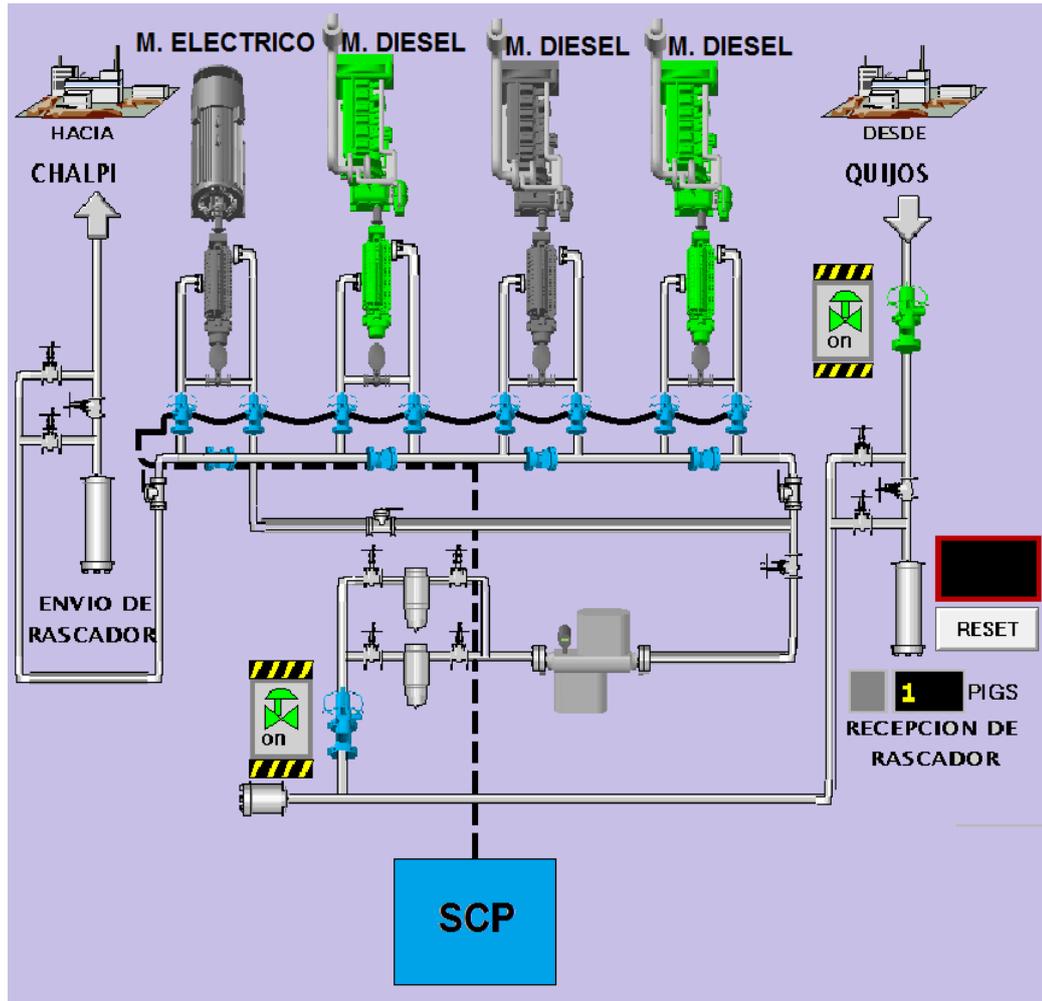
- Angira, R. y. (20 de 12 de 2018). *Diseño de sistemas de procesos*. Obtenido de conferencia Internacional: www.scielo.conicyt.cl
- Autycom. (17 de Agosto de 2018). *Autycom*. Obtenido de Que es un sistema HMI: <https://www.autycom.com/>
- BELDEN, I. (26 de Febrero de 2019). *BELDEN*. Obtenido de SENDING ALL THE RIGHT SIGNALS: <https://catalog.belden.com>
- Cáceres, E. A. (2016). <http://www.facso.unsj.edu.ar>. *Ánàlisis y Diseño de Sistemas de Informaci3n*:<http://www.facso.unsj.edu.ar/catedras/ciencias-economicas/sistemas-de-informacion-II/documentos/aydise14.pdf>
- Electricidad-CIP.ETI, D. d. (2016). <http://www.infopl.net>. *Comunicaciones Industriales*:
http://www.infopl.net/files/documentacion/comunicaciones/infopl_net_00p resentacioncursocomindbabel.pdf
- Electric, R. (Diciembre de 2016). *Línea IQ*. Obtenido de Manual, Instrucciones y mantenimiento: <http://www.metalart.com.ar>
- Electric, S. (20 de 10 de 2015). *Guia de Usuario SCHNEIDER*. Obtenido de <https://download.schneider-electric.com>
- Electric, S. (2017). *wonderware System Platform Guide*.
- Francisco, D. J. (10 de 07 de 2018). *Bombeo Mecánico - Gas Lift*. Obtenido de Sistemas Híbridos de Producci3n: www.ri.itba.edu.ar
- Kast, F. E. (2019). *TARGETA ModBus EATON*. powering Business Worldwide.
- ModBus, R. (2019). Modbus RTU Actuator Control. *Manual RotorK MODBUS, 72*.
- ModBus-IDA. (24 de octubre del 2016). *ModBus Messagin*. USA.
- Padron, R. A. (18 de septiembre de 2018). *Wonderware, North Mexico*. Obtenido de Lo más innovador en sistemas SCADA: <http://wonderwarenorthmex.com/wonderware-intouch-2017-lo-mas-innovador-en-sistemas-scada/>
- Perez, M. (2018). *Curso INTOUCH*. Obtenido de Departamento de Electricidad: <http://www.etitudela.com>
- Pontevedra. (15 de 05 de 2017). *Operario de mantenimiento industrial*. Obtenido de Mantenimiento industrial: <http://www.salcedaemprego.es>
- RedUSERS. (2019). *USERSHOP*. COMUNIDAD TECNOLÓGICA: <http://www.redusers.com/noticias/que-es-una-red-informatica/>

- RotorK. (Agosto de 2018). *General specification electric actuators*. Obtenido de <https://www.rotork.com>
- RUIZ, A. (09 de Febrero de 2016). *IMPLEMENTACION DE UNA RED MODBUS/TCP*. Obtenido de programa De Ingeniería Electrónica. Facultad De Ingeniería - Escuela De Ingeniería Eléctrica Y Electrónica: www.univalle.edu.co/~telecomunicaciones/trabajos_de_grado/informes/tg_AndresRuiz.pdf
- SHUBHANGI, J. (2014). BER Improvement in OFDM Using Coding Techniques. *International Journal of Electrical and Electronics Research*, 167-173.
- Uniovi. (2019). *Sistemas SCADA*. Obtenido de UNIOVI: <http://isa.uniovi.es>
- Wiedemann, B. (2019). *Bihl Wiedemann*. Obtenido de AS-Interface: <https://www.bihl-wiedemann.de>
- Wonderware. (2019). *Wonderware Spain*. Obtenido de SCADA con Wonderware: <https://www.wonderware.es>
- Wordpress. (24 de 06 de 2016). *produccion industrial*. Obtenido de www.BLOG DE WORDPRESS.COM

ANEXOS

ANEXO 1

Figura A1. Esquema de la estación OSAYACU



Las líneas entrecortadas de color negro es el camino del conducto subterráneo por donde circulará el cable BELDEN-N 9402 que permitirá realizar la comunicación entre el SCP con cada una de los actuadores RotorK y así poder implementar el control en lazo cerrado planteado como proyecto de titulación. Elaborado por: Santiago Monta

IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Para la implementación del sistema que permite el control en lazo cerrado de las electroválvulas RotorK en el grupo principal de bombeo de hidrocarburos de la estación OSAYACU se procede a aclarar los ductos de tubería por donde se enviara el cable que establece la comunicación entre la Pc y los actuadores para su control.

Procedimiento que se realiza con ayuda del personal de línea (albañil) para el cruce del pescador, habilitar los conductos subterráneos y poder realizar el cableado de comunicación.

Figura A2. Ingreso del cableado Belden en el campo de bombeo



Elaborado por: Santiago Monta, 2019

Se presenta un inconveniente al momento de enviar el pescador por lo que se procede a picar el área por donde pasan los ductos para corregir la falla y seguir con el cableado respectivo.

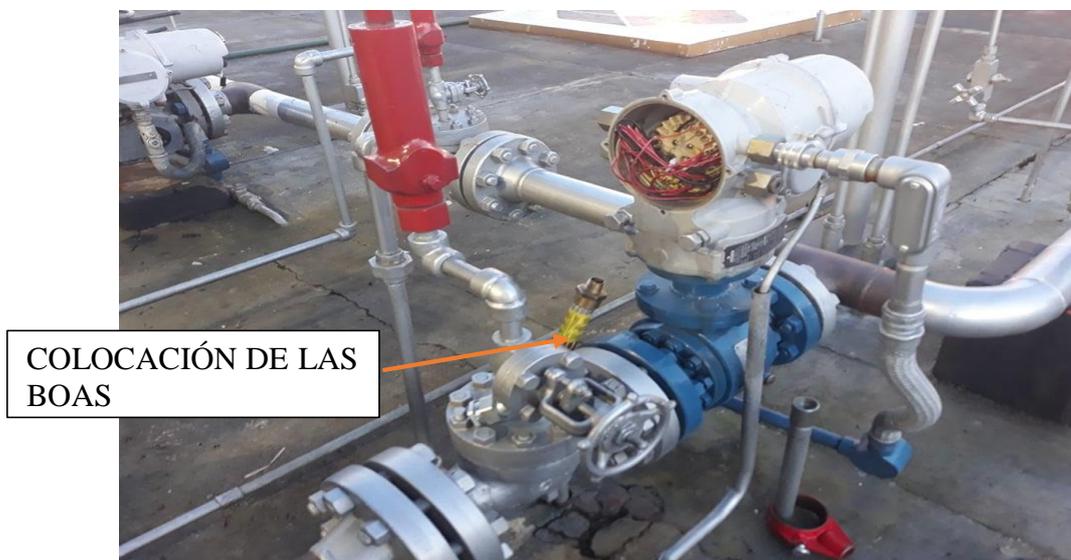
Figura A3. Personal autorizado aclarando los ductos subterráneos para el cableado



Elaborado por: Santiago Monta, 2019

En las siguientes figuras se visualiza los actuadores conjuntamente con las boas (conductos) implementados, boas por donde se realizara el cableado y así poder realizar la comunicación maestro/esclavo entre los equipos.

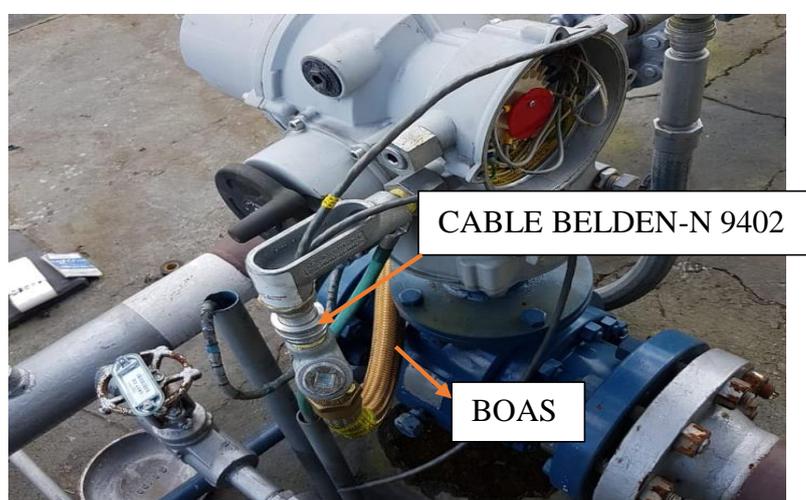
Figura A4. Cableado y conexión de las valvulas



Elaborado por: Santiago Monta, 2019

Se procede a la conexión de los actuadores en paralelo con cable BELDEN-N 9402 que permite tener el control de los actuadores y asignarles una ID para su control e identificación.

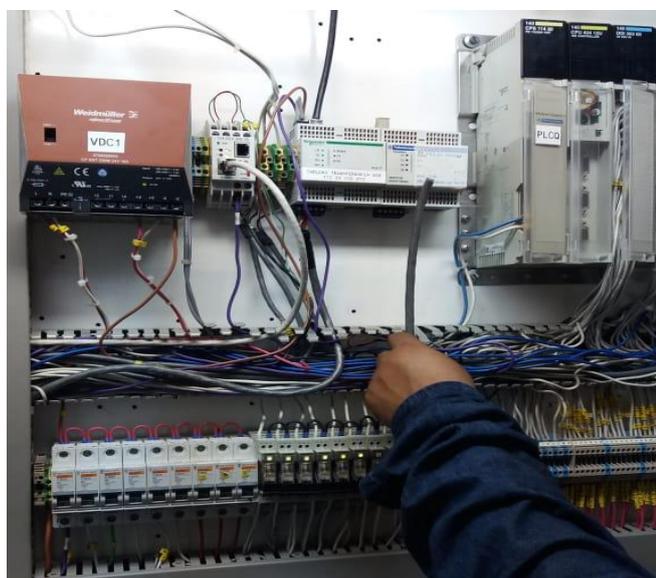
Figura A5. Cableado y conexión de las valvulas



Elaborado por: Santiago Monta, 2019

Una vez establecida las conexiones respectivas se procede a implementar el Gateway en el cuarto de instrumentación mismo que servirá de puente de enlace entre los actuadores con la PC master.

Figura A6. Ingreso del Gateway en la sala de instrumentación



Elaborado por: Santiago Monta, 2019.

ANEXO 2.

Registros de datos ModBus con los que cuenta un actuador RotorK.

Tabla A1. Registros de datos ModBus

CODIGO	NOMBRE MODBUS	Direccionamiento
1	Leer el estado de la bobina de salida discreta	DISCRETO
2	Leer estado de entrada discreto	DISCRETO
3	Leer Registro de registros de tenencia	REGISTRO
4	Leer registros de entrada Registrarse	REGISTRO
5	Forzar bobina simple discreta	DISCRETO
6	Registro único preestablecido	REGISTRO
7	Leer estado de excepción	
8	Prueba de diagnóstico de bucle invertido	
15	Forzar múltiples bobinas discretas	DISCRETO
16	Registros múltiples preestablecidos	REGISTRO
17	Informar ID de esclavo	

Elaborado por: Santiago Monta, 2019

Código de los registros empleados para el control y lectura de datos de los actuadores Rotork.

Figura A7. Selección de la base de datos ModBus para la realización del diseño del HMI a implementar

BASE DE DATOS MODBUS

Data	Location (Reg / Bit)	Function	Accessed by MODBUS function code								
			01	02	03	04	05	06	15	16	Other
Stop	0	Digital Output	01				05		15		07
Close	1	Digital Output	01				05		15		07
Open	2	Digital Output	01				05		15		07
ESD	3	Digital Output	01				05		15		07
Output DO-1 (extra relay S5)	4	Digital Output	01				05		15		
Output DO-2 (extra relay S6)	5	Digital Output	01				05		15		
Output DO-3 (extra relay S7)	6	Digital Output	01				05		15		
Output DO-4 (extra relay S8)	7	Digital Output	01				05		15		
Actuator moving	0 / 0	Digital Input		02	03	04					
Close position limit	0 / 1	Digital Input		02	03	04					07
Open position limit	0 / 2	Digital Input		02	03	04					07
Valve running close	0 / 3	Digital Input		02	03	04					
Valve running open	0 / 4	Digital Input		02	03	04					
Selector in remote	0 / 5	Digital Input		02	03	04					
Selector in local stop	0 / 6	Digital Input		02	03	04					
Selector in local	0 / 7	Digital Input		02	03	04					
Thermostat tripped	0 / 8	Digital Input		02	03	04					
Monitor relay	0 / 9	Digital Input		02	03	04					07
Valve obstructed	0 / 10	Digital Input		02	03	04					
Valve jammed	0 / 11	Digital Input		02	03	04					
Manual movement	0 / 12	Digital Input		02	03	04					
MIT/Interrupter timer	0 / 13	Digital Input		02	03	04					
Position control enabled	0 / 14	Digital Input		02	03	04					
Watchdog	0 / 15	Digital Input		02	03	04					
Battery low	1 / 16	Digital Input		02	03	04					
Open Interlock input active	1 / 17	Digital Input		02	03	04					
Close Interlock input active	1 / 18	Digital Input		02	03	04					
Hard wired input DI-1	1 / 19	Digital Input		02	03	04					
Hard wired input DI-2	1 / 20	Digital Input		02	03	04					
Hard wired input DI-3	1 / 21	Digital Input		02	03	04					
Hard wired input DI-4	1 / 22	Digital Input		02	03	04					
Slow mode	1 / 23	Digital input		02	03	04					
Instantaneous torque	2 / -	Input register			03	04					
Valve position	3 / -	Input register			03	04					
Analogue input	4 / -	Input register			03	04					
Actuator digital control	5 / -	Output register			03			06		16	
Position demand output	6 / -	Output register			03			06		16	
Action on loss of signal	7 / -	Parameter reg			03			06		16	
Min position	8 / -	Parameter reg			03			06		16	
Max position	9 / -	Parameter reg			03			06		16	
Deadband	10 / -	Parameter reg			03			06		16	
MIT	11 / -	Parameter reg			03			06		16	
Aux mask	12 / -	Parameter reg			03			06		16	
Communications lost position	13 / -	Parameter reg			03			06		16	
Hysteresis	14 / -	Parameter reg			03			06		16	
Slow mode range	15 / -	Parameter reg			03			06		16	
Jammed time	16 / -	Parameter reg			03			06		16	
Manual movement travel	17 / -	Parameter reg			03			06		16	
Watchdog timeout	18 / -	Parameter reg			03			06		16	
ESD DI-4/Net disable	19 / -	Parameter reg			03			06		16	
Analogue input max	20 / -	Parameter reg			03			06		16	
Communications fault timer	21 / -	Parameter reg			03			06		16	
Address	22 / -	Parameter reg			03			06		16	
Baud rate	23 / -	Parameter reg			03			06		16	
Parity, Stop bits	24 / -	Parameter reg			03			06		16	

Elaborado por: Santiago Monta, 2019

ANEXO 3

Figura A8. Diagrama del circuito de un Actuador Modelo RotorK serie IQ

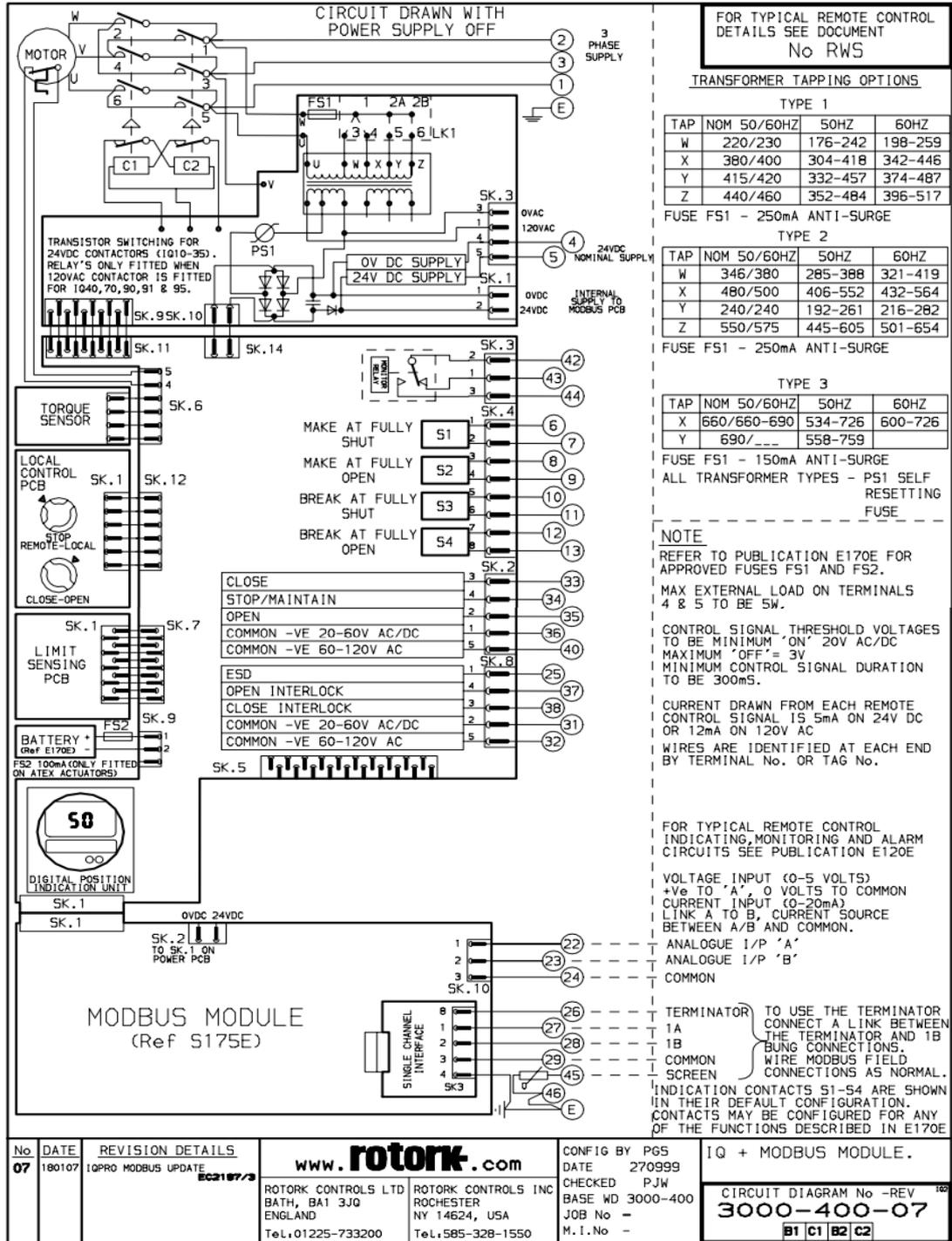


Diagrama del circuito ModBus de un actuador modelo 300-400-07. Fuente: www.rotork.com