

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Electrónica



Control a Distancia de la Estación de Cable Submarino Bribri

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en
Electrónica con el grado académico de Licenciatura**

Ronny Gerardo Gómez Zelada

Cartago, Septiembre de 2008

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
PROYECTO DE GRADUACIÓN
TRIBUNAL EVALUADOR

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del Tribunal



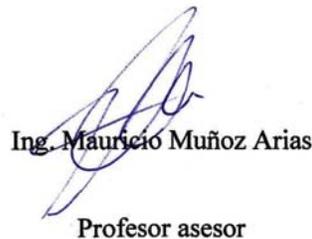
Ing. Julio Stradi Granados

Profesor lector



Ing. Néstor Hernández Hoostaller

Profesor lector



Ing. Mauricio Muñoz Arias

Profesor asesor

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica

Cartago, 10 de septiembre 2008

Lugar y fecha de la presentación

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

Cartago, 11 de Septiembre 2008

Ronny Gómez Zelada
Firma del autor

Ronny Gerardo Gómez Zelada
Céd: 1-1210-0985

RESUMEN

El avance de la tecnología ha incrementado la necesidad de las personas de comunicarse, esto ha hecho que el país se vea en la obligación de suplir esta demanda y para ello ha tenido que invertir, una de estas inversiones es la conexión con los cables submarinos MAYA y ARCOS, estos han permitido ampliar la capacidad de la red de comunicaciones del país.

En la estación Terminal Bribrí se da la interconexión de estos cables submarinos de fibra óptica con la red nacional de telecomunicaciones del ICE, esto convierte a la Terminal en un punto estratégico de la red, ya que es el único punto de entrada de todas las comunicaciones internacionales del país.

Por esta razón es que se hace necesario encontrar una forma de minimizar los riesgos y situaciones críticas que se puedan presentar en esta, al estar desatendida, tales como robos, inundaciones y degradación de servicios en general.

De aquí nace la idea del proyecto, este va a permitir mantener un monitoreo y un control constante de ciertos dispositivos dentro de la estación mediante un sistema que se va a ubicar en la Terminal en Limón y va a enviar los datos a un computador remoto en San José para tener así un mejor manejo de posibles situaciones de riesgo.

Descripción Sintética

Falta de monitoreo y control sobre riesgos y situaciones críticas que se pueden presentar en la estación BriBrí.

Palabras Claves: Cable submarino, fibra óptica, ICE, situaciones de riesgo, degradación de servicios, monitoreo, control, dispositivos.

ABSTRACT

The advance of technology has increased the need for people to communicate, this has meant that the country is under an obligation to meet this demand and this has had to invest, one of these investments is the connection with the submarine cables MAYA and ARCOS and which have expanded the ability of the communications network in the country.

In Bribrí Terminal Station is the interconnection of these fiber optic submarine cable with the national telecommunications network of ICE, this makes the terminal at a strategic point of the network, since it is the only entry point for all communications International country.

For this reason is that it's necessary to find a way to minimize the risks and critical situations that may arise in this to be neglected, such as theft, floods and degradation of services in general.

From here was born the idea of the project, this will allow monitoring and maintaining a constant monitoring of certain devices inside the station through a system that will locate in Terminal in Limon and is sending data to a remote computer San Jose to have a better handling of potential risk.

Synthetic Description

Lack of monitoring and control over risks and critical situations that may occur at the station BriBrí.

Keywords: Submarine cable, fiber optics, ICE, risk situations, degradation of services, monitoring, control, devices.

DEDICATORIA

Este trabajo de graduación está dedicado a todas aquellas personas que influyeron en determinado momento de mi vida para alcanzar esta meta, con su ejemplo, su apoyo, su aliento, sus palabras o sus acciones.

Especialmente está dedicado a mis abuelos por la ilusión que tenían por verme llegar aquí y gracias a Dios pudieron. A William porque siempre ha representado un apoyo para nosotros y finalmente la más importante, a mi mamá, porque ha luchado muchísimo para traerme hasta aquí, porque siempre ha estado para mí, nunca me ha fallado y es gracias a su esfuerzo y su dedicación que la persona que presenta este trabajo hoy tiene la oportunidad de alcanzar este sueño, de finalizar una etapa que representa el cierre de muchos años de esfuerzo, pero que es solo el principio del resto del camino.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer antes que a nadie a Dios por haberme dado la fuerza, las ganas, las oportunidades y la capacidad de alcanzar el final de la carrera, porque los obstáculos que se presentaron durante el camino al final siempre los superé.

Agradezco a todas las personas que tuvieron que ver con mi educación en el Instituto tecnológico, ya que fue de excelente calidad, gracias porque logran transmitir conocimiento y ganas para superarnos como profesionales y como personas.

También debo agradecer al personal del proceso de transporte, del ICE que me recibieron con los brazos abiertos y siempre estuvieron anuentes a guiarme y ayudarme en lo que necesitara y que me dieron la oportunidad de realizar mi proyecto de graduación en esta institución.

Gracias infinitas por estos años de aprendizaje, de buenos y malos ratos, pero que es gracias cada uno de estos que crecemos y logramos superarnos.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 PROBLEMA EXISTENTE E IMPORTANCIA DE SU SOLUCIÓN	12
1.2 SOLUCIÓN SELECCIONADA	13
CAPÍTULO 2: META Y OBJETIVOS	16
2.1 META	16
2.2 OBJETIVO GENERAL	16
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2.3.1 <i>Objetivos de hardware</i>	17
2.3.2 <i>Objetivos de software</i>	18
2.3.3 <i>Objetivos de documentación</i>	18
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO	19
3.1 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC).....	19
3.2 PROTOCOLO MODBUS.....	20
3.2.1 <i>Funciones Modbus</i>	22
3.2.2 <i>Modelo de Datos de Modbus</i>	23
3.3 PROTOCOLO MODBUS TCP	23
3.4 PROTOCOLO MODBUS SERIAL.....	25
3.5 MODBUS EN JAVA.....	26
3.6 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA O PROCESO A MEJORAR	27
3.7 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS	28
CAPÍTULO 4: PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	30
4.1 RECONOCIMIENTO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	30
4.2 OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	31
4.3 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS Y SÍNTESIS DE UNA SOLUCIÓN	33
4.4 IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	38
CAPÍTULO 5: DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA SOLUCIÓN	41
5.1 ANÁLISIS DE SOLUCIONES Y SELECCIÓN FINAL.....	41
5.2 DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE	44
5.2.1 <i>Medición de Corriente en las Baterías</i>	45
5.2.2 <i>Medición de Volumen del Tanque de Combustible</i>	46
5.2.3 <i>Medición de Variables Eléctricas</i>	47
5.2.4 <i>Manejo de Cámaras IP</i>	48
5.2.5 <i>Control de acceso</i>	49
5.2.6 <i>Medición de agua en el piso</i>	50
5.2.7 <i>Router</i>	51
5.2.8 <i>Controlador Lógico Programable</i>	52
5.2.9 <i>Modulo de Entradas Analógicas</i>	53
5.3 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE.....	54
5.3.1 <i>Acceso por Usuario y Contraseña</i>	54
5.3.2 <i>Interfaz Principal</i>	56
5.3.3 <i>Resumen General en Barra de sistema</i>	58
5.3.4 <i>Almacenamiento de Eventos</i>	59

5.3.5	<i>Gestión de Alarmas</i>	61
5.3.6	<i>Generación de Alarmas</i>	62
5.3.7	<i>Cálculo de Volumen del Tanque</i>	65
5.3.8	<i>Lectura de Datos por Modbus TCP</i>	66
5.3.9	<i>Almacenamiento de datos en PLC</i>	68
5.3.10	<i>Recepción de Datos por Modbus RTU</i>	69
5.3.11	<i>Envío de datos sobre la Red Institucional</i>	70
5.3.12	<i>Recepción de datos sobre la Red Institucional</i>	72
CAPÍTULO 6: ANÁLISIS DE RESULTADOS		75
6.1	RESULTADOS Y ANÁLISIS	75
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		78
7.1	CONCLUSIONES	78
7.2	RECOMENDACIONES	79
BIBLIOGRAFÍA		80
APÉNDICES		81
A.1	GLOSARIO, ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA	81
A.2	MANUAL DE USUARIO	83
ANEXOS		93

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA SOLUCIÓN.	15
FIGURA 2. UNIDADES DE DATOS DEL PROTOCOLO MODBUS (PDU).....	22
FIGURA 3. FORMATO DE LA TRAMA DE MODBUS TCP/IP.....	24
FIGURA 4. ARQUITECTURAS DE REDES SERIALES.	25
FIGURA 5. ESTRUCTURA DE UNA ADU.....	25
FIGURA 6. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.....	28
FIGURA 7. DIAGRAMA DE SOLUCIÓN PRELIMINAR.....	34
FIGURA 8. DIAGRAMA FINAL DE SOLUCIÓN.	37
FIGURA 9. SOLUCIÓN CON MICROCONTROLADOR.....	42
FIGURA 10. SOLUCIÓN CON MODULO DE ENTRADAS SALIDAS Y ADAPTADOR DE COMUNICACIONES.	43
FIGURA 11. DIAGRAMA DE BLOQUE DE LA SOLUCIÓN FINAL.....	44
FIGURA 12. DIAGRAMA DE MEDICIÓN DE CORRIENTE DE LAS BATERÍAS.	46
FIGURA 13. SENSOR DE PRESIÓN PARA DE MEDICIÓN DE VOLUMEN DEL TANQUE.	47
FIGURA 14. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE MEDIDOR DE VARIABLES ELÉCTRICAS.	48
FIGURA 15. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE DETECTOR DE AGUA.	50
FIGURA 16. ESTRUCTURA DE RED UTILIZADA.	52
FIGURA 17. MODELO DE TARJETA DE ENTRADAS ANALÓGICAS.	54
FIGURA 18. ALGORITMO PARA RECEPCIÓN Y VERIFICACIÓN DE USUARIO Y CONTRASEÑA.	55
FIGURA 19. IMAGEN DE LA INTERFAZ PARA CONTROL DE ACCESO DE PERSONAS.....	56
FIGURA 20. IMAGEN DE LA INTERFAZ PRINCIPAL DEL PROGRAMA.....	57
FIGURA 21. ESTADOS DE LA BARRA DEL SISTEMA.....	58
FIGURA 22. ALGORITMO UTILIZADO PARA AGREGAR ICONO A LA BARRA DEL SISTEMA.....	58
FIGURA 23. ALGORITMO UTILIZADO PARA ESCRIBIR EN ARCHIVO.	60
FIGURA 24. EJEMPLO DE ARCHIVO DE TEXTO.	61
FIGURA 25. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA GESTIÓN DE ALARMAS.	62
FIGURA 26. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA GENERACIÓN DE ALARMAS.	64
FIGURA 27. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA RECEPCIÓN DE DATOS POR MODBUS TCP.	67
FIGURA 28. DIAGRAMA DE FLUJO DEL ALMACENAMIENTO DE DATOS EN EL PLC.	68
FIGURA 29. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA RECEPCIÓN DE DATOS POR MODBUS RTU.....	70
FIGURA 30. DIAGRAMA DE FLUJO DEL ENVÍO DE DATOS POR MODBUS RTU.....	72
FIGURA 31. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA RECEPCIÓN DE DATOS POR TCP / IP.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. TIPOS DE DATOS BÁSICOS PARA MODBUS.	23
TABLA 2. LISTA COMPLETA DE DISPOSITIVOS DE LA ESTACIÓN.	32
TABLA 3. LISTA DE DISPOSITIVOS A MONITOREAR DENTRO DEL PROYECTO.	35
TABLA 4. LISTA DE MATERIALES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.	36

Capítulo 1: Introducción

El avance de la tecnología ha incrementado la necesidad de las personas de comunicarse, ya que se brindan gran cantidad de facilidades para ello. Hoy día se logra reunir en un teléfono celular un sin número de funciones, el Internet ha alcanzado velocidades que antes no se pensaban, estas y otras aplicaciones han provocado un disparo en la demanda de las comunicaciones tanto dentro del país como con lugares fuera de nuestras fronteras.

Esto ha hecho que el país se vea en la obligación de suplir esta demanda, para ello ha tenido que invertir, una de estas inversiones es la conexión con los cables submarinos ARCOS y MAYA los cuales han permitido ampliar la capacidad de la red de comunicaciones del país. El primero contó con una capacidad inicial de 6048 sistemas de 2Mbps y final de 387 072 sistemas de 2Mbps mientras que con el segundo se espera adquirir una capacidad extra de 1512 sistemas de 2Mbps.

El punto de aterrizaje de ambos cables en el país, es la Estación Terminal Bribri que se encuentra en Cerro Garrón, Puerto Limón, en la zona denominada Cieneguita. Esta estación permite la interconexión de los cables submarinos a la red nacional de telecomunicaciones del ICE de una manera rápida, óptima y confiable.

Esta terminal es en la actualidad el único punto de entrada de todas las comunicaciones internacionales del país, por esta razón se hace necesario encontrar una forma de minimizar los riesgos y situaciones críticas que se puedan presentar en esta al estar desatendida, tales como robos, inundaciones y degradación de servicios en general.

1.1 Problema existente e importancia de su solución

La estación terminal Bribri comenzó a funcionar en 1999, en esta se realiza la conexión de los cables submarinos internacionales de fibra óptica con la red nacional de telecomunicaciones, por lo que cuenta con una serie de equipos de alto costo e importancia para las comunicaciones del país, por esta razón se convierte en una necesidad proteger la integridad de esta ante cualquier eventualidad.

La estación se encuentra ubicada en la provincia de Limón, más específicamente en Cerro Garrón. En Costa Rica se conoce a esta provincia como una localidad de alto riesgo debido principalmente a dos razones, primero la alta tasa de delincuencia existente y segundo porque ha sido golpeada numerosas ocasiones por fenómenos naturales como inundaciones, huracanes y terremotos. Estas razones son la base para justificar la preocupación existente por la seguridad de la estación.

La terminal se encuentra en un edificio de dos plantas, que cuenta 14 accesos externos, 6 puertas y 8 ventanas, estos son los únicos puntos de entrada y por lo tanto los puntos críticos donde se podría dar el ingreso de personas ajenas a la estación, así como de agua producto de inundaciones o de vientos fuertes, los cuales pondrían en riesgo la seguridad del lugar.

Se pretende instalar cámaras de seguridad externas e internas para monitorear sectores importantes de la estación, con lo que se incrementaría la seguridad de la misma. Además del ingreso de personas no autorizadas se deben tener en cuenta otros riesgos internos tales como fugas de agua, incendios, falta de combustible de la planta eléctrica, que pueden poner en peligro los equipos dentro de la estación.

Hasta el momento los inconvenientes que se han presentado en el lugar no han provocado consecuencias graves sin embargo, al ser la estación el punto de conexión de todas las comunicaciones de Costa Rica con el resto del mundo, es un punto vulnerable y muy importante por lo que debe ser asegurado, tomando todas las previsiones necesarias.

1.2 Solución Seleccionada

Restricciones o requerimientos de la empresa:

- Implementación de funciones a través de tecnología PLC (Controlador Lógico Programable).
- Minimizar los riesgos y situaciones críticas que se puedan dar en una estación desatendida, tales como robos, inundaciones, degradación de servicios, entre otros.
- Posibilidad de que en estaciones desatendidas y donde se tenga algún riesgo sobre todo natural, se pueda tener monitoreo de por medio de diferentes variables importantes que permitan verificar la continuidad de la operación de la estación.
- Se busca primero que nada salvaguardar la integridad de las personas y además, la integridad de los equipos dentro de la estación.
- El acceso a esta tecnología se hace mediante la interconexión que brinda la misma estación ya sea por acceso vía Internet, por una salida convencional a la red institucional o por Internet vía satelital en caso de un colapso o degradación de servicios.

Para solucionar el problema se va a implementar un sistema que permita recibir información de los diferentes dispositivos ubicados en la estación, por medio de un computador local que va a estar enviando la información a un computador remoto ubicado en cualquier lugar con una conexión a Internet o intranet, con su respectivo nivel de acceso.

Para cumplir esta solución es necesario primero contar con un medio de comunicación entre el computador y los dispositivos, para ello se va a utilizar una base de entradas analógicas que va a permitir recibir información de los sensores y comunicar estos con el PLC que va a almacenar los valores recibidos en sus registros y los va a enviar vía Modbus TCP/IP a la computadora por el puerto RJ-45, esto va a permitir al computador procesar la información recibida y realizar las acciones correspondientes (disparo de alarmas, almacenamiento de fechas de eventos) así como enviar los comandos definidos al PLC que se encargará de comunicárselo a los dispositivos.

Se va a utilizar el protocolo de comunicación Modbus en 2 de sus variantes, Modbus RTU y Modbus TCP/IP, debido a que este protocolo cumple con ciertas características requeridas, entre ellas: es público, de fácil implementación y se pueda utilizar en puerto serie como en Ethernet, además de es el de más uso a nivel industrial y que se basa en la arquitectura maestro/esclavo por lo que es muy utilizado para controlar redes de dispositivos.

También se debe lograr una comunicación segura entre ambos computadores por medio de la red, ya que si no cualquier persona podría tener acceso al control de la terminal, es por esta razón que se van a establecer niveles de seguridad, vía software, que le permitan al usuario acceder a las funciones de la aplicación.

En la Figura 1, se observa el diagrama de bloques de la solución, en el cual se muestra gráficamente la manera en que se va a desarrollar la solución descrita anteriormente, además permite tener una mejor visualización del diseño de la solución y de la interconexión de los equipos, el diagrama contiene algunos detalles que se verán posteriormente en el capítulo 5.

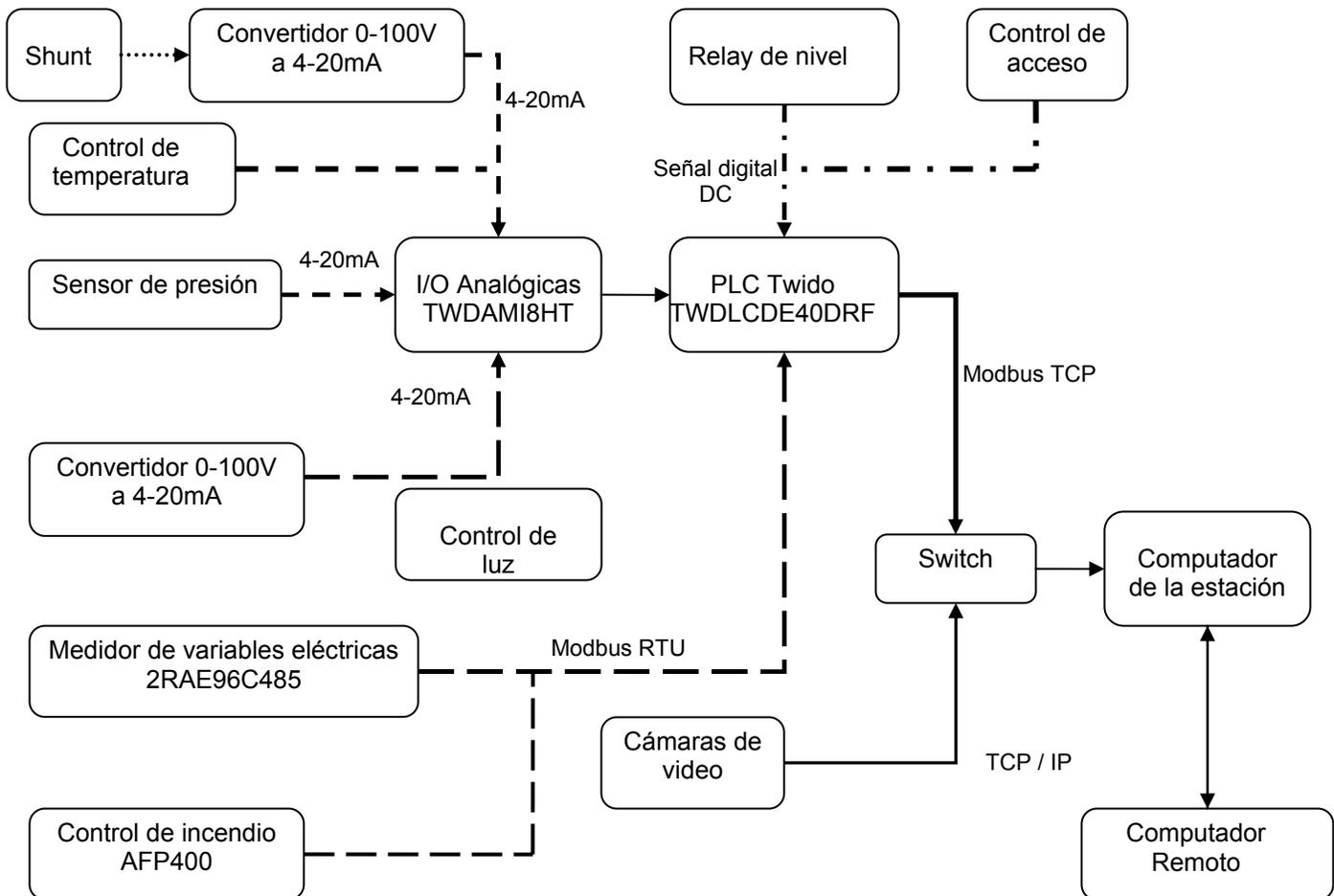


Figura 1. Diagrama de bloques de la solución.

Capítulo 2: Meta y Objetivos

2.1 Meta

Desarrollar un sistema que permita a los encargados de la estación Brirí responder de manera más rápida y precisa ante un evento generado por uno de los dispositivos de la estación.

2.2 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema que monitoree de forma remota los puntos de acceso, el nivel de combustible de la planta eléctrica, los niveles de agua en el piso y las cámaras de video de la estación terminal Brirí.

Indicador: Cada uno de los comandos seleccionados desde un computador remoto se cumplan en el dispositivo deseado de la estación terminal.

2.3 Objetivos específicos

1. Analizar y clasificar los dispositivos a controlar conforme a parámetros de controladores y transductores requeridos.

Indicador: Obtener una tabla con los parámetros de los dispositivos a controlar y los transductores requeridos para cada uno de ellos.

2. Investigar los parámetros de monitoreo requeridos para la toma de decisiones y la generación de alarmas.

Indicador: Tener una lista de los valores máximos y mínimos de los dispositivos y las acciones a tomar al suceder determinado evento.

3. Programar un protocolo de comunicación entre el computador de la estación y los diferentes dispositivos de la terminal.

Indicador: Los comandos aplicados desde el computador de la terminal se cumplen en el dispositivo deseado de la estación.

4. Implementar la comunicación entre los computadores de la terminal y del punto remoto y viceversa mediante la red.

Indicador: Los comandos aplicados desde uno de los computadores se reciben de igual forma en el otro computador

5. Desarrollar una interfaz gráfica que muestre la información de la terminal y que permita seleccionar el dispositivo que se quiere controlar en la planta.

Indicador: La interfaz muestra los elementos que se pueden controlar en la planta y la información recibida de la terminal.

2.3.1 Objetivos de hardware

1. Analizar y clasificar los dispositivos a controlar conforme a parámetros de controladores y transductores requeridos.

Indicador: Obtener una tabla con los parámetros de los dispositivos a controlar y los transductores requeridos para cada uno de ellos.

2. Investigar los parámetros de monitoreo requeridos para la toma de decisiones y la generación de alarmas.

Indicador: Tener una lista de los valores máximos y mínimos de los dispositivos y las acciones a tomar al suceder determinado evento.

3. Programar un protocolo de comunicación entre el computador de la estación y los diferentes dispositivos de la terminal.

Indicador: Los comandos aplicados desde el computador de la terminal se cumplen en el dispositivo deseado de la estación.

2.3.2 *Objetivos de software*

1. Implementar la comunicación entre los computadores de la terminal y del punto remoto y viceversa mediante la red de internet.

Indicador: Los comandos aplicados desde uno de los computadores se reciben de igual forma en el otro computador.

2. Desarrollar una interfaz gráfica que muestre la información de la terminal y que permita seleccionar el dispositivo que se quiere controlar en la planta.

Indicador: La interfaz muestra los elementos que se pueden controlar en la planta y la información recibida de la terminal.

2.3.3 *Objetivos de documentación*

1. Elaborar un manual de Operación y Mantenimiento, para las aplicaciones de software y hardware desarrollado.

Indicador: Impresión de un documento explicativo del sistema desarrollado.

Capítulo 3: Marco Teórico

3.1 Controladores Lógicos Programables (PLC)

Esta tecnología se remonta a finales de los 60's, cuando se buscaron soluciones tecnológicas más eficientes para reemplazar los circuitos con relees e interruptores y así suplir las necesidades de la automatización de la industria automotriz.

Con base en la definición dada por la NEMA (National Electrical Manufacturers Association) se puede decir que un controlador lógico programable es:

"Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones, para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales o analógicos, varios tipos de máquinas o procesos"².

En la actualidad son muy utilizados en la industria tanto para la lógica de funcionamiento de las máquinas como para operaciones aritméticas, manejo de señales analógicas, además de que se pueden comunicar con computadoras por medio de redes de área local, precisamente esta es la aplicación que se va a dar dentro del proyecto.

Generalmente se utilizan para el control de procesos, ya que brinda grandes facilidades para la detección de eventos, la toma de decisiones y la comunicación, por lo que es común su aplicación en sistemas de monitoreo y supervisión. Los PLC cuentan con un número determinado de entradas y salidas ya sean analógicas o digitales, sin embargo cuentan con la versatilidad de que se pueden agregar módulos que se acoplan directamente con ellos, brindándole mayores capacidades de manejo de dispositivos, de acuerdo a las necesidades de la aplicación.

Un PLC se compone de dos partes básicas:

Sección Operativa:

Es la que contiene los actuadores necesarios para cumplir las órdenes, por ejemplo: el motor eléctrico para cerrar una bomba.

Sección de Comando:

Es la que se encarga de recoger las señales y emitir las órdenes hacia la sección operativa, está basada en técnicas de lógica programada.

Para este proyecto en particular se va a utilizar un PLC marca TWIDO modelo TWDLCE40DRF, el cual tiene algunas características importantes como: 2 puertos serie con protocolo RS 485 o Modbus RTU, Puerto Ethernet 10Mbps/100Mps, 24 entradas digitales de 0 a 24V DC, 14 Salidas de Relee hasta 1A de corriente, conexión hasta de 7 módulos de ampliación.

Sin embargo no se va a utilizar toda la capacidad del PLC para no perder la orientación de diseño del proyecto, únicamente se va a utilizar como una interfaz entre los sensores y la computadora, ya que se va a encargar de recibir las señales analógicas de los sensores, por medio de un módulo de entradas analógicas (TWDAMI8HT), almacenar los valores leídos en registros y enviar esta información a la PC por medio del puerto Ethernet integrado y bajo el protocolo Modbus TCP.

3.2 Protocolo Modbus

El protocolo Modbus fue desarrollado en 1979 por Modicom, se utiliza para establecer una comunicación maestro-esclavo / cliente-servidor entre dispositivos, posteriormente se convirtió en protocolo abierto y en el más utilizado a nivel industrial.

Este protocolo se utiliza principalmente en aplicaciones maestro-esclavo para monitorear y programar dispositivos, para comunicar dispositivos inteligentes con sensores o instrumentos, las principales ventajas son: Es de dominio público, es de fácil de implementar y puede manejar bloques de datos.

Modbus es un protocolo de la capa de aplicación del modelo OSI, está basado en transacciones, las cuales consisten en una petición (Request, dado por el cliente) y un respuesta (response, dada por el servidor).

La comunicación está basada en un paquete simple, llamado Protocol Data Unit (PDU). Las especificaciones del protocolo definen 3 tipos de PDU's (Ver Figura 2):

- **Request PDU:**
 1. Un código que especifica una función. (*Código de Función*, 1 byte).
 2. Datos específicos de la función (Function Data, número de bytes variables).

- **Response PDU:**
 1. Código de función, correspondiente a la petición (Request) (*Código de Función*, 1 byte).
 2. Datos específicos de la respuesta (Response Data, número de bytes variables).

- **Exception Response PDU:**
 1. Código de función, correspondiente a la petición +0x80 (128) (*Código de Error*, 1 byte).
 2. Código que especifica la excepción (Exception Code, 1 byte).

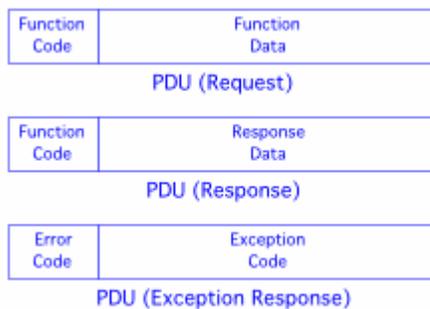


Figura 2. Unidades de Datos del protocolo Modbus (PDU)

3.2.1 Funciones Modbus

Las especificaciones del protocolo definen un número determinado de funciones, cada una de ellas asignada a un código de función. Se encuentran en el rango de 1 a 127 (decimal), así como $129_{(1+128)}$ - $255_{(127+128)}$ representan el rango de códigos de error. La más nueva especificación del protocolo define las categorías de los códigos de función en:

Públicos: Se garantiza que son únicos y definen las funciones, que ya se han hecho públicas y documentadas.

Definidos por el usuario: Están disponibles para funciones definidas por el usuario, los códigos no necesariamente son únicos. Los rangos de los códigos se definen de 65-72 y 100-110.

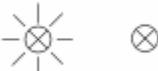
Reservados: Estos están siendo usados actualmente por empresas, para productos que todavía no están disponibles para uso público.

La documentación para una función consiste en: la descripción de la función, parámetros, valores de retorno, código de función, Request PDU, Response PDU y el Exception Response PDU.

3.2.2 Modelo de Datos de Modbus

Las funciones públicas básicas han sido desarrolladas para intercambiar datos, típicamente en el campo de la automatización. La tabla a continuación (Tabla 1) muestra los tipos de datos básicos de Modbus definidos en la especificación del protocolo:

Tabla 1. Tipos de datos básicos para Modbus.

Nombre	Tipo	Acceso	Visual
Entrada Discreta	1 bit	Solo lectura	
Salida Discreta	1 bit	Lectura / escritura	
Registros de Entrada	16-bit	Lectura / escritura	
Registros	16-bit	Lectura / escritura	

3.3 Protocolo Modbus TCP

TCP/IP es el protocolo de transporte utilizado en Internet, provee un confiable mecanismo de transporte de datos entre máquina, además Ethernet se ha convertido en el estándar de las empresas y casi todos los sistemas empresariales del mundo. El uso de Ethernet TCP/IP permite una verdadera integración con la intranet corporativa, la adaptación de Modbus a esta tecnología se desarrollo en 1999 con el protocolo Modbus TCP/IP.

Esto permitió combinar la versatilidad y escalabilidad de una red Física como Ethernet, con un protocolo universal de red (TCP/IP) y una forma de representación de datos, que generan un Modbus accesible para el intercambio de datos por red y que es fácil de aplicar a cualquier dispositivo con soporte TCP / IP.

Las razones para utilizar Modbus TCP/IP son varias, entre ellas se encuentran:

Protocolo abierto: La especificación del protocolo se puede descargar en forma gratuita (http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b.pdf) y no es necesario tener licencia. Además se puede encontrar código muestra y ejemplos de aplicación.

Simple: únicamente toma un conjunto de instrucciones Modbus y lo encapsula en tramas TCP/IP.

Bajo costo: se puede utilizar con tarjetas Ethernet estándar de una PC por lo que no hay que invertir grandes cantidades en hardware para darle soporte.

Aplicable a muchos dispositivos: Permite operar entre dispositivos de diferentes proveedores.

El protocolo Modbus TCP/IP lo que hace es encapsular una trama Modbus en un segmento TCP, donde este último da un servicio orientado a conexión, lo que quiere decir que toda petición espera una respuesta. En la Figura 3 se muestra el formato de una trama de datos bajo el protocolo Modbus TCP/IP.

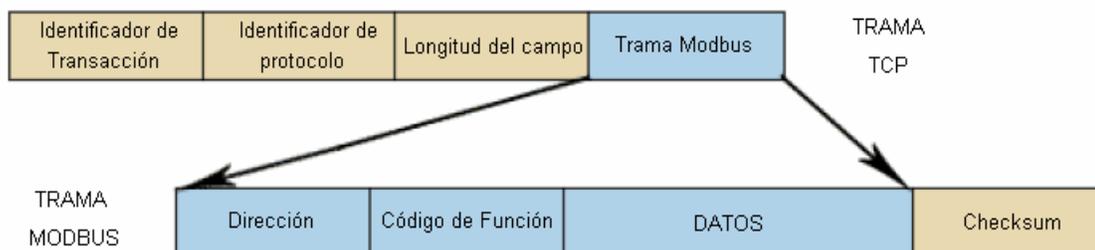


Figura 3. Formato de la trama de Modbus TCP/IP.

3.4 Protocolo Modbus Serial

El protocolo Modbus comenzó como una aplicación de red serie, las dos interfaces más comunes son RS 232 y RS 422 / RS 485. La primera se utiliza para distancias cortas en comunicaciones punto a punto, la segunda es una extensión bidireccional del RS 232 para un ambiente industrial, mientras que RS 485 puede ser utilizado en comunicaciones multipunto, en la Figura 4 se observan las diferentes arquitecturas seriales.

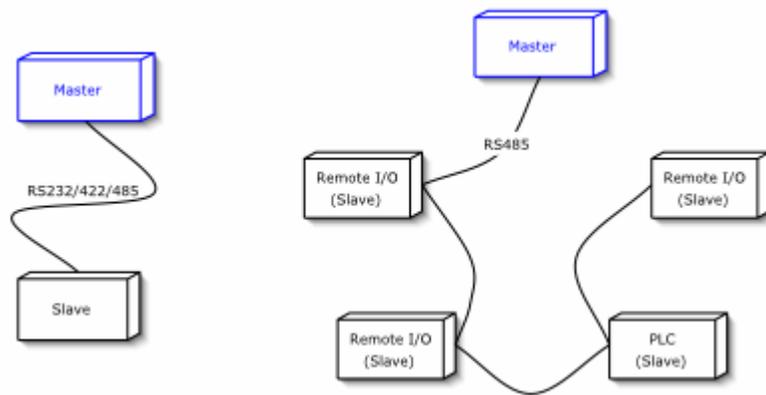


Figura 4. Arquitecturas de redes seriales.

Para habilitar este tipo de comunicación, se implementa una extensión del paquete PDU con campos adicionales, lo que hace es añadir al PDU un paquete con un encabezado y un chequeo de error, la trama final se conoce como Application Data Unit (ADU) con un tamaño máximo de 256 Bytes.



Figura 5. Estructura de una ADU.

El encabezado está compuesto por la dirección de campo (1 byte) y el final contiene el chequeo de errores de todo el paquete. Para la transmisión el mensaje Modbus se pone dentro de una trama con inicio y final conocidos, permitiendo la detección del inicio y fin del mensaje. Existen 2 modos de transmisión con codificaciones diferentes:

ASCII

Las tramas están codificadas en 2 caracteres ASCII por byte, se representa en notación hexadecimal, el chequeo de errores se representa por redundancia longitudinal (LRC, 1 byte) y el inicio del mensaje está definido por dos puntos (':',0x3A) y el final con un salto de línea ('CRLF',0x0D0A).

RTU

Las tramas son transmitidas en binario para lograr una mayor densidad de datos. El chequeo de errores se da por control de redundancia cíclica (16 bit CRC, 2 bytes), los mensajes inician y terminan con un intervalo de silencio de al menos 3,5 veces el tiempo del carácter. Además la máxima pausa que puede existir entre dos bytes de caracteres es de 1,5 veces.

3.5 Modbus en JAVA

La conexión del PLC con la computadora se va a hacer por medio de el protocolo Modbus TCP/IP, por lo que es necesario desarrollar una interfaz de software capaz de manejar este protocolo, para ello se va a utilizar el lenguaje JAVA, añadiendo la librería JAMOD.

Esta librería es una implementación de Modbus 100% en Java, se puede utilizar para las arquitecturas maestro-esclavo y para las diferentes variantes del protocolo: Serial (ASCII y RTU) e IP (TCP, UDP). El diseño de la biblioteca está completamente orientado a objetos, además está basado en abstracciones que lo hacen de fácil entendimiento, reutilización y extensibilidad.

3.6 Descripción del sistema o proceso a mejorar

En la terminal Bribri se manejan actualmente todas las comunicaciones internacionales del país, por lo cual es un punto muy importante dentro de la red nacional de telecomunicaciones. Este proyecto pretende minimizar los riesgos y que se puedan presentar en la estación al estar desatendida, tales como robos, inundaciones y degradación de servicios en general.

Mediante la implementación del proyecto, la estación va a tener un sistema que le va a informar a los encargados de esta en todo momento, que estén conectados al programa, el estado de los dispositivos de la estación, además que va a quedar abierto a nuevas implementaciones donde se puedan controlar salidas a partir de esta información.

El sistema va a medir diferentes parámetros de los dispositivos en la estación por medio de sensores, estos envían la información al modulo de entradas analógicas que a su vez los comunica con el PLC que almacena la información en sus registros y los va a comunicar con la PC remota, este proceso se puede ilustrar de mejor manera en la Figura 6.

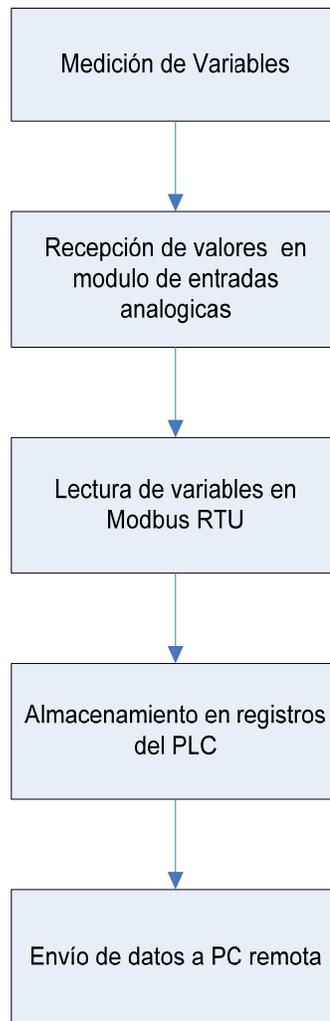


Figura 6. Diagrama de flujo del proceso.

3.7 Antecedentes Bibliográficos

En estos momentos los PLC es una tecnología que tiene más de 30 años de estar en el mercado, sin embargo cada día pueden desarrollar más acciones, hoy en día se utilizan en todo el mundo, en diferentes sectores de la industria para monitoreo, control y automatización de procesos.

Pese a ser una tecnología con tantos años, se ha mantenido en el mercado y se ha adaptado a los cambios del mundo, ya que permite que las aplicaciones sean hechas a la medida, un gran ahorro de componentes y actualiza su funcionamiento a las nuevas tecnologías.

Tal es el caso de las redes IP, las cuales hoy en día la mayoría de las empresas cuentan estas para la comunicación entre computadoras, los PLC se ha adaptado a los desarrollos del mundo en Ethernet, permitiendo la comunicación entre ellos y cualquier computador con una tarjeta de red estándar, mediante protocolos industriales como Modbus, consiguiendo una comunicación más rápida, confiable y accesible para todos por medio de las redes.

El tipo de tecnología que se va a utilizar en el proyecto es de la actualidad, es hacia donde están migrando las empresas, los controles y monitoreos vía IP. Actualmente existen muchos dispositivos que ya cuentan con conexiones IP que permiten adaptarlos directamente a un computador y si no tienen estas se pueden adaptar a ellas por medio de una interfaz (PLC) por lo que abre una amplia gama de posibilidades de dispositivos capaces de ser monitoreados o controlados por medio de la red.

Capítulo 4: Procedimiento Metodológico

Para el desarrollo e implementación del proyecto es necesario seguir diferentes etapas de diseño, estas se basan en el método de diseño en ingeniería y van a permitir llegar a la solución del problema. En este apartado se van a describir las etapas de este método que se han seguido dentro de este proyecto en particular.

4.1 Reconocimiento y definición del problema

En primera instancia se tiene el perfil del proyecto solicitado por la Dirección Técnica de Operación y Mantenimiento (DTOM) y aprobado por la Gerencia General, este perfil contiene ciertos aspectos y pautas importantes a seguir como: el enfoque que se le quería dar al proyecto, la descripción, la visión ejecutiva, entre otras.

Con base en este documento, una investigación de los procesos que se llevan a cabo en la estación y una entrevista con uno de los encargados de la estación se elaboró el anteproyecto, que contenía los objetivos, las restricciones, los alcances y la propuesta de solución.

Una vez que se comenzó con el proyecto de graduación se realizaron diferentes actividades para encaminarse al cumplimiento de los objetivos, entre ellas una visita a la estación terminal, para observar cada uno de los equipos, su distribución, sus puertos de comunicación, etc. Una entrevista con el Ing. Daniel Prado, encargado de otros proyectos similares en otro departamento de la institución, la cual sirvió mucho para identificar posibles problemas o limitaciones futuras.

A partir del cumplimiento de estas actividades se pudieron definir adecuadamente las restricciones del proyecto, así como de cuales equipos se podía obtener información y cuáles no, las adaptaciones necesarias para su comunicación, además se determinó la lista de componentes requeridos para cumplir con los objetivos. Con las entrevistas se obtuvo conocimiento de la experiencia de otros ingenieros en proyectos similares, esto permitió comprobar las ventajas y encontrar debilidades que se presentan con el enfoque de solución propuesto.

4.2 Obtención y análisis de información

Desde que se recibió el perfil preliminar del proyecto se procedió a realizar una investigación en Internet sobre el proceso que se realiza en la estación, que es la interconexión de los cables submarinos ARCOS y MAYA con la red nacional de telecomunicaciones.

Se conversó vía telefónica con los encargados de la estación para conocer acerca del funcionamiento de la misma, de las debilidades o problemas con los que, a criterio de ellos y por experiencia propia, se tienen y a los que se podría encontrar expuesta la estación.

Con base en esta información se realizó un análisis detallado de cada uno de los dispositivos que se encuentran en la planta, para determinar cuales de ellos cuentan con algún tipo comunicación o alguna forma de medir sus parámetros, para ser monitoreados por el sistema. Con estos datos se construyó la Tabla 2, que muestra una lista de los equipos que se pueden monitorear en el sistema de automatización de la planta, el estado actual que tienen, si poseen forma de comunicación y si es necesario realizarle modificaciones, ya sean sensores o convertidores.

Tabla 2. Lista completa de dispositivos de la estación.

Dispositivo	Cantidad	Estado Actual	Comunicación	Adaptaciones
Puertas de ingreso	6	Lector Magnético	Si	No
Puertas internas	5	Lector Magnético	Si	No
Portón de ingreso	1	No hay	No	Cerradura Eléctrica
Control de incendio	1	Notifier AFP400	Rs – 232 / 25 pin	Convertidor de protocolo
Tanque de combustible	1	Supervisión local	No	Sensor sumergible
Nivel de agua	1	No Existe	No	Sensor
Cámaras Ext.	4	Coaxial	TCP / IP	No
Cámaras Int.	4	Coaxial	TCP / IP	No
Rectificadores DC	1	Lorain 1231A2	No	Convertidor 0 -100V a 4mA – 20mA
Rectificadores DC	1	Siemens Power Suply Ks5005	No	Convertidor 0 -100V a 4mA – 20mA
Sistema de corriente alterna	1	Sin supervision	No	Medidor de variables
Iluminación	15	No Existe	No	Detector de temperatura y movimiento
UPS	1	MGE ups system, EPS-3012/22,66	No	No
Planta de emergencia	1	ONAN, DGEA-3374129	No	No
Aire acondicionado	3	Libert ET060SRVFOA	No	Sensor de Temperatura
Aire acondicionado	4	Mitsubishi PU-NJA	No	Sensor de Temperatura
Aire acondicionado	1	Pionner AH030GDA	No	Sensor de Temperatura
Aire acondicionado	1	Aires Goodman manufacturing CK30-1T	No	Sensor de Temperatura
Transferencia automática	1	PLC MODICOM TSX NANO	No	No
Bombas de agua	0	No Existe	No	No Existe
Cierre de agua	0	No Existe	No	No Existe
Estación meteorológica	0	No Existe	No	No Existe

Además se consultó con el Ing. Daniel Prado, que cuenta con experiencia en este campo por una implementación similar que realizó el departamento de electromecánica, acerca de los dispositivos que se iban a manejar y el esquema de la solución, para determinar si le encontraba algún error a la solución o tenía alguna observación. Con base en esto se tomo la decisión, por seguridad, de realizar la comunicación de los 2 computadores por medio de la red interna institucional y no por la red de Internet, para que los datos sean más seguros y no sean accesibles a personas ajenas a la institución.

4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de una solución

Una vez que se tiene la información de los diferentes dispositivos de la terminal, se consultaron los archivos de la Licitación por registro 75-04, "*Módulos PLC's e Interfaces Power Meter para el sistema SCADA*", AMPOS I y II, para realizar una investigación de los tipos de componentes utilizados por el proceso de electromecánica en un proyecto similar en el año 2005, de donde se observaron las especificaciones de algunos modelos de sensores, de tarjetas de entrada salida y adaptadores de comunicaciones, además permitió tener una idea más clara de los precios los componentes necesarios.

Originalmente se planteó un primer diagrama de solución, donde los dispositivos se conectaban a un modulo entrada / salida y enviaban la información a través de un adaptador de comunicaciones con salida Ethernet al computador local y finalmente al computador remoto por Internet.

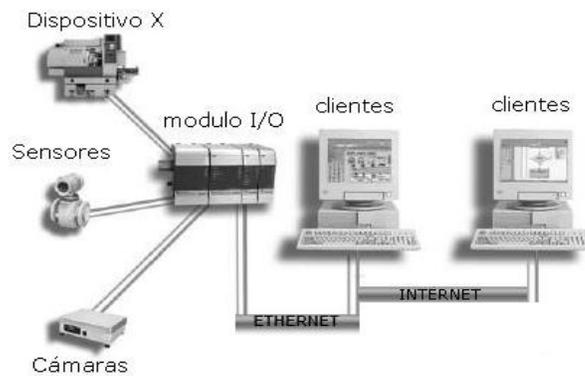


Figura 7. Diagrama de solución preliminar.

Se obtuvo información más detallada de costos, protocolos de comunicación y equipos, a partir de las especificaciones de los dispositivos investigados anteriormente. Para ello se obtuvo información de Internet, de cuáles eran los modelos de componentes que podían ser útiles dentro de este proyecto. Basándose en el precio de los componentes, las prioridades de la planta y el tiempo de ejecución del proyecto, se recortó la lista de componentes por controlar a los que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Lista de dispositivos a monitorear dentro del proyecto.

Dispositivo	Cantidad	Estado Actual	Comunicación	Adaptaciones
Puertas de ingreso	1	Lector Magnético	Si	No
Puertas internas	4	Lector Magnético	Si	No
Tanque de combustible	1	Supervisión local	No	Sensor sumergible
Nivel de agua	1	No Existe	No	Sensor
Cámaras Ext.	4	Coaxial	TCP / IP	No
Cámaras Int.	4	Coaxial	TCP / IP	No
Rectificadores DC	1	Lorain 1231A2	No	Convertidor Universal 0 -100V a 4mA – 20mA
Rectificadores DC	1	Siemens Power Suply Ks5005	No	Convertidor Universal 0 -100V a 4mA – 20mA
Sistema de corriente alterna	1	-----	No	Medidor de Variables Eléctricas

Con base en las características de funcionamiento y comunicación de los componentes investigados se obtuvo la Tabla 4, donde se muestran los componentes necesarios para la comunicar los dispositivos seleccionados con la computadora y que van a permitir la implementación de la solución, cada uno de ellos con su respectivo modelo, cantidad y descripción.

Tabla 4. Lista de materiales para la implementación del proyecto.

Cant		Modelo	Descripción
1	PLC	TWDLCD E40DRF	Compact Base Unit CD,24 In DC,14 Out Relay (2A),2 Out trans sce (1A), Non-Rem Screw Term Blk (expandable up to 7 I/O modules) With Ethernet port included
1	Tarjeta de Expansión	TWDAMI 8HT	Expansion, analog 8 In (10 bits), 0-10V, 0-20mA, Rem Screw Term blk
1	Software y cables	XSDRIN- 01	Software de programación + cable serial
1			Adaptador extra RS485
1	Sensor de presión	7MF1570	Sensor de presión sumergible
4	Sensor de presencia de agua		Electrodo
2		S72ES	Relay de Control de nivel
2	Medición		Shunts 0 a 50mV
4	Rectificador 48V - 800A		Convertidores de 0 – 100V a 4mA – 20mA
1	Medición de V, I, KW, etc	2RAE96 C485	Medición de Variables eléctricas
1	Fuente		Fuente CD – CD de 48V – 24V

Los materiales de la tabla anterior se pueden ver ubicados en el esquema de la propuesta final de la solución (Ver Figura 8), en esta se cambio el adaptador de comunicaciones, por un PLC, ya que realiza la misma función pero permite al sistema permanecer abierto a ampliaciones posteriores, ya que cuenta con salidas para manejar diferentes actuadores, además que es más económico y más pequeño. Se construyó el diagrama de la Figura 8, este se muestran los modelos de los equipos a utilizar, los protocolos de comunicación entre cada uno de ellos y da una visión amplia de cómo se va a resolver el problema.

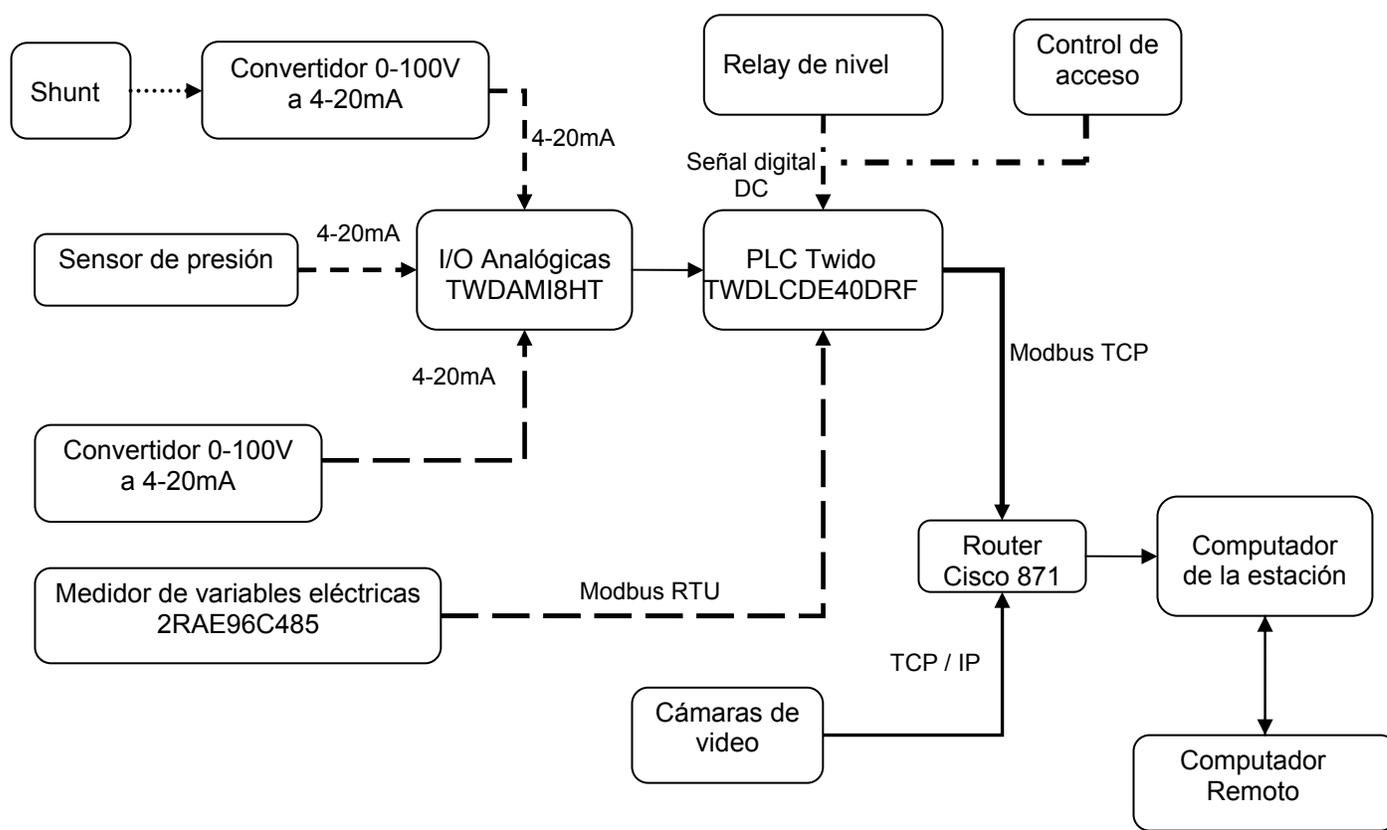


Figura 8. Diagrama final de solución.

La validez de esta solución se verificó mediante una simulación utilizando JAVA, estableciendo comunicación entre 3 computadoras de la red institucional, una corriendo un programa que simulaba los registros del PLC, una que funcionaba como servidor, recibiendo información mediante Modbus TCP/IP desde los registros y la última que corre la aplicación *cliente* por TCP/IP y se comunica con el servidor.

Además se determinó, analizando los costos de las diferentes cotizaciones, que esta solución propuesta con PLC es más económica que la que utilizaba adaptador de comunicaciones, también se concluye con base en las especificaciones técnicas que esta solución tiene un mejor desempeño debido a que, aunque no se explotan todas las capacidades del PLC dentro de este proyecto, va a permitir de forma fácil y económica ampliaciones futuras del mismo.

4.4 Implementación de la solución

Una vez que el diseño se presentó en las reuniones de control a los encargados del proyecto, quienes tenían que dar el visto bueno sobre este y sobre los componentes por adquirir, se obtuvo el aval de ellos y se procedió a realizar el proceso de compra de componentes. Se obtuvieron 3 cotizaciones de diferentes proveedores, hubo necesidad de eliminar algunos puntos pensados inicialmente como el control de las luces, de la temperatura de aires acondicionados, de cerrar puertas, poner cámaras IP nuevas, ya que el presupuesto se pasaba del monto con el que se puede hacer compra directa, por lo que hubiera sido necesario hacer una licitación y se hubiera retrasado mucho la implementación del proyecto.

Para evitar esta situación se determinaron algunos puntos esenciales de monitoreo, que son con los que se va a trabajar en esta parte del proyecto (Ver Tabla 3, p33). Por lo tanto la solución planteada originalmente sufrió dos modificaciones importantes, primero la retirada del control de luces, de aires acondicionados y del control de incendio, para que la compra de componentes cumpliera con los tiempos establecidos y segundo el cambio del adaptador de comunicaciones por un PLC con salida Ethernet, ya que este resulta más económico y más funcional que el primero, sin embargo cabe destacar que en esta parte del proyecto va a sub utilizarse, ya que funciona únicamente como un esclavo de la computadora, enviando a este la información digital de las señales analógicas de los sensores.

Después de realizar la compra se tenía que esperar un tiempo para la entrega de los componentes, durante este tiempo se realizó el diseño e implementación del software. Se utilizó el lenguaje JAVA para el software, se programo una interfaz gráfica que permitiera al usuario un fácil acceso a todos los datos de la estación, como se mostrará más adelante, luego se procedió a investigar cómo se realiza el envío de datos entre dos PC en JAVA mediante el protocolo TCP y su posterior desarrollo, para finalmente realizar pruebas de envíos de cadenas de texto (“Strings”) por medio de la clase Socket.

Una vez comprobado el funcionamiento de esta parte del proyecto se investigó la forma de comunicación entre un dispositivo MODBUS y una PC utilizando el protocolo industrial Modbus TCP, se generaron 2 clases, una que simulaba los registros del PLC y otra que los lee mediante dicho protocolo, utilizando la clase JAMOD.

Con el resultado satisfactorio de estas pruebas por separado, se realizó una prueba general de los 3 programas juntos, para comprobar su funcionamiento, esta prueba permitió definir los ajustes necesarios al programa y aspectos a considerar que se explicarán en la descripción detallada de la solución.

El buen resultado de esta prueba permitió implementar el diseño con mayor seguridad del funcionamiento de la solución, una vez que fueron entregados los componentes se realizó el cableado necesario, la conexión de los dispositivos y fuentes de alimentación, así como la configuración de la red para montar el PLC, la cámara IP y la PC que trabajará en el área local.

Se evaluó paso a paso la comunicación a través del siguiente camino: sensores, entradas a analógicas, registros del PLC, puerto Ethernet, PC local, PC remoto, para determinar si existen fallos en algún punto y se comprobó la validez de la solución ya que se obtienen los datos a través de diferentes computadoras dentro de la red institucional.

Para comunicar los resultados del proyecto se preparó un *“Manual de Usuario”* (Ver Anexos) que contiene los pasos a seguir para correr el software y para la conexión con el sistema de medición, esto mostrará a cualquier persona los alcances, limitaciones y forma de manejo del software desarrollado. Además se han realizado diferentes exposiciones a los participantes del proyecto dentro del ICE para que conozcan los detalles del diseño y la implementación del proyecto, finalmente se va a dar un entrenamiento al personal de la estación para que sepan como conectarse con el sistema y como darle mantenimiento si fuera necesario.

4.5 *Reevaluación y rediseño*

Al finalizar y probar el diseño realizado se encuentran ciertos puntos que se pueden mejorar o ampliar en el futuro. Mejoras en el sentido de obtener un mayor rendimiento del PLC haciendo más robusto y más completo el sistema, permitiendo que abarque más dispositivos además que tenga capacidad de responder a diferentes entradas. Ya que el PLC es una máquina muy poderosa que cuenta con gran cantidad de herramientas, como contadores, controladores de PWM, registros de punto flotante, controladores PID, salidas por Relay que manejan corrientes hasta 2 A, etc., Es muy factible brindarle más inteligencia e independencia a este sistema. Pero debido a que esto es un proyecto de diseño de ingeniería, si se utilizara a cabalidad el PLC el proyecto perdería el norte y se basaría únicamente en lo que haga el PLC.

Pero gracias a que dentro del diseño del sistema se cuenta con esta tecnología, las posibilidades de ampliaciones son muchas, ya que al PLC se le pueden agregar hasta 32 de módulos, ya sea de entradas y / o salidas analógicas, digitales, así como displays o conexiones con otros dispositivos por medio del puerto Ethernet, esto permitiría monitorear y controlar gran cantidad de dispositivos dentro de una misma estación, con un único PLC pero añadiendo los módulos que sean necesarios.

Capítulo 5: Descripción Detallada de la Solución

En este capítulo se va a explicar detalladamente el diseño implementado para la solución del problema, se va a dividir en tres secciones, de forma que se separen los análisis de las soluciones así el del hardware y el software.

El diseño del proyecto se fundamentó en varios aspectos importantes, que fueron tomados en cuenta a la hora de proponer y seleccionar el diseño, entre ellos se encuentran: mantener un costo bajo de acuerdo al tamaño y futuro del proyecto, permitir que el sistema quede abierto a ampliaciones, cambios y ajustes futuros, utilizar alguno de los protocolos de automatización estándares.

5.1 Análisis de soluciones y selección final

En principio se analizaron varias soluciones para resolver problema, más concretamente 3, la primera utilizando un microcontrolador, la segunda con un PLC y finalmente con un adaptador de comunicaciones, cada una con sus ventajas y desventajas que se analizarán a continuación.

Microcontrolador

Esta fue la primera solución que se analizó, ya que fue a la que se le encontraron mayores ventajas de primera impresión, debido a que fue una de las tecnologías estudiadas durante la carrera y de las otras opciones pensadas era sobre la que se tenía mayor conocimiento y manejo, además era una solución de menor costo, sin embargo quedó únicamente en el primer nivel de diseño (Ver Figura 9) ya que se encontraron algunas desventajas, que marcaban el avance del proyecto.

Las aplicaciones con microcontroladores generalmente son para un propósito específico, donde una vez finalizado el desarrollo del software del PIC y montado sobre el circuito impreso no se pueden realizar cambios, ajustes, ni ampliaciones sobre el sistema, por lo que contradecía los requerimientos del proyecto, esto hizo que se desechara esta solución, ya que este proyecto de graduación es solamente una parte de un proyecto mayor que se tiene pensado para un futuro a mediano plazo, por lo que la solución con microcontrolador limitaría ampliaciones futuras del sistema.

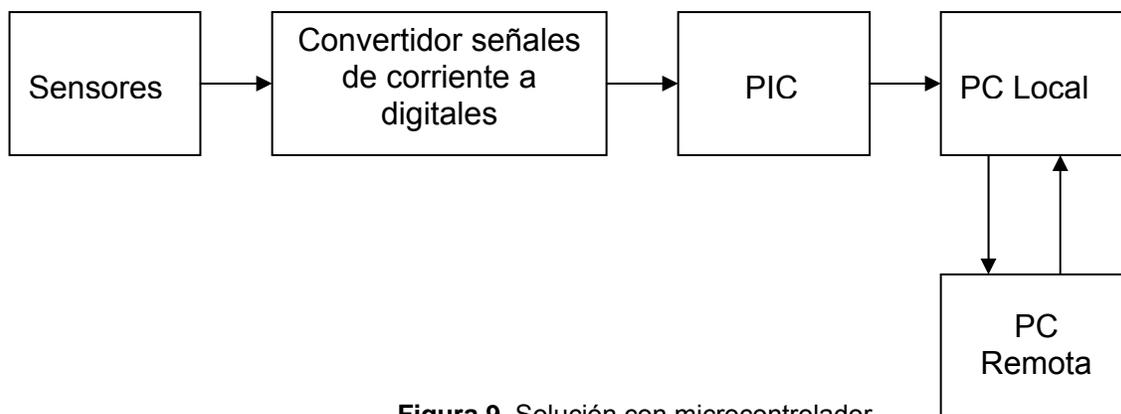


Figura 9. Solución con microcontrolador.

Adaptadores de comunicaciones

Esta es otra de las soluciones que se estudiaron, con esta se pretendía comunicar las salidas analógicas de los sensores con una tarjeta que recogía esos datos y los enviaba en registros a través de Ethernet, esto permite conseguir una conexión directa entre los datos recolectados y la computadora local, de hecho esta solución fue la que se presentó en el anteproyecto (Ver Figura 10), otra de las ventajas es que estas tarjetas se podían agregar al adaptador de comunicaciones y configurar este, dándole una dirección específica a cada puerto de las tarjetas y permitiendo ampliaciones del sistema, sin embargo al investigar más sobre las tarjetas de comunicaciones se determinó que el precio de estas era muy elevado para el proyecto, lo que retrasaría mucho el proceso de compras ya que hubiera sido necesario una licitación pública y por lo tanto mucho tiempo de por medio.

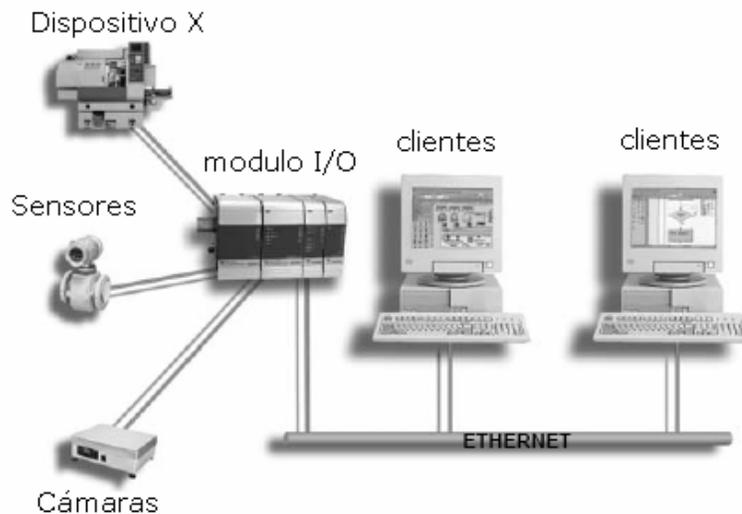


Figura 10. Solución con modulo de entradas salidas y adaptador de comunicaciones.

Controlador Lógico programable (PLC)

Finalmente la tercera y última solución fue utilizando un controlador lógico programable, esta fue la solución seleccionada (Ver Figura 11), se basó su escogencia en que presentaba características de ambas soluciones anteriores, ya que no es tan cara como la solución con adaptador de comunicaciones y es muy accesible a gran cantidad de ampliaciones y aplicaciones futuras.

Entre otras ventajas de esta solución y razones por la cual fue escogida, se encuentra que la comunicación entre el PLC y la computadora es mediante el protocolo Modbus TCP, además tiene otro puerto de comunicación serial para Modbus RTU, se pueden añadir módulos o tarjetas de entradas y salidas, es de uso industrial, presenta salidas que pueden emitir señales de control para otros dispositivos que se pretenden adquirir en el futuro. Sin embargo para efectos de este proyecto y por razones académicas es que únicamente se va a utilizar el PLC como interfaz entre las señales de los sensores con el software diseñado para la recepción de datos en la computadora, para generar vía software los algoritmos necesarios para el manejo de los datos.

5.2 Descripción del Hardware

En este apartado se va a explicar cada uno de los diferentes módulos de hardware utilizados para resolver el problema, para ello se tomará como base la Figura 11 y se va a explicar cada una de sus partes por separado.

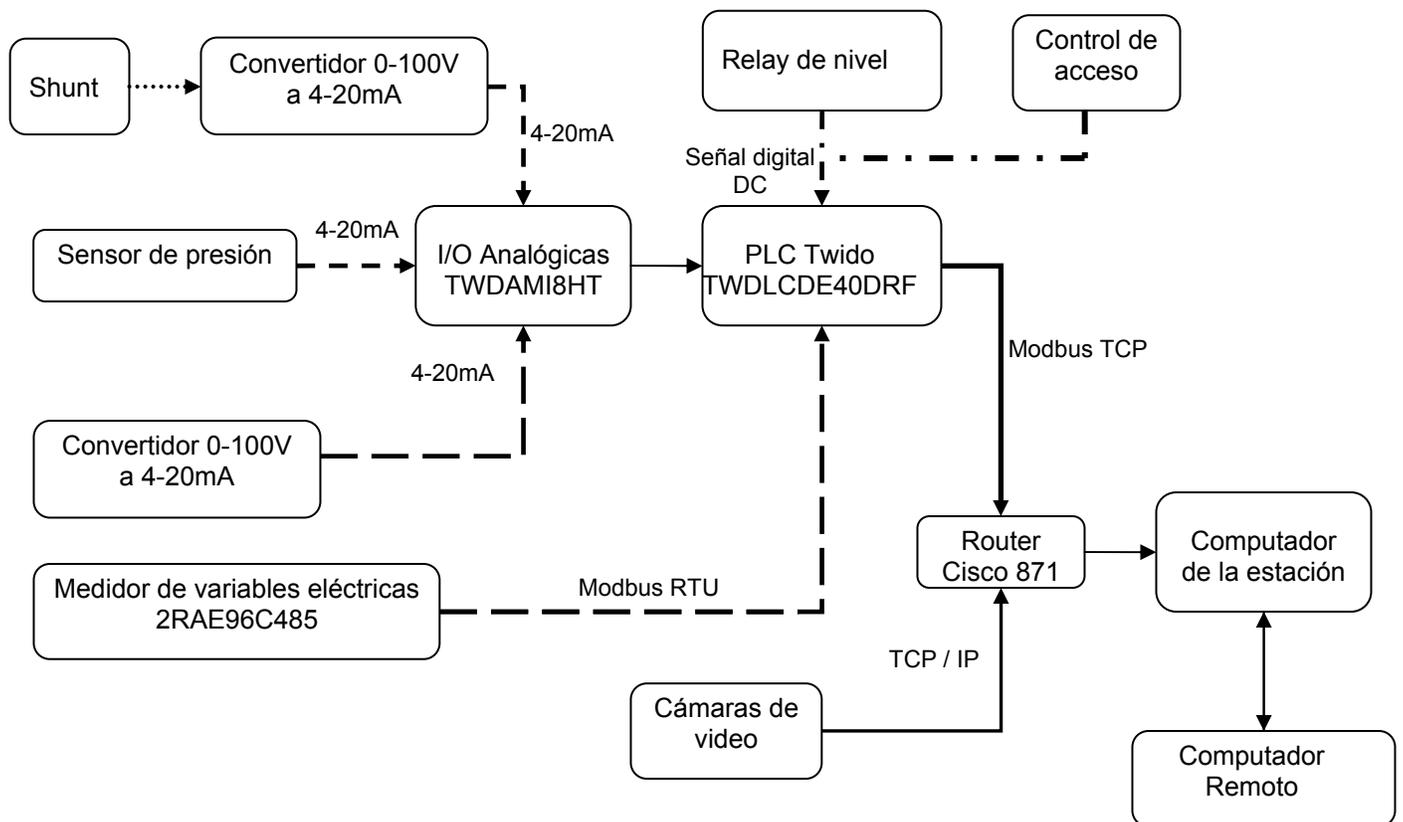


Figura 11. Diagrama de bloque de la solución final.

La estructura del hardware se basa en realizar mediciones de diferentes variables dentro de la estación Terminal, en 2 tipos de señales, unas de corriente de 4mA a 20mA, y otras digitales de 0V a 24V. Las mediciones de corriente se van a recibir en una tarjeta de entradas analógicas que convierte estas señales a un valor decimal de 10bits que representa la proporcionalmente la variable medida, mientras las mediciones digitales se reciben directamente en el PLC, todas estas señales se almacenan en la memoria del PLC en registros de 16 bits los cuales son leídos desde el computador en la estación a través del software de control que se desarrolló, por medio del puerto Ethernet y utilizando el protocolo Modbus TCP.

5.2.1 Medición de Corriente en las Baterías

Dentro del proyecto se planteó la medición de la corriente de los bancos de baterías, para ello se implementó un pequeño sistema de medición indirecta (Ver Figura 12), por medio de un Shunt, este que se coloca en la línea de la carga y consiste en una resistencia de bajo consumo de corriente, que da una señal de salida de 0 a 50mV proporcional al valor de corriente de las baterías.

Sin embargo la forma de recepción de las señales de los sensores no permite este tipo, solo señales digitales y de corriente. Para este caso se determinó que la mejor solución era transformar estos 0 a 50mV a un valor de corriente de 4mA a 20mA, para realizar este proceso se utilizó un convertidor universal Ultra Slim Pack G408-0001, se determinó que este era el mejor componente debido a que se desarrolla en el entorno industrial de 24V además es configurable para varias conversiones de señales. Una vez que se tiene la señal de 4mA a 20mA ya puede ser acoplado con la tarjeta de entradas analógicas que va a convertir estos datos a un valor decimal en 10 bits que representa la corriente que brinda el banco de baterías.

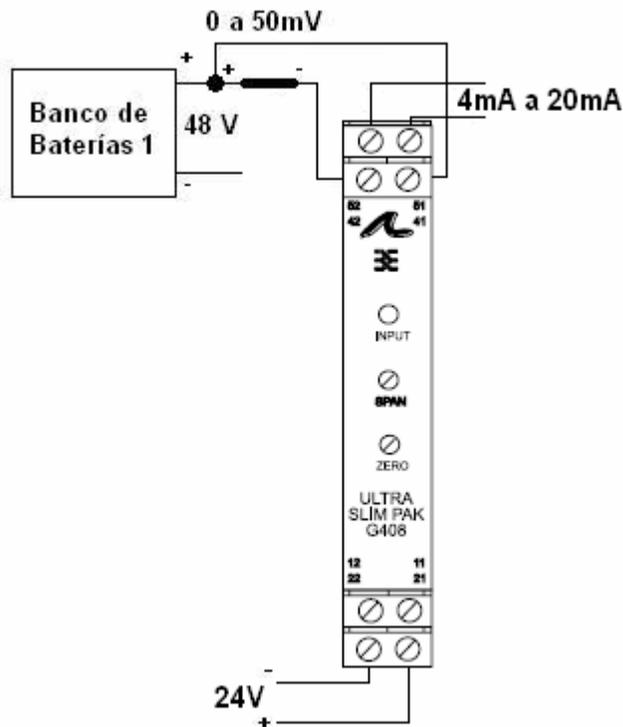


Figura 12. Diagrama de medición de corriente de las baterías.

5.2.2 Medición de Volumen del Tanque de Combustible

Para la medición de volúmenes no existe un método directo, por lo tanto se investigó sobre la forma realizarlo y se determinó que la mejor manera de hacerlo era utilizando un sensor de presión diferencial sumergible.

Se seleccionó el transmisor de presión 681 de Huba Control, este se coloca en el fondo del contenedor del combustible y por medio de una sonda plástica toma la presión atmosférica y brinda una señal de salida de 4mA a 20mA que es proporcional a la diferencia de la presión del fondo del tanque y la presión atmosférica en ese punto, este modelo de sensor se eligió por recomendación de expertos del departamento de electromecánica, ya que ha sido utilizado en otros proyectos con un buen rendimiento.

Para calcular el volumen actual del tanque a partir de la medida de su presión se utilizó teoría de fluidos, esta operación se hace vía software y se explicará el algoritmo utilizado más adelante. En la Figura 13 se muestra la forma del sensor de presión, este envía la señal de salida a una de las entradas analógicas del la tarjeta, desde la cual se pasa a los registros de almacenamiento del PLC.

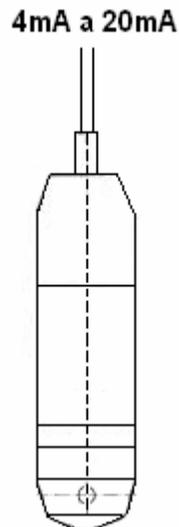


Figura 13. Sensor de presión para de medición de volumen del tanque.

5.2.3 Medición de Variables Eléctricas

Para realizar la medición de variables eléctricas se utilizó un medidor marca SACI, modelo LCA, que obtiene diferentes parámetros eléctricos de la red, como tensión, potencia, corriente, energía, potencia aparente, reactiva y otros, al conectarse a ella (Ver Figura 14). Este modelo se utilizó por dos razones principales primero para realizar una medición precisa dentro este tipo de ambiente, ya que no se debe exponer a ruido los equipos de comunicación, y segundo porque transmite los datos por medio de un puerto RS 485 y utiliza el protocolo Modbus RTU, esto permite la conexión directa de las salidas L+ y L- con el puerto RS 485 del PLC, para ser leídos por este y almacenados en registros de 16 bits.

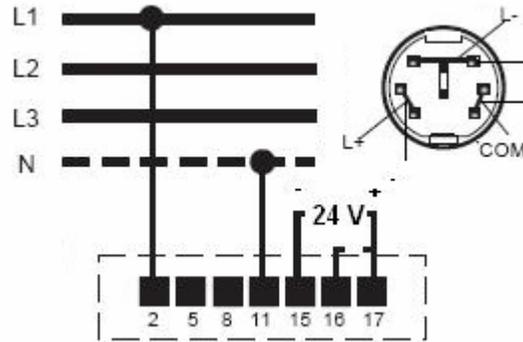


Figura 14. Diagrama de conexión de medidor de variables eléctricas.

5.2.4 Manejo de Cámaras IP

Inicialmente se maneja el concepto de utilizar la señal de las cámaras ya instaladas en la estación de Bribri, sin embargo por motivos de seguridad institucional no era posible obtener esta información en cualquier máquina de la red, por lo que no se ajustaba a los requerimientos del sistema y se desechó la idea de utilizar estas.

Sin embargo antes de la finalización del proyecto se recibió una cámara de tecnología IP, que se incorporó al proyecto, de forma que esta cámara cuenta con una dirección IP dentro de la red como estaba previsto, pero el video no es transmitido directamente por el software en JAVA, sino que esta aplicación hace uso de los recursos de la interfaz de manejo de la cámara. De esta manera al acceder a las opciones de las cámaras se despliega el navegador de Internet utilizado por defecto por la máquina que se conecta con la dirección IP de la cámara y muestra el software de esa.

5.2.5 Control de acceso

Con las señales del control de acceso se presentó un problema similar que en el punto anterior, ya que en la estación si se lleva el control de las personas que entran y salen de la estación pero está sujeto a un software especial que se utiliza en el departamento de seguridad y vigilancia, por lo que no era posible obtener la información de esta manera.

En una de las visitas a la estación se estudió más a fondo el equipo utilizado para control de acceso, además se contó con el apoyo del personal del departamento de seguridad y vigilancia por lo que se facilitó una demostración del sistema de control de acceso de la planta en el laboratorio. Ambas actividades permitieron encontrar una señal digital dentro del sistema ya instalado, que proviene del estado del contacto magnético al abrir y cerrar la puerta. Donde 0 significa puerta cerrada y 1 puerta abierta.

Esta señal se conecta directamente a las entradas digitales del PLC y permite determinar estado, hora y fecha de todos los eventos relacionados con la apertura y cerradura de puertas que poseen el control de acceso por medio de carné.

5.2.6 Medición de agua en el piso

Uno de los puntos más importantes de las mediciones que había que hacer era la detección de agua en el piso, cerca de los equipos, esto con el fin de responder a tiempo antes de una eventualidad como filtraciones de agua, inundaciones, fugas, etc. Para esto se utilizó un medidor de nivel marca FINDER, modelo 72.01 (Ver Figura 15) este tiene una conexión de alimentación de 110V, pero un relay de salida que se alimenta a 24V DC, que funciona con base en 2 sondas o electrodos, que al entrar en contacto con el agua activan el relay de salida que esta normalmente cerrado (0V) y cuando alguno de los 2 electrodos entra en contacto con el agua se activa (24V), esta señal de salida se conecta directamente a una de las entradas digitales del PLC, para ser almacenada en un registro.

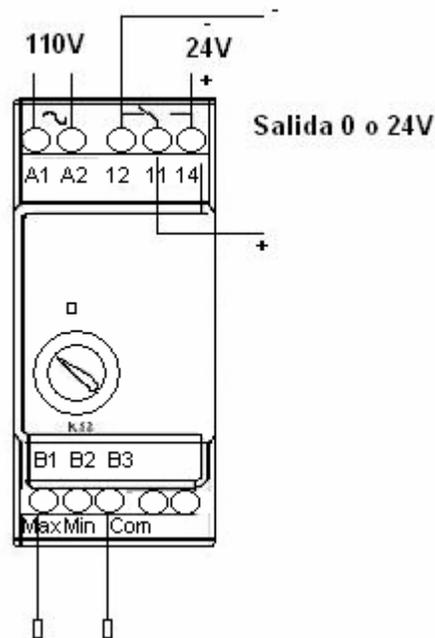


Figura 15. Diagrama de conexión de detector de agua.

5.2.7 Router

Este apartado se incluye por ser una de las partes que dan cohesión al proyecto, ya que es a través del router que pasa todo el tráfico de datos del sistema ya sea entre el PLC y el computador o entre el computador local y el remoto.

Se diseñó una arquitectura de red backbone (Ver Figura 16), en la cual se obtiene una red privada desde la dirección de la red institucional del ICE, la red está conformada por 3 dispositivos, la cámara IP, el PLC y el computador local (ubicado en limón), cada uno con una dirección IP privada que permite comunicarse entre si a los 3 dispositivos. Se utilizó un Router Cisco 871W con capacidad inalámbrica, para poder acoplar la cámara, y con 4 puertos de salida para cumplir con la demanda de esta red.

El hecho de utilizar un Router generó un inconveniente, ya que la red privada no era visible al resto de la red pública de la institución, para resolver este problema fue necesario aplicar conocimientos de redes de computadoras, utilizando el procedimiento NAT (Network Address Translation), este consiste en definir una dirección IP de la red pública para una dirección dentro de la red privada manteniendo siempre el mismo Gateway (puerta de salida) en 10.149.24.1, esto se aplicó para la PC local, para que las computadoras remotas se pudieran conectar con ella y con la cámara IP, para poder observar el video a través de la red. Por lo que finalmente la Cámara IP se ve en la dirección 10.149.24.80 y la PC en 10.149.24.81 lo que permite acceder ambas desde cualquier dirección dentro de la red institucional.

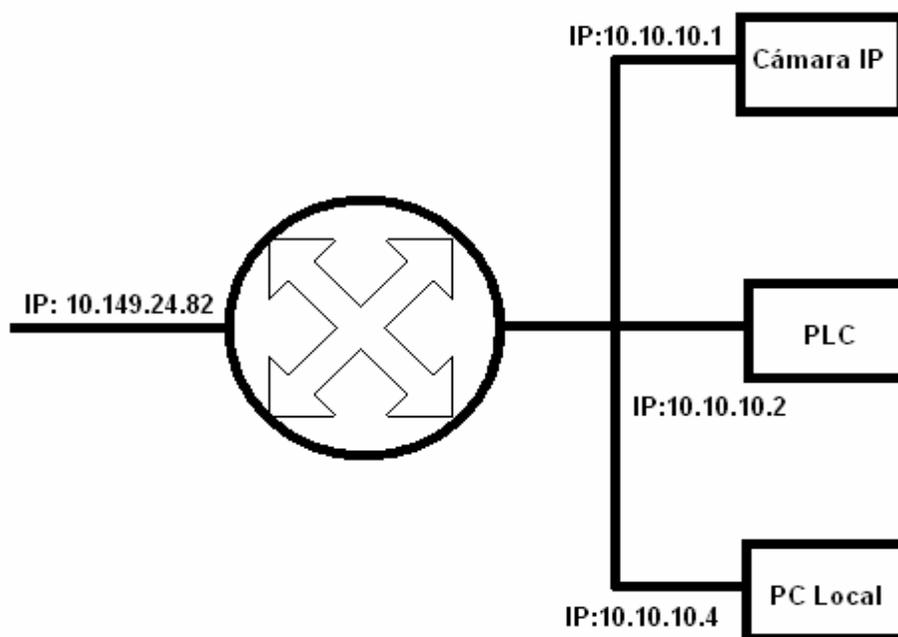


Figura 16. Estructura de red utilizada.

5.2.8 Controlador Lógico Programable

Como se planteó inicialmente para desarrollar esta solución se utilizó un PLC, que si bien posee grandes capacidades para desarrollar un problema de este tipo y en sí no representa un diseño propio del estudiante, está siendo utilizado como un medio para alcanzar un fin, más concretamente, centrándose en este proyecto, se utiliza como una interfaz entre la tarjeta de entradas analógicas y el computador. Se eligió esta tecnología porque presenta un buen equilibrio entre precio, capacidades y desarrollos futuros, con 40 Entradas / Salidas, puerto Ethernet y acoplamiento de 32 módulos, el modelo utilizado es el TwidoLCDE40DRF.

El PLC recibe los valores de las señales de corriente y de tensión recolectadas por los sensores o dispositivos de medición, las primeras por medio de la tarjeta de entradas analógicas y las segundas a través de entradas digitales con las que viene, también recibe información por el puerto RS 485, dedicado para protocolo Modbus RTU. Al tener estos valores en las entradas se realiza un mapeo de estas en registros de 16 bits de uso general del PLC Memory Words (MW), este mapeo se realiza periódicamente cada 100ms por lo que se registran cambios en las mediciones prácticamente en tiempo real o con retardos muy pequeños que no son significativos dentro del marco del problema.

Este modelo en particular cuenta con un puerto Ethernet, por lo que se le puede dar una dirección IP para que se acople a la red diseñada, en este caso se utiliza la 10.10.10.2 dentro de la red privada. Además se comunica utilizando el protocolo Modbus TCP lo que permite al software diseñado leer los registros internos del PLC del MW0 al MW15 y obtener la información de los sensores en registros de 16 bits con una representación decimal en 10bits del valor de la variable medida.

5.2.9 Modulo de Entradas Analógicas

La mejor forma de realizar mediciones en ambientes donde existe gran cantidad de equipo electrónico es utilizando señales de corriente, esto debido a que estas señales no se les induce ruido de los equipos cercanos, mientras que si se utilizaran señales lógicas, serían más propensas a ver afectadas sus mediciones por el ruido.

Basado en este principio es que se eligió realizar las mediciones con sensores que poseen salidas de corriente de 4mA a 20mA, sin embargo la lectura de estos se hace un poco más complicada, por lo que para el proyecto se eligió utilizar una tarjeta TWDAMI8HT (Ver Figura 17) con 8 entradas analógicas configurables de 4 a20mA o de 0 a10V, para este caso se utilizan las de 4mA a 20mA y es compatible con el PLC seleccionado

Esta tarjeta permite comunicar los valores medidos por los sensores con el PLC para que este los almacene en los registros y sean enviados al computador ubicado en la estación Terminal.

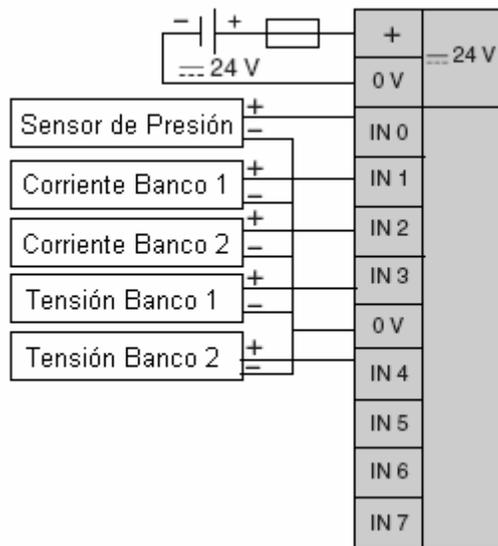


Figura 17. Modelo de tarjeta de entradas analógicas.

5.3 Descripción del Software

5.3.1 Acceso por Usuario y Contraseña

Con el fin de que el sistema no esté accesible a cualquier persona, ya que brinda información importante de la estación Bribrí, se desarrolló un programa para recibir 2 campos de texto, nombre de usuario y contraseña (Ver Figura 19), además de recibirlos los compara con los que se encuentran almacenados en memoria para determinar si la persona que está tratando de ingresar tiene acceso al programa o no.

En la Figura 18 se muestra el algoritmo aplicado para recibir y verificar los datos, el nombre de usuario y la contraseña se verifican utilizando un arreglo tipo Char mediante el cual se compara letra por letra, con los establecidos en la memoria del programa, por lo que es sensible a mayúsculas, minúsculas y espacios.

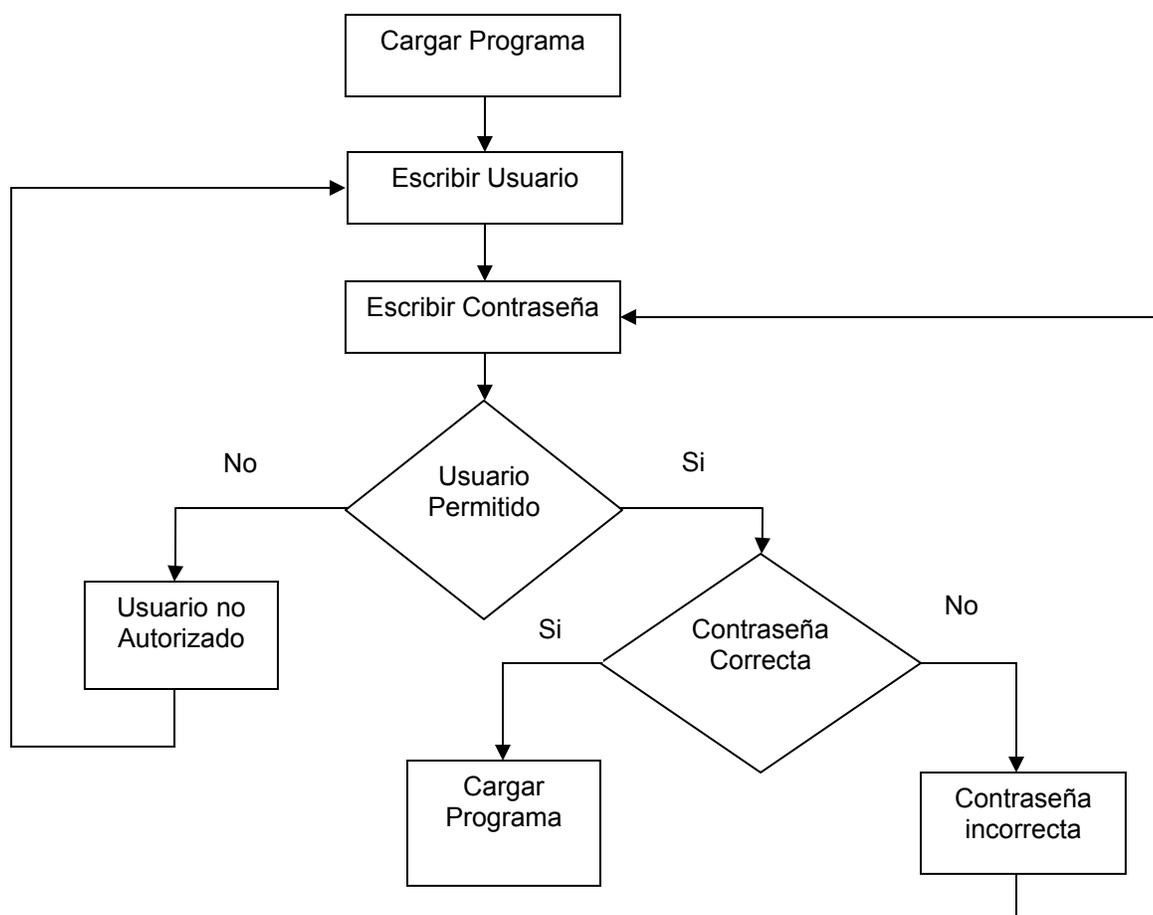


Figura 18. Algoritmo para recepción y verificación de usuario y contraseña.



Figura 19. Imagen de la interfaz para control de acceso de personas.

5.3.2 Interfaz Principal

Para mostrar los datos recolectados y tener una interacción con el usuario, se diseñó y se implementó una interfaz gráfica mediante el lenguaje JAVA, esto debido a que JAVA es libre de licencia, es de uso general, se puede desarrollar aplicaciones gráficas, se puede implementar la comunicación Modbus TCP y simultáneamente por TCP / IP.

Para la creación de esta interfaz se basó en el principio de que la información mostrada fuera lo más fácil posible de asimilar por el usuario, que no se perdiera detalle de lo que sucede en la estación.

Además se diseñó en un ambiente que muestra la ubicación física de los dispositivos dentro de la planta, esto se realizó con una imagen de los planos de la terminal, en los cuales se ubicaron los diferentes sensores en los puntos reales de medición, para que al generarse una alarma en determinado punto la persona encargada conozca con solo observar la interfaz el punto físico donde se generó.

En la Figura 20 se muestra una visión de la interfaz desarrollada, que entre otras funciones que se mencionarán más adelante, tiene un campo donde se están los botones que abren nuevas ventanas con información más detallada del dispositivo, al generarse una alarma la respectiva etiqueta verde cambia a color rojo, esto como otra ayuda visual al usuario.



Figura 20. Imagen de la interfaz principal del programa.

5.3.3 Resumen General en Barra de sistema

Otra de las funciones que se agregó a la interfaz, es un campo en la barra del sistema Windows, este campo muestra el estado general de la estación, esto quiere decir que si todos los dispositivos están en funcionamiento normal el campo de la barra se muestra un ícono verde (Ver Figura 21) pero si se genera cualquier alarma este ícono se cambia a rojo (Ver Figura 21), además en la Figura 22 se muestra el diagrama de flujo con la lógica seguida por el programa. Esta facilidad permite al usuario mantener el uso normal de su computador, manteniendo la ventana del programa minimizada y observarla únicamente cuando el ícono de la barra muestra un cambio.

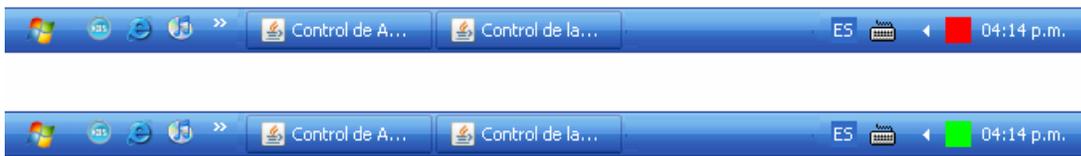


Figura 21. Estados de la barra del sistema.

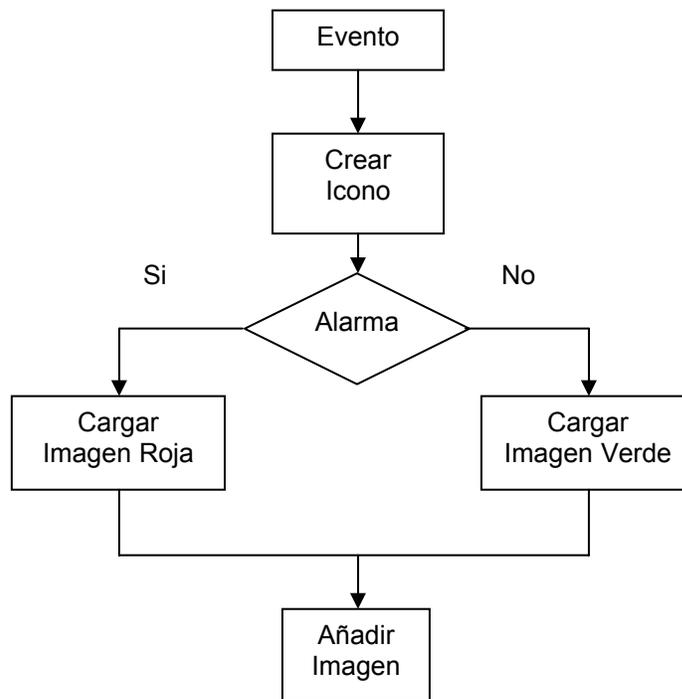


Figura 22. Algoritmo utilizado para agregar icono a la barra del sistema.

5.3.4 Almacenamiento de Eventos

Una de las características que se quería dar a este proyecto es que se pudiera llevar un control de los eventos generados en la estación, esto se logró mediante la utilización de un archivo de texto. En este se escriben todos y cada uno de los eventos generados por los dispositivos que se monitorean en la estación, en la Figura 23 se muestra el algoritmo que se diseñó para guardar la información, en este cada vez que se genera un evento, o sea cada vez que el dato leído es diferente al dato anterior, se llama una aplicación para almacenar la fecha y la hora en que se dio.

Luego se guardan varias informaciones entre ellas la ID del dispositivo que me va a decir quién fue el que generó el evento, la especificación que da el detalle del dispositivo, el estado si fue alarma o se cambió a estado normal y el valor leído para que se generara el evento. El paso siguiente es determinar la existencia del archivo, si no existe se crea uno nuevo, pero si ya existe entonces se sobrescribe en una nueva línea, un ejemplo de la forma en que se almacena el archivo de texto, se puede ver en la Figura 24, donde se observa que la forma de la línea de texto queda de la siguiente manera: fecha + hora + ID dispositivo +Especificación + Estado + Valor.

Esta función es de gran importancia debido a dos factores, primero que permite llevar el control de los eventos para llevar un historial automático de lo que sucede en la estación para así poder obtener estadísticas basadas en esas mediciones. Segundo se puede implementar un software que a partir de esta información grafique los datos obtenidos para tener una ayuda gráfica de algún evento en específico.

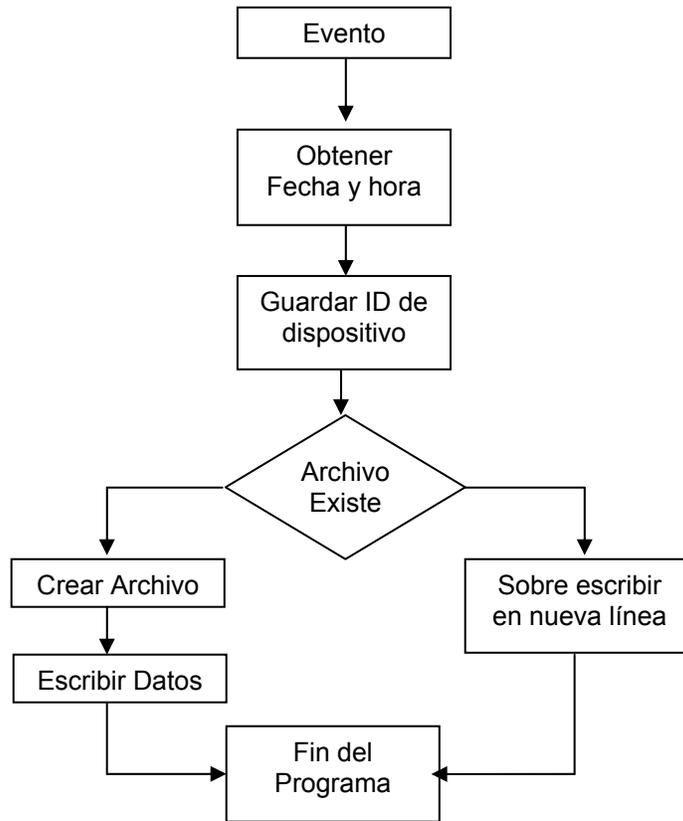


Figura 23. Algoritmo utilizado para escribir en archivo.

Fecha	Hora	Evento	Sensor	Estado	Valor
mié, 20 ago 2008	09:02:50	Presencia de Agua	Sensor 1	Alarma	1
mié, 20 ago 2008	09:02:53	Presencia de Agua	Sensor 2	Alarma	1
mié, 20 ago 2008	09:03:52	Puerta Principal		Alarma	1
mié, 20 ago 2008	09:03:57	Puerta de Equipos		Alarma	1
mié, 20 ago 2008	09:03:59	Puerta de Cuarto de control		Alarma	1
mié, 20 ago 2008	09:04:01	Puerta de Cuarto de rectificadores		Alarma	1
mié, 20 ago 2008	09:04:02	Puerta de Cuarto de Transferencia		Alarma	1
mié, 20 ago 2008	09:04:06	Red Eléctrica Corriente		Alarma	1
mié, 20 ago 2008	09:04:09	Red Eléctrica Tensión		Alarma	2
mié, 20 ago 2008	09:04:14	Red Eléctrica Potencia		Alarma	4
mié, 20 ago 2008	09:04:18	Corriente de Baterías Banco 1		Alarma	790
mié, 20 ago 2008	09:04:22	Tensión de Baterías Banco 1		Alarma	44
mié, 20 ago 2008	09:04:27	Corriente de Baterías Banco 2		Alarma	798
mié, 20 ago 2008	09:04:33	Tensión de Baterías Banco 2		Alarma	45
mié, 20 ago 2008	09:04:39	Tensión de Baterías Banco 2		Alarma	48
mié, 20 ago 2008	09:04:46	Tensión de Baterías Banco 1		Alarma	48
mié, 20 ago 2008	09:04:51	Corriente de Baterías Banco 1		Normal	800
mié, 20 ago 2008	09:05:06	Tensión de Baterías Banco 2		Normal	990
mié, 20 ago 2008	09:05:20	Red Eléctrica Potencia		Normal	220
mié, 20 ago 2008	09:05:26	Puerta de Cuarto de rectificadores		Normal	0
mié, 20 ago 2008	09:05:26	Puerta de Cuarto de Transferencia		Normal	0
mié, 20 ago 2008	09:05:28	Puerta de Cuarto de control		Normal	0
mié, 20 ago 2008	09:05:30	Puerta de Equipos		Normal	0
mié, 20 ago 2008	09:05:31	Puerta Principal		Normal	0
mié, 20 ago 2008	09:05:34	Presencia de Agua Sensor 2		Normal	0
mié, 20 ago 2008	09:05:36	Presencia de Agua Sensor 1		Normal	0

Figura 24. Ejemplo de Archivo de texto.

5.3.5 Gestión de Alarmas

Se implementó un procedimiento para la gestión de las alarmas, esto con el fin de poder inhibir la alarma de un dispositivo en específico o de todos en general, ya que si se da alguna situación de reparación o mantenimiento de los equipos se almacenarían fallos inexistentes ya que serían provocados por estas razones.

De esta forma es que se desarrolla el algoritmo mostrado en la Figura 25, cada vez que se genera un evento se convierten los número a punto flotante para su manejo y luego se define quién es el dispositivo involucrado, esto por medio de la variable q, luego se pregunta para cada dispositivo si q esta seleccionado, si es positivo se pregunta por las condiciones de alarma, si se cumplen se generan y si no se regresa ese dispositivo a la normalidad, pero si q no está seleccionado de una vez se finaliza la consulta y no se realizan cambios al estado del equipo.

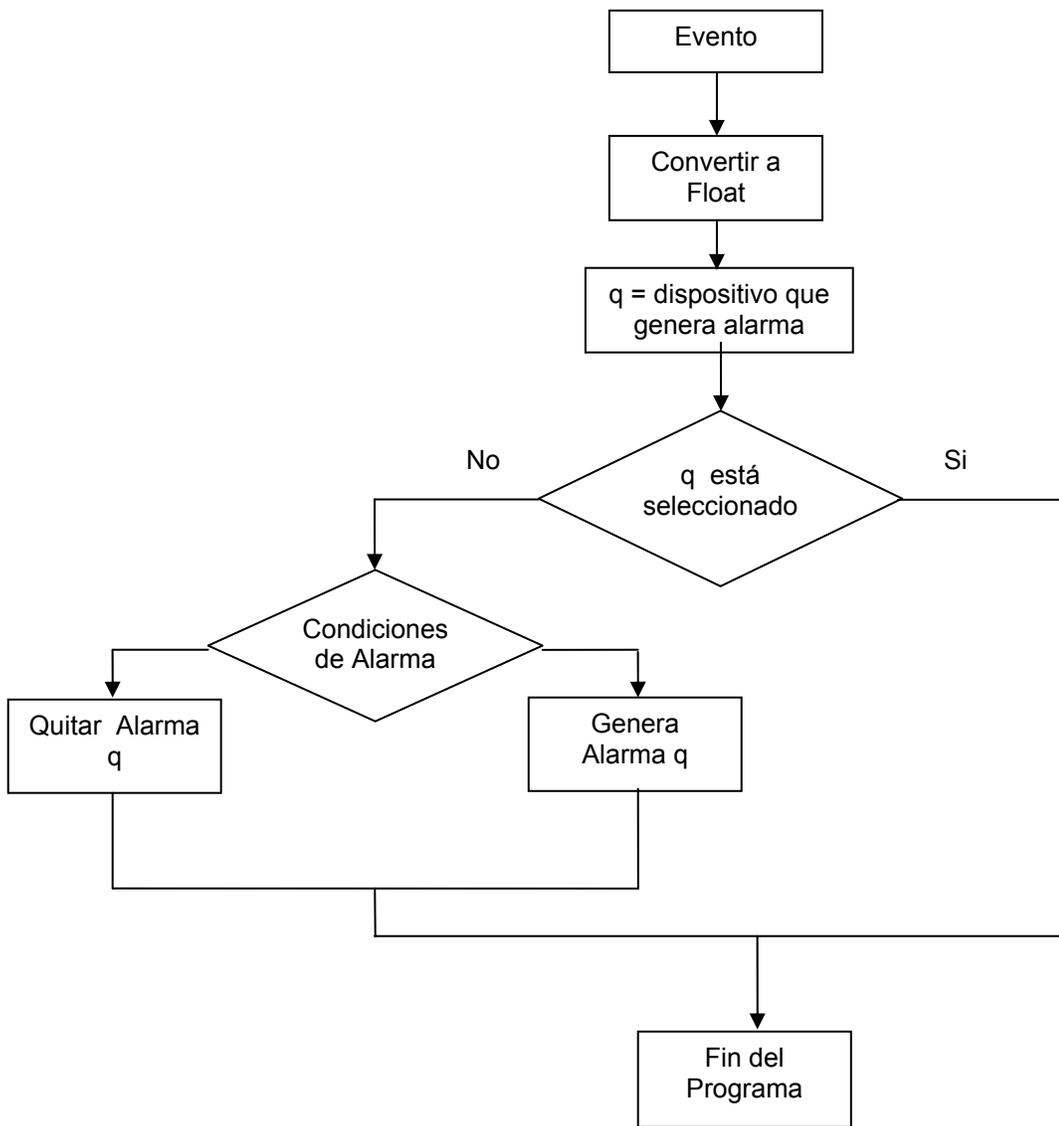


Figura 25. Diagrama de flujo de la gestión de alarmas.

5.3.6 Generación de Alarmas

Una de las partes principales del software es determinar cuándo generar las alarmas, para ello se diseñó un algoritmo o procedimiento como el que se muestra en la Figura 26.

El programa trabaja primero leyendo los datos del PLC (para la aplicación servidor) o del socket (aplicación cliente), en el primero son leídos como valores enteros de 10bits por lo que son convertidos a float para tener una mejor precisión y son trasladados a los valores reales haciendo diferentes cálculos con la resolución de 1023, para el segundo se reciben los mismos valores de registros pero como String por lo que primero se convierten a Integer y luego a Float para hacerles su respectivo traslado a los valores reales de las variables.

Los valores leídos de los registros se en arreglo Actual y se copian a un arreglo temporal, en la siguiente lectura se sobrescribe el arreglo actual con los nuevos valores leídos, esto permite realizar una comparación entre anterior y actual para ver si son iguales o si el valor cambio, si se da un cambio se le llama evento y se define quién fue el que lanzó este mediante la variable q.

Cada uno de los dispositivos se encuentra representado por un q, por un label que da el nombre, un registro que da el valor y un arreglo Status que da el estado de cada uno, todos estos se indexan utilizando q para obtener toda la información necesaria del evento.

Una vez que se genera el evento se procede a realizar consultas a q para generar la alarma apropiada en el dispositivo, por ejemplo q = 0 y q = 14 representan los dos sensores de agua instalados, por lo que al activarse se debe generar la alarma para este y así sucede para cada uno de los equipos involucrados en el monitoreo.

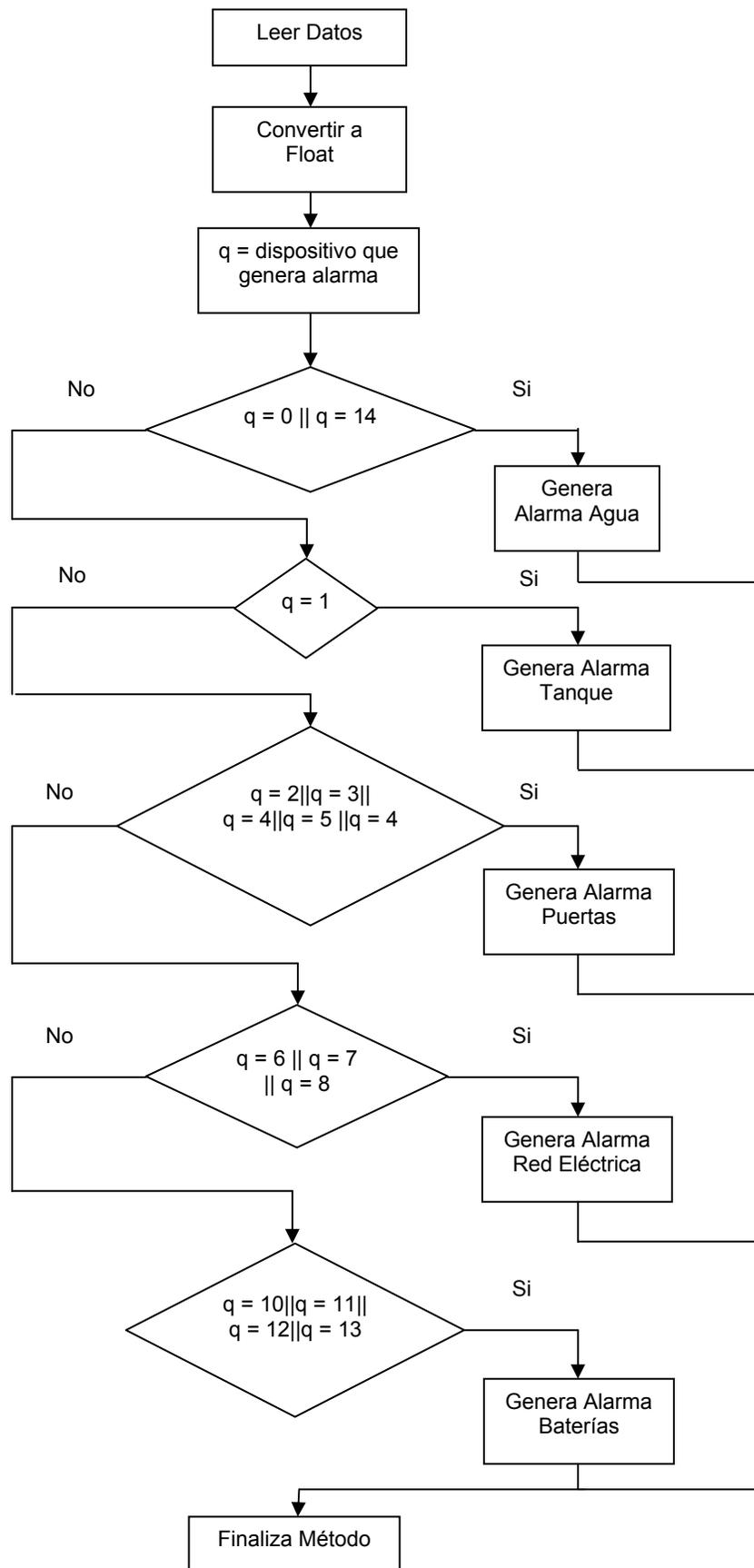


Figura 26. Diagrama de flujo de la generación de alarmas.

5.3.7 Cálculo de Volumen del Tanque

Para calcular el volumen actual del tanque a partir de la medida de su presión se utilizó teoría de fluidos, con la que se encontró que:

$$P - P_0 = \rho * g * h$$

Donde P, es la presión en el fondo del contenedor en N / m², P₀ la presión atmosférica en N / m², g la fuerza de gravedad en m / s², ρ la densidad del fluido en kg / m³ y h la altura del líquido en m. Como la densidad y la fuerza de gravedad son constantes y P - P₀ es la medición del sensor, pueden ser despejadas de la ecuación de manera que se obtenga la altura:

$$h = \frac{P - P_0}{\rho * g}$$

Una vez que se tiene la altura solo queda calcular el volumen (V) en m³, por tratarse de un contenedor cilíndrico se calcula como:

$$V = \pi * h^2 * l$$

Donde l es la longitud del tanque y h la altura del fluido y por lo tanto representa el radio de la forma cilíndrica que adquiere el diesel. Pero debido a que el contenedor no se encuentra lleno se debe dividir entre 2, para determinar el volumen real del medio cilindro que se forma y multiplicar por 1000 para obtenerlo en litros por lo que:

$$V = \frac{\pi * h^2 * l}{2}$$

5.3.8 Lectura de Datos por Modbus TCP

Este es uno de los puntos más sobresalientes del proyecto, junto con la comunicación por TCP / IP y por Modbus RTU, que son la esencia del diseño de este proyecto, que más que mediciones se trata de comunicación, de comunicar datos entre dispositivos, en diferentes protocolos.

La lectura de datos por Modbus TCP se hace entre el computador local en la terminal y el PLC, ambos se encuentran en una red privada, donde el PLC no comparte esta información con nadie más. En la Figura 27 se muestra el diagrama de flujo del algoritmo utilizado para leer los registros del PLC, primero se pone un contador en 15, que es la cantidad de registros que se van a leer, además se llevan 2 índices i y k , el primero forma un ciclo para almacenar cada uno de los valores del arreglo actual en un arreglo temporal para realizar una comparación más adelante.

Una vez que se acaba el ciclo de i , se crea la solicitud Modbus para enviarla al PLC, con la posición inicial del primer registro y cantidad de registros que se van a leer, anteriormente se ha creado una conexión Master TCP y una transacción TPC, la conexión se realiza con la dirección IP que se escribe en la interfaz y la transacción se ejecuta con la solicitud Modbus.

Se guarda en el arreglo actual con índice k , arreglo actual [k], el valor del registro k del PLC, ya con este valor almacenado se puede comparar con el dato guardado en el arreglo temporal, para determinar si hay un cambio en las mediciones de esta manera se genera un evento, si se da esta condición se define el q , ya mencionado anteriormente, y se llama el método para generar las alarmas y se incrementa el índice k , si no hay evento únicamente incrementa k . Luego se consulta por el valor de este índice, si es menor que 15, ejecuta de nuevo la transacción y lee el nuevo registro, si k es mayor que 15 vuelve a comenzar el ciclo desde el inicio.

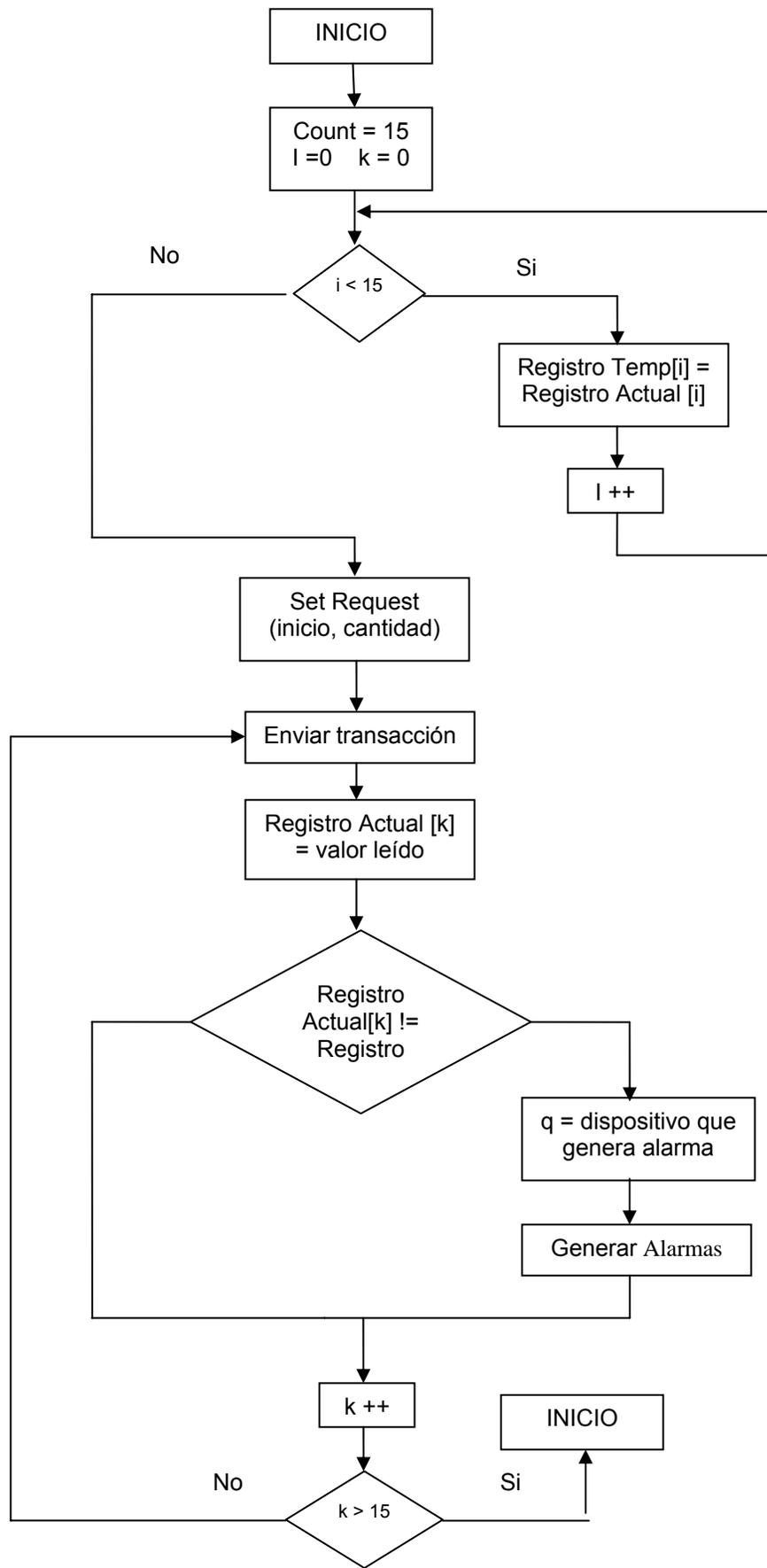


Figura 27. Diagrama de flujo de la recepción de datos por Modbus TCP.

5.3.9 Almacenamiento de datos en PLC

La solución que se seleccionó para este proyecto es con base en un PLC, sin embargo para no perder el norte del diseño, que es la base de un proyecto académico se utiliza este como únicamente como una interfaz entre las señales de los sensores y la computadora.

Esto se realiza de manera que el PLC sensa periódicamente, cada 100ms, cada una de las entradas de la tarjeta de entradas analógicas y las entradas digitales, la única función que realiza es mapear todas estas entradas en registros de propósito general de 16 bits (MW) y actualizar sus valores en cada lectura, tal como se muestra en la Figura 28 la lógica que sigue el programa es sencilla pero la ventaja que tiene la solución con PLC es que permite una comunicación por medio del protocolo Modbus TCP a través de su puerto Ethernet, con lo que se realiza la conexión a la computadora local en la estación además que el sistema queda muy abierto a ampliaciones y mejoras.

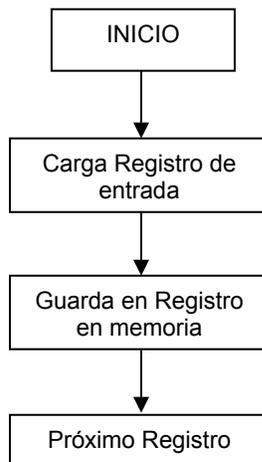


Figura 28. Diagrama de flujo del almacenamiento de datos en el PLC.

5.3.10 Recepción de Datos por Modbus RTU

Otra de las ventajas que se va a explotar del PLC es su puerto RS 485 dedicado bajo el protocolo Modbus RTU, mediante este se realizan las lecturas de los registros del medidor de variables eléctricas SACI LCA.

Para realizar las consultas modbus es necesario establecer la tabla de control con 2 words (palabra 16bits) y una de emisión con 3 words, como se muestra en la Figura 29, donde en cada registro se cargan 2 Bytes de información en hexadecimal.

La primera tabla, la de control consta de los registros 15 y 16, en el registro 15, el primer byte del dice que se va a recibir información mientras que el segundo da la longitud de emisión, mientras que en el 16 el 03 va a ser un desplazamiento a la hora de la recepción y el 00 un desplazamiento en la emisión.

La segunda tabla es la de emisión, consta de los registros 17, 18 y 19, esta establece en el primer byte del registro 17 que 01 es el ID del dispositivo Modbus que se va a leer, y en el segundo un 03 que es el código para lectura. En el registro 18 se carga la primera palabra que se va a leer en este caso 0000 y finalmente en el registro 19 la cantidad de palabras por leer 0003.

Así finaliza la configuración de la petición Modbus y se envía por el puerto Rs 485 por medio de la instrucción EXCH2 que envía desde el registro %MW15 hasta el 24, ya que se definen 10 registros para participar en el intercambio de información, ya que existe otra tabla que se llama de recepción que contiene 2 palabras con información de, número de dispositivo leído, código de lectura y la cantidad de bytes leídos. Las 2 palabras de esta tabla más las tres palabras que se leen quedan en los registros adyacentes 20, 21, 22, 23 y 24.

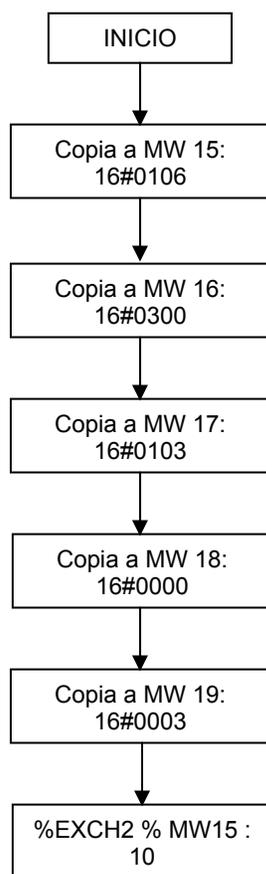


Figura 29. Diagrama de flujo de la recepción de datos por Modbus RTU.

5.3.11 Envío de datos sobre la Red Institucional

Esta se convirtió en una de los algoritmos más difíciles de implementar, ya que nunca se había trabajado con conexiones por red TCP/IP en ningún lenguaje, sin embargo investigando se encontró el objeto server socket, que crea un canal de salida de datos, en el cual la clase server puede escribir, mientras que el cliente se puede conectar y leer esos datos.

El diagrama de la Figura 30 muestra el algoritmo seguido para poder levantar un servidor y escribir en su puerto de salida, lo primero que se debe hacer es crear un objeto de la clase Socket server y habilitar el canal de escritura mediante la clase PrintStream para escribir tramas de datos. Luego se forma un ciclo de escritura en el cual se pone en el canal cada uno de los registros leídos desde el PLC, o sea que se envía un valor entero de 10 bits que es proporcional a las mediciones de los sensores, el ciclo finaliza en 15, al salir consulta si la conexión sigue activa regresa a enviar nuevamente, sino cierra los sockets creados.

Si la conexión sigue activa el ciclo se hace infinito, por lo menos hasta desconectarse, esto implicaría que no va a hacer nada más que enviar, por esta razón es que fue necesario el uso de programación con hilos o threads, este envío de datos se realiza en un hilo diferente que el resto del programa, por lo que este puede continuar independientemente de que el envío de datos este en un ciclo infinito

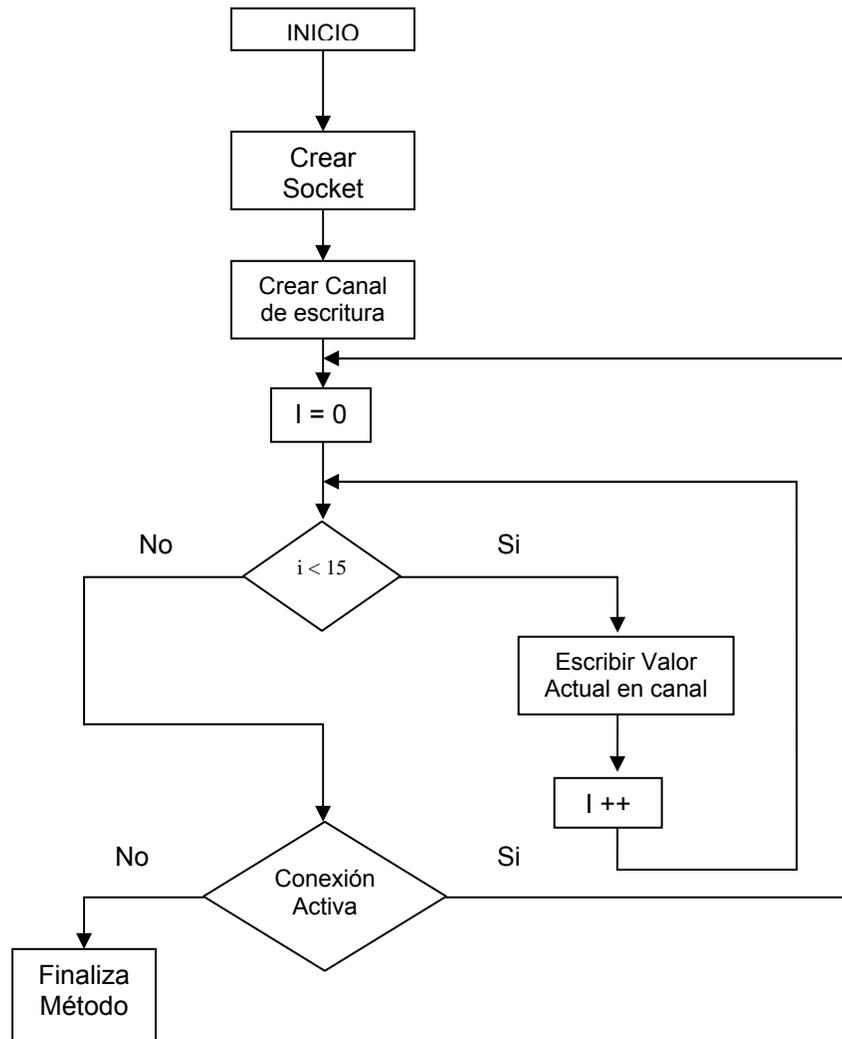


Figura 30. Diagrama de flujo del envío de datos por Modbus RTU.

5.3.12 Recepción de datos sobre la Red Institucional

De la misma forma que la clase anterior, esta se vale de un objeto tipo socket, que se puede conectar al socket server creado en la parte anterior, este socket permite tener un canal de lectura de datos directamente desde el socket server.

En la Figura 31 se puede observar el algoritmo seguido para manejar la recepción de datos en protocolo TCP / IP, lo primero y parte fundamental de la comunicación es crear el socket y habilitar el puerto de lectura mediante la clase Buffered Reader, esta permite leer los datos que llegan al socket y los lee como un tipo String. Se forma un ciclo de lectura en el que participan desde el registro 0 hasta el 14 y se almacenan en el arreglo valores recibidos, que es de tipo String, este se compara con el valor anterior para determinar si ocurre un evento, si este fuera el caso entonces se convierten los datos a tipo float y se llama el método de generar alarmas, finalmente se copia el valor actual al anterior. Si no existe evento entonces pasa directamente a copiar el valor anterior, se incrementa i y vuelve al ciclo. Una vez que i recorre todos los registros se pregunta por el estado de la conexión si sigue activa vuelve a comenzar con i = 0, si no cierra los sockets y la conexión.

Al igual que en el caso anterior si la conexión sigue activa el ciclo se hace infinito, por lo que esta clase también se trabaja bajo la modalidad de hilos o threads, esto hace que el programa siempre este recibiendo datos aún mientras realiza otras tareas.

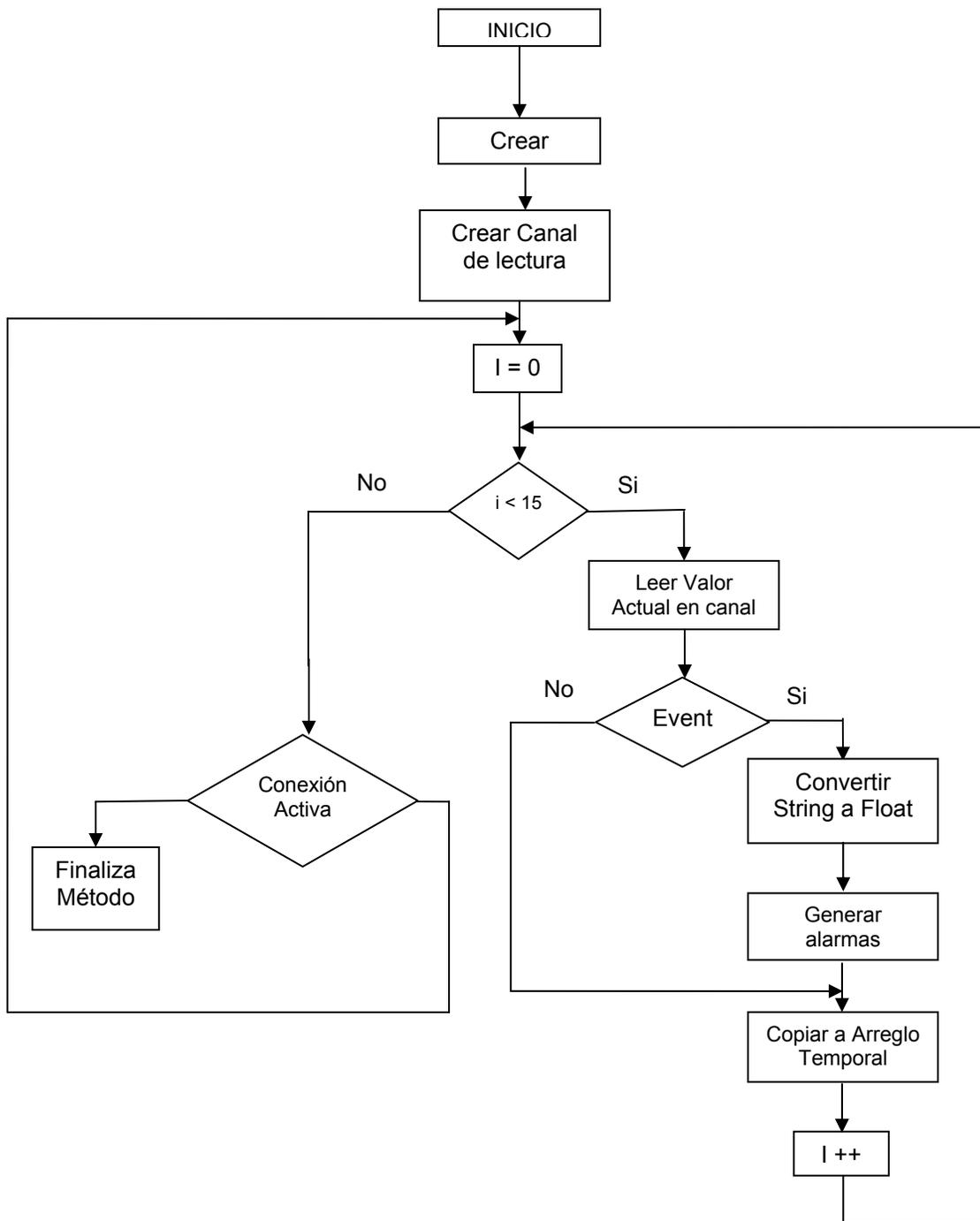


Figura 31. Diagrama de flujo de la recepción de datos por TCP / IP.

Capítulo 6: Análisis de Resultados

6.1 Resultados y Análisis

En esta parte se va a explicar las pruebas realizadas para determinar el funcionamiento del proyecto y realizar un análisis de estas para definir los parámetros de funcionamiento del sistema, sus alcances y limitaciones.

Las pruebas se realizaron por etapas, para cada uno de los bloques diseñados, al terminar un bloque se aplicaban las pruebas necesarias para verificar su funcionamiento. Debido a que la espera de los componentes del hardware se retrasó, la línea del proyecto que más se adelantó durante las primeras semanas fue la de software. Se construyó la interfaz gráfica y cada uno de los campos de entrada de texto y ayudas visuales para mostrar los valores leídos y las alarmas generadas.

Parte de la etapa de diseño fue crear una clase servidor y una clase cliente, esto con el fin de poder enviar y recibir datos de diferentes tipos a través de los socket de las computadoras. Una vez que se desarrollaron ambas se comenzaron a realizar las pruebas enviando a arreglos de diferentes cantidades a través de la red y recibiendo en otro computador dentro de la red privada, bajo el segmento 10.10.10.x, de manera que al aplicar o escribir un comando en la clase servidor, esta lo pone en el canal de escritura mientras la clase Cliente realiza la conexión y recibe por el canal de lectura los datos escritos en el otro computador.

Lo siguiente fue desarrollar el algoritmo para generar las alarmas de la planta, esto se hizo con el método “Generar Alarmas” y se probó ingresando datos dentro de la misma interfaz para comprobar los cálculos que el software tiene que hacer para convertir los valores de los registros a los valores reales de las variables y que al encontrar estas condiciones disparara las ayudas visuales de alarmas, el almacenamiento en archivo de texto y el ícono de la barra del sistema.

El siguiente paso fue la comprobación de la comunicación por Modbus TCP, para ello se desarrolló un pequeño programa que simula los registros de 16 bits del PLC, los cuales pueden ser configurables por campos de texto, además el simulador se puede correr en otro computador para tener acceso a este por IP. Entonces se implementó la clase de lectura de datos por Modbus TCP dentro de la clase servidor, se corrió la aplicación en una red privada con dirección IP 10.10.10.4, mientras que el simulador se colocó en otra computadora en la misma red privada bajo la dirección 10.10.10.2, para conectar la interfaz Servidor con el simulador, la primera cuenta con un campo de texto, para la dirección IP, y un botón de acceso para realizar la conexión.

Una vez realizada la conexión se comprueba por la observación simultánea de ambas pantallas que los valores almacenados en los registros son los mismos que se observan en el programa servidor por lo que se comprueba que la clase para la lectura de datos por Modbus TCP, funcionaba adecuadamente al menos para la simulación de los registros, ya que en ese momento no se contaba con el PLC. Una vez que este llegó se entró de lleno en su programación, para configurar el mapeo de las entradas y la configuración del puerto Ethernet.

Las primeras pruebas con PLC se realizaron conectando uno de los sensores a una fuente de 48 V, que simulaba la tensión de las baterías, este sensor da una señal de salida de 4mA a 20mA proporcional a la tensión de entrada de 48V. Se realizó la conexión de este a la tarjeta de entradas analógicas y de esta al PLC, almacenando el valor en el registro 11 y mediante el software Twido Suite se leyó en el registro en cuestión un 981 que es el equivalente en 10 bits de la entrada de 48V. Cuando la entrada es 50V la salida es 1023, por lo tanto aplicando una sencilla regla de tres la tensión medida de la fuente es 47.94V.

Se realizó la prueba con el mismo sensor en las diferentes entradas de la tarjeta para comprobar el buen funcionamiento de todas y que la programación del PLC estuviera correcta, además con push buttons se probaron las entradas digitales, simulando las señales de las puertas, se le asignó una salida a cada una de las entradas para seguirla, entonces al enviar una señal de 1 se activa la correspondiente señal de salida y se comprueba que la programación cargada al PLC realiza las funciones para las que fue diseñada del PLC.

Ya que se había comprobado cada una de las partes por separado, se conectó el PLC y se trató de leer la información desde el software diseñado en JAVA, no se tuvo el resultado esperado al principio, ya que el computador servidor se encuentra en una red privada y no era visible al resto de la red institucional, para solucionar el problema se aplicó el proceso NAT, para darle una dirección IP pública a la PC y que pudiera ser vista sin problemas por el resto de computadoras de la red.

Finalmente se realizó la prueba final con la clase servidor, en el computador local en 10.149.24.81, leyendo desde el PLC en la dirección 10.10.10.2, además escribiendo en el canal de lectura los datos para que fueran leídos por la aplicación remota, en la dirección 10.149.24.83, la computadora remota tenía que recibir los mismos valores de 10 bits almacenados en los registros del PLC, esto se comprobó gráficamente al generar un cambio en las entradas del PLC, se daba primero la alarma en la clase servidor y casi de inmediato se da el cambio en la PC remota, por lo que se determina que la programación de las clases que envían y reciben datos funcionan. Además se realizó esta misma prueba en otro segmento de la red, en 10.14.36.75, ubicado en otro edificio y se obtuvieron los mismos resultados.

Capítulo 7: Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Conclusiones

1. Se estableció un canal de comunicación, por medio del protocolo Modbus TCP, entre los sensores utilizados y un computador en la estación.
2. Se implementó el envío y recepción de datos entre dos programas en diferentes computadores dentro de la red institucional.
3. Desde cualquier computador con acceso a la red institucional se pueden monitorear los parámetros de los equipos involucrados en el proyecto, ubicados en la terminal Bribri.
4. Se puede observar el comportamiento de los parámetros de los equipos que están dentro del proyecto a través del tiempo en un archivo historial.
5. El tiempo de respuesta ante una eventualidad o disminución de servicios se reduciría al utilizar el sistema implementado.
6. Los encargados de la estación pueden tener las mediciones de los parámetros de los dispositivos sin necesidad de tener que tomarlos de forma presencial.
7. Se resume la clasificación de los equipos de la estación en una tabla con su estado actual, forma de comunicación y adaptaciones necesarias.
8. Se generó la documentación necesaria para guiar a un usuario sin experiencia en la instalación y operación del sistema.

7.2 Recomendaciones

1. Se puede desarrollar un software que a partir de la información almacenada en el archivo historial grafique en el tiempo los valores de los parámetros.
2. Se puede conectar una base de datos que al generarse un evento se encargue automáticamente de contactar al encargado de resolver el problema.
3. Se puede implementar lógica al PLC o al software para que tome decisiones y maneje salidas para controlar otros dispositivos con base en las entradas recibidas.
4. Se puede desarrollar un ambiente gráfico para agregar usuarios autorizados a utilizar el programa.
5. Se puede ampliar la capacidad de conexión a más computadoras mediante una lógica de conexión a diferentes sockets en el software.
6. Se debería agregar una lógica de redundancia del programa, para evitar fallos de comunicación.

Bibliografía

<http://www.grupoice.com>

Información de la estación Terminal Bribrí

http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_l%C3%B3gico_programable

Descripción de tecnología de Controlador Lógico Programable.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Modbus>

Características del Protocolo Modbus.

<http://www.modbus.org/faq.php>

Formato y características de Protocolo Modbus

<http://jamod.sourceforge.net/kbase/protocol.html>

Protocolo Modbus aplicado a Java

<http://www.lammertbies.nl/comm/info/modbus.html>

Funciones del protocolo Modbus

<http://jamod.sourceforge.net>

Librerías de java utilizadas

Prado Zúñiga, Daniel. Proyectos de Automatización del Departamento de Electromecánica. Entrevista, ICE San Francisco de Dos Ríos, 10 de marzo de 2008.

Proceso Transporte, *“Microproyecto de automatización estación de cable submarino Bribrí”*, Diciembre del 2007.

Apéndices

A.1 Glosario, abreviaturas y simbología

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad.

DTOM: Dirección Técnica de Operación y Mantenimiento, es el departamento del ICE donde se realiza el Proyecto.

ARCOS: Primer Cable submarino instalado en Costa Rica.

MAYA: Segundo cable submarino, que llega a complementar ARCOS.

PLC: Controlador Lógico Programable, Dispositivo programable capaz de realizar múltiples funciones electrónicas.

TCP/IP: Protocolo de red que permite la comunicación de varias redes entre sí.

RS 485: Puerto de comunicación serial, por 2 hilos.

NAT: Network Address Translation o Traducción de direcciones de red.

Dirección IP: Dirección característica de un computador dentro de una red.

ID: Identificación de dispositivo.

EXCH2: Instrucción para intercambio de datos por el puerto RS 485 del PLC, utilizando el protocolo Modbus RTU.

Modbus: Protocolo estándar industrial, utilizado para aplicaciones servidor / cliente.

Twido Suite: Software propietario de Schneider, para programar el PLC.

Router: O enrutador, componente de red que permite crear la red privada y la conexión inalámbrica.

Modelo OSI: Modelo de red que divide en capas las diferentes etapas o partes de una red.

Red Privada: Red que se obtiene de una red más grande por medio de un router.

Red Institucional: Red que comunica todas las estaciones y oficinas del ICE.

JAVA: Lenguaje de alto nivel utilizado para la creación de aplicaciones gráficas.

Float: Tipo de dato de JAVA que permite la representación con decimales.

Registro: Dispositivo de almacenamiento de datos.

Microcontrolador: Controlador programable vía software.

Bit: Unidad lógica más pequeña, puede tener 2 valores 0 o 1.

Byte: Conjunto de 8 bits.

Word: Formado por 16 bits 2 bytes.

A.2 Manual de usuario

Bienvenido a la guía de instalación del programa “Control de la Estación Bribrí” este documento se presenta un conjunto de instrucciones para llevar al usuario a un adecuado manejo del software.

Como paquete de instalación se entregará un disco con las aplicaciones necesarias para correr el programa así como la documentación respectiva. A continuación se muestran los pasos necesarios para utilizar el software.

1. INSTALACIÓN DE PLATAFORMA JAVA

Primero se debe instalar la máquina virtual de JAVA, necesaria para la ejecución de aplicaciones en este lenguaje de programación, para ello se debe hacer doble click en el archivo **jxpiinstall.exe** ubicado en la raíz de la unidad de disco, que abre la ventana de la Figura 1.

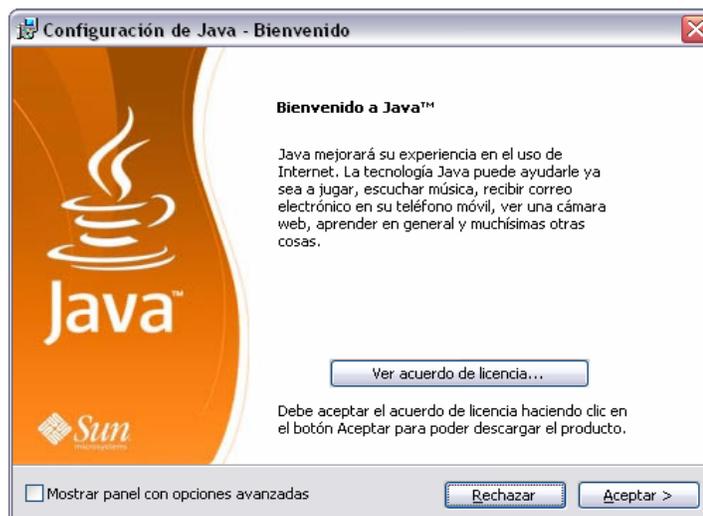


Figura 1. Instalación de Máquina Virtual de Java.

Utilizar el botón “Acepta”, que lo lleva a otra pantalla para instalar un programa de instalación gratuita que se puede instalar junto con JAVA, pero para nuestro caso no

es necesario, por lo que no se debe seleccionar la casilla como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Instalación de OpenOffice.

Al seleccionar el botón “*Siguiente*” se abre una nueva ventana (Ver Figura 3), en la cual se muestra que ya se ha iniciado el proceso de instalación de la “máquina virtual JAVA” en su computador.



Figura 3. Progreso de instalación de Máquina Virtual de Java.

Finalmente al terminar la instalación aparece la Figura 4, que muestra que la instalación de la “máquina virtual de Java” ha sido exitosa.



Figura 4. Proceso de instalación completado.

2. USO DE PROGRAMA DE ACCESO LOCAL

Para utilizar el programa de acceso local se debe copiar la carpeta “Control de la Estación Bribrí” que viene en el CD, en la raíz de la unidad de CD a cualquier carpeta dentro del disco duro del computador que va a funcionar como servidor. Abrir la ruta *Host_Grafico\dist* y hacer doble clic en la aplicación *Host_Grafico.jar* que va a ejecutar el programa, tal y como se muestra en la Figura 5.



Figura 5. Reconocimiento de usuario y contraseña.

Para continuar con el siguiente paso usted DEBE ser parte de las personas con permisos para acceder al programa, para ello tiene que tener un usuario y una contraseña válidos para este programa. Recuerde escribir su usuario y contraseña tal y como se le fue dado, ya que son sensible a mayúsculas y minúsculas



Figura 6. Interfaz principal “Control de la estación Bribri”.

Al pasar el control de acceso al programa, se abre la pantalla principal de este (Ver Figura 6), donde se muestra el plano de la planta, en el cual se encuentran los dispositivos que se van a monitorear con su ubicación real dentro de la Terminal.

Para que el programa entre en funcionamiento, se debe conectar vía ethernet el PLC y la PC, para ello debe ir a la casilla: “*dirección IP del PLC*”, en la cual debe introducir la dirección IPv4 del PLC que es 10.10.10.2 y presionar el botón “*Conectar PLC*”, con lo cual arranca el monitoreo de los dispositivos.

Cada uno de ellos tiene una etiqueta con la leyenda “Normal” con fondo verde, si el dispositivo tiene el funcionamiento adecuado y la leyenda “Alarma” con fondo rojo, si el parámetro leído se encuentra fuera del rango definido.

En la parte inferior derecha se puede observar un grupo de botones (Ver Figura 7), cada uno de ellos abre una nueva que permiten acceder a información más específica de cada dispositivo.



Figura 7. Acercamiento de grupo de botones.

Sensores

Al seleccionar el botón “*Sensores*” se abre la imagen de la figura 8, en la cual se puede observar la información de los 2 detectores de agua que se activarán al entrar en contacto con agua alguno de los 2 electrodos, si se activa se muestra la hora y la fecha en que sucedió. Además en la misma pantalla se observa también la

información detallada del tanque de combustible, con el valor actual de llenado en litros y el porcentaje de llenado, este disparará la alarma cuando el tanque tenga un 33% de su capacidad o sea menos de 2566L aproximadamente.



Figura 8. Interfaz de información de sensores de agua y presión.

Red Eléctrica

Al ingresar a “Red eléctrica” se muestra la pantalla de la Figura 9, en esta se puede observar la información detallada de los valores de corriente, tensión y potencia de la estación, estas mediciones se actualizan en tiempo real y se dispararía una alarma al bajar por lo menos una de las lecturas de los valores definidos.



Figura 9. Interfaz de información parámetros eléctricos.

Baterías

Al seleccionar la opción “Baterías” se abre la interfaz de la Figura 10, en esta se pueden observar los parámetros eléctricos de corriente y tensión de los 2 bancos de baterías existentes en la estación. Si las lecturas bajan de los valores nominales de tensión en 48V y corriente 800A, se dispara la alarma.



Figura 10. Interfaz de información parámetros de las baterías.

Control de Acceso

Al elegir el botón “Control de acceso”, se obtiene la información gráfica del estado de algunas de las principales puertas de la estación, estas son: Puerta principal, puerta de cuarto de control, puerta de cuarto de equipos, puerta de cuarto de transferencia, puerta de cuarto de rectificadores. Cada una de estas presenta el estado, abierto o cerrado, y si es la primera opción muestra el tiempo que ha estado abierta.



Figura 11. Interfaz de información control de acceso.

Gestión de Alarmas

El software cuenta con una gestión de alarmas para ello se debe presionar el botón "Gestión de Alarmas", esto con el fin de inhabilitar alguna la alarma en determinado momento que sea necesario, para ello se construyo la interfaz de la Figura 12, para inhabilitar alguna de las alarmas se debe seleccionar una o varias de las opciones de la lista.

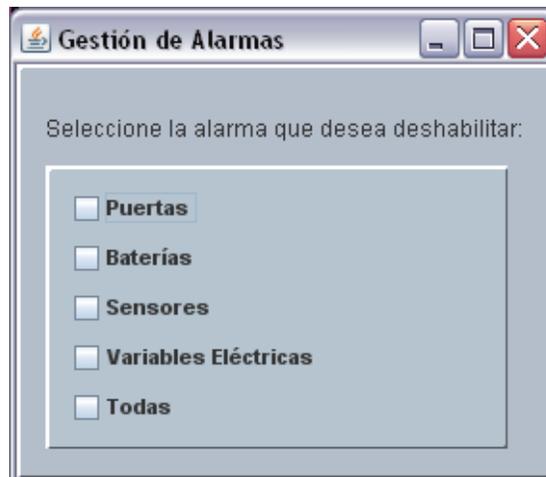


Figura 12. Interfaz gestión de alarmas.

Cámaras

El software desarrollado se conecta con una aplicación de Linksys para el manejo de una cámara IP, esto permite abrir desde el “Control de la estación Bribrí” un navegador web que permite acceder al video ip de la cámara, así como su configuración, tiempos de grabado, siempre y cuando se cuente con los permisos requeridos.

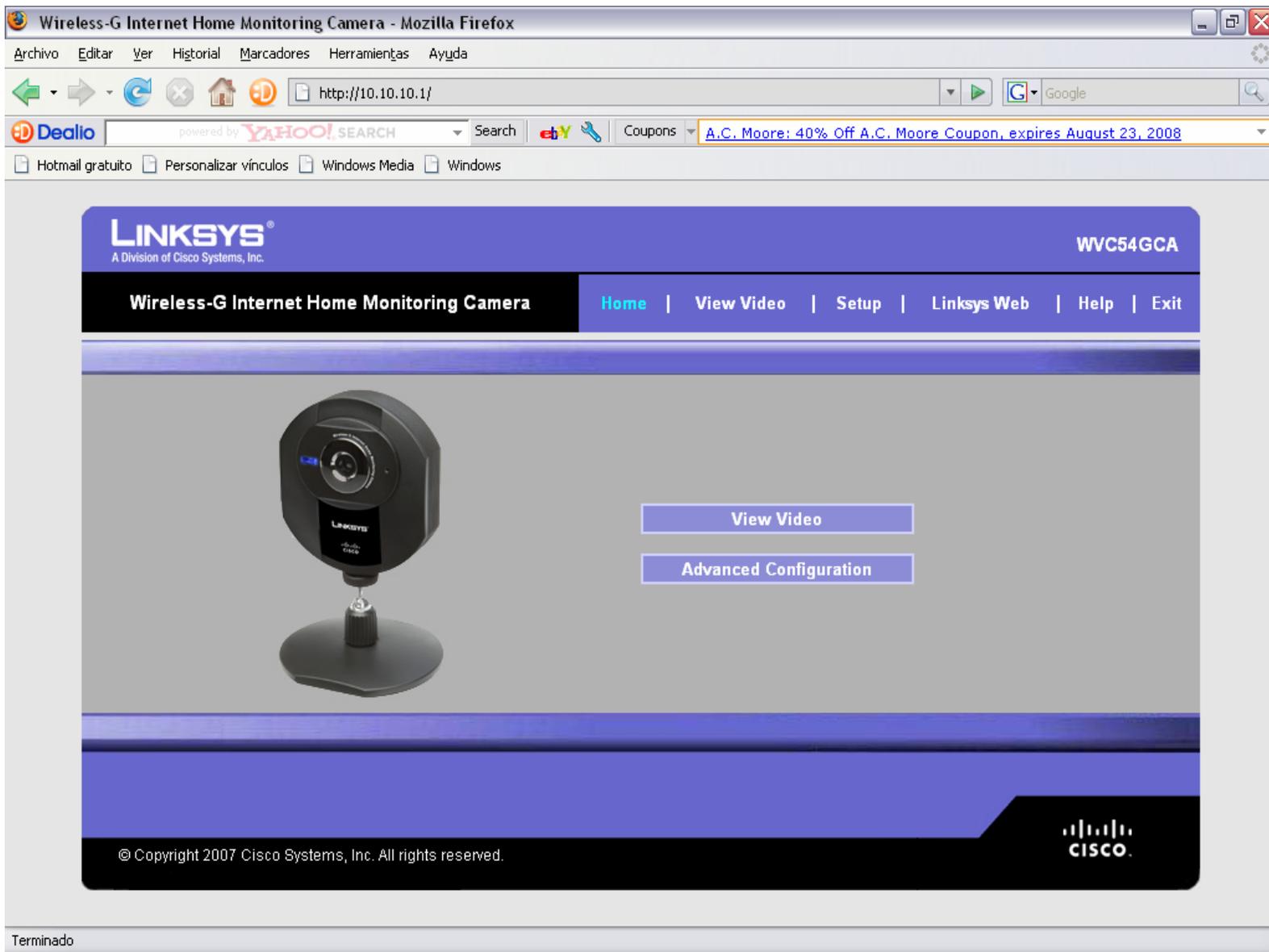


Figura 13. Interfaz supervisión de cámaras.

Almacenamiento de Eventos

El programa cuenta con el registro de todos los eventos presentados en la estación, que tienen que ver con los dispositivos monitoreados.

USO DE PROGRAMA DE ACCESO REMOTO

Para utilizar el programa de acceso remoto es necesario contar con acceso a la red institucional del ICE, para acceder a él se debe correr el archivo de Client.jar donde se abrirá la interfaz de control de acceso a la estación, por lo que debe seguir los mismos pasos explicados anteriormente para el software de uso local (p4 a p10).

La única diferencia que presenta el software de uso remoto con respecto al de uso local, es que el primero no se conecta con un PLC, si no que lo hace con la PC que funciona como servidor en la estación de Bribí, esto se hace escribiendo la dirección IPv4 de esta PC que es 10.149.24.81, en el campo que dice *“Dirección de Servidor”*.

Anexos

ANALIZADORES DE RED

Analizadores de Red

ANALIZADOR DE RED LCA

Instrumento con microprocesador, programable, display LCD con indicación de tres medidas, y teclado integrado.

- INSTRUMENTO DIN 96 x 96
- MEDIDA EN 4 CUADRANTES
- TRIFÁSICO 4-HILOS
- DISTORSIÓN ARMÓNICA (THD V e I)
- VALORES MAX.- y MIN.-
- VERDADERO VALOR EFICAZ (RMS)
- SALIDA SERIE RS232 / RS485
- 2 SALIDAS DE CONTACTOS



ENTORNO DE MEDIDA

MAGNITUD ELÉCTRICA	Símbolo	L1	L2	L3	SISTEMA
Tensión (Fase-Neutro)	V	(*)	(*)	(*)	
Tensión (Fase-Fase)	V	•	•	•	
Intensidad	A	•	•	•	
Potencia activa (P)	kW	•	•	•	•
Potencia reactiva (Q)	kVAr	•	•	•	•
Potencia aparente (S)	kVA	•	•	•	•
Factor de potencia (coseno φ)	PF	•	•	•	•
Frecuencia	Hz				•
THD Intensidad	A	•	•	•	
THD Tensión	V	•	•	•	
Energía activa consumida (EP+)	kW-h				•
Energía activa generada (EP-)	-kW-h				•
Energía reactiva inductiva consumida (Eoc+)	kvarL-h				•
Energía reactiva capacitiva consumida (Eoc-)	kvarC-h				•

(*) Sólo por la salida serie

MODELO

- LCA-B Modelo básico
- LCA-BA Modelo básico
Aislado en corriente
- LCA-C Modelo básico
Aislado en corriente
Salida serie RS485
2 Relés

SALIDA SERIE (Modelo LCA-C)

- Tipo: RS485
- Protocolo: MODBUS RTU
- Velocidad de transmisión: Programable
300 – 19200 Baudios

SALIDAS DE CONTACTOS (Modelo LCA-C)

Tipo: contactos libres de tensión (Relés).

Las salidas de contacto pueden configurarse como contactos de alarmas de max. o min. asociadas a cualquier magnitud medida, o como impulsos para energía activa (EP+) y energía reactiva (EQL). Así mismo pueden programarse como contactos maniobrados desde la unidad central.

PROGRAMACIÓN

- Código de identificación del instrumento.
- Tensión primaria.
- Corriente primaria.
- Modo de operación de contactos.

ANALIZADORES DE RED

Analizadores de Red

DISPLAY LCD

- Display LCD con teclado integrado.
- Más de 30 magnitudes de medida en diferentes páginas.
- Páginas seleccionables con las teclas de subir(-) bajar(+).

VALORES MAX.- MIN.-

- Valores max. y min. de: V1, V2, V3, V12, V23, V31, I1, I2, I3, P1, P2, P3, P, Q, S, coseno ϕ , y Hz.

DATOS TÉCNICOS

ENTRADA

3-Fases 4 hilos, desequilibrado.

Tensión nominal (Un)	100, 110, 230 ó 400 V
Consumo propio	1 mA por Fase
Margen de medida	20-120 % Un
Intensidad nominal (In)	1 ó 5 A
Consumo propio	0,2 VA por Fase
Margen de medida	1- 120 % In
Frecuencia	50 ó 60 Hz

SALIDA DE CONTACTOS (Modelo LCA-C)

Número de salidas	2
Tipo	Relé N.O. 250 V, 3 A

SALIDA SERIE (Modelo LCA-C)

Tipo	RS485
Conexión	2 Hilos
Velocidad de transmisión (standard)	9600 Baudios
Max. Nr de Instrumentos por Línea	32
Long. máx. de red por línea (sin Amplificador)	1250 m

(Bajo demanda salida serie RS232)

PRECISIÓN

Parámetro	Margen de medida	Precisión
Tensión	20-120 %	0,3%(lect.+ fin esc.)
Intensidad	1-120%	0,3%(lect.+ fin esc.)
Potencia activa	1-120%	0,3%(lect.+ fin esc.)
Potencia reactiva	1-120%	0,3%(lect.+ fin esc.)
Potencia aparente	1-120%	0,5%(lect.+ fin esc.)
Factor de potencia	-0,5/+0,5	0,6%(lect.)
Frecuencia	45-65 Hz	0,2% (frec.nom.)
Energía activa	5-120%	1% lect.
Energía reactiva	5-120%	2% lect.

TENSIÓN AUXILIAR

- Vaux. C.A.	83,5/110 V ó 230/400 V
Consumo propio	3 VA
Margen de funcionamiento	80-120 % Un
- Vaux. C.C.	18/72 V
Consumo propio	3 W
- Vaux. UNIVERSAL	85...265 V C.A./95...300 V C.C.
Consumo propio	

GENERAL

Iluminación del display	posterior
Material de envoltente	Metálica+ABS, UL94 V0
Dimensiones	DIN 96 x 96 mm
Terminales	Enchufables
Max. Sección del hilo	2,5 mm ²
Peso	0,35 kg
Protección	IP54 (Frontal) IP20 (Terminales)
Seguridad eléctrica (EN 61010)	Clase 2 Categoría III

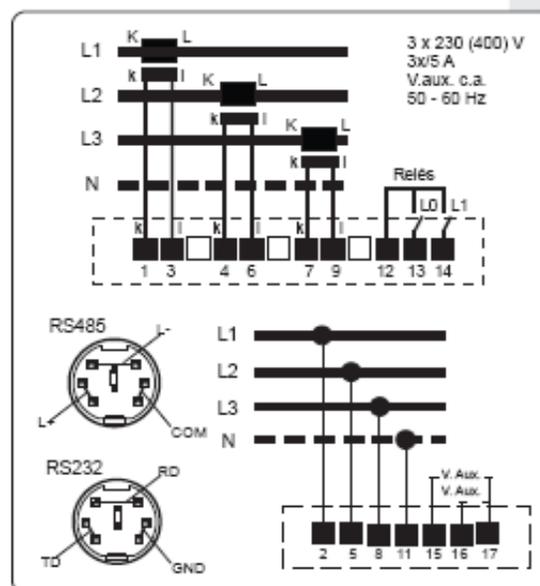
ACCESORIOS

Transformadores x/5 A ó x/1 A
Convertidores RS232 / RS485
Amplificadores RS485

OPCIONAL

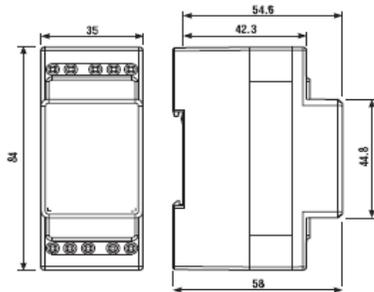
Software de lectura (Sin coste adicional).
Software de gestión SACIgest.

CONEXIONES



Características
Relé de control de nivel para líquidos conductivos
72.01 - Sensibilidad ajustable
72.11 - Sensibilidad fija

- Funciones de vaciado o llenado
- Indicador LED
- Doble aislamiento (6 kV - 1.2/50 µs) entre:
 - alimentación y contactos
 - sondas y alimentación
 - contactos y sondas
- Montaje en carril de 35 mm (EN 50022)
- Control sobre un único nivel o entre límites Min/Máx
- 72.01 disponible también para alimentación a 400V



PARA CARGAS DE MOTORES Y "PILOT DUTY" HOMOLOGADAS POR UL VER "Información Técnica General" página V

Características de los contactos

Configuración de contactos	1 contacto conmutado	
Corriente nominal/Máx. corriente instantánea A	16/30	
Tensión nominal/Máx. tensión de conmutación V AC	250/400	
Carga nominal en AC1 VA	4000	
Carga nominal en AC15 (230 V AC) VA	750	
Motor monofásico (230 V AC) kW	0.55	
Capacidad de ruptura en DC1: 30/110/220 VA	16/0.3/0.12	
Carga mínima conmutable mW (V/mA)	500 (10/5)	
Material estándar de los contactos	AgCdO	

Características de la alimentación

Tensión nominal de alimentación (U _N) V AC	24 - 110...125 - 230...240	400	24 - 110...125 - 230...240
V DC	24	—	24
Potencia nominal en AC/DC VA (50 Hz)/W	2.5/1.5	2.5/1.5	2.5/1.5
Campo de funcionamiento AC	(0.8...1.1)U _N	(0.9...1.15)U _N	(0.8...1.1)U _N
DC	(0.8...1.1)U _N	—	(0.8...1.1)U _N

Características generales

Vida útil eléctrica a carga nominal AC1 ciclos	100 · 10 ³		100 · 10 ³
Tensión sonda V AC	4		4
Corriente sonda mA	0.2		0.2
Retardo a la intervención s	0.5 - 7 (seleccionable)		1
Máxima sensibilidad kΩ	5...150 (ajustable)		150 (fijo)
Aislamiento entre alimentación/contactos/sonda (1.2/50 µs) kV	6		6
Temperatura ambiente °C	-20...+60		-20...+60
Categoría de protección	IP20		IP20

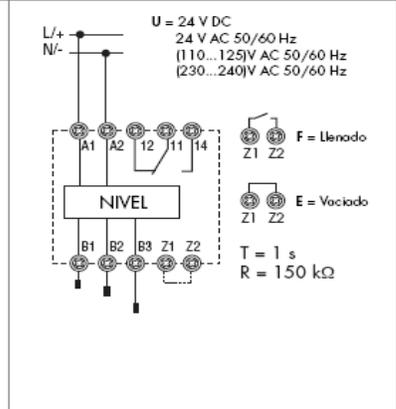
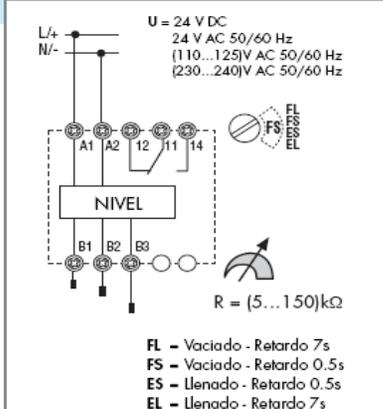
Homologaciones (según los tipos)

72.01


- Sensibilidad ajustable (5...150)kΩ
- Retardo a la intervención seleccionable (0.5s o 7s) mediante selector
- Funciones de vaciado o de llenado seleccionable mediante selector

72.11


- Sensibilidad fija 150 kΩ
- Retardo a la intervención fijo: 1 s
- Funciones de vaciado o de llenado seleccionable mediante selector





Features :

- 2:1 wide input range
- Protections: Short circuit/Over load/Over voltage
- 1500VDC I/O isolation
- Built-in EMI filter, low ripple noise
- 100% full load burn-in test
- Fixed switching frequency at 83KHz
- 24V and 48V input voltage design refer to LVD
- Low cost
- High reliability
- 1 year warranty

CE (for 24V and 48V input type)

SPECIFICATION

MODEL		SD-100B-5	SD-100C-5	SD-100D-5	SD-100B-12	SD-100C-12	SD-100D-12	SD-100B-24	SD-100C-24	SD-100D-24	
OUTPUT	DC VOLTAGE	5V			12V			24V			
	RATED CURRENT	20A			8.5A			4.2A			
	CURRENT RANGE	0 ~ 20A			0 ~ 8.5A			0 ~ 4.2A			
	RATED POWER	100W			102W			100.8W			
	RIPPLE & NOISE (max.) Note.2	100mVp-p			120mVp-p			150mVp-p			
	VOLTAGE ADJ. RANGE	4.5 ~ 5.5VDC			11 ~ 16VDC			23 ~ 30VDC			
	VOLTAGE TOLERANCE Note.3	±2.0%			±1.0%			±1.0%			
	LINE REGULATION	±0.5%			±0.3%			±0.2%			
	LOAD REGULATION	±0.5%			±0.3%			±0.2%			
	SETUP, RISE TIME	2s, 50ms(only D mode) at full load									
HOLD TIME (Typ.)	24ms(only D mode) at full load										
INPUT	VOLTAGE RANGE	B: 19 ~ 36VDC		C: 36 ~ 72VDC		D: 72 ~ 144VDC or 85 ~ 132VAC					
	EFFICIENCY (Typ.)	74%	75%	76%	75%	77%	80%	78%	81%	83%	
	DC CURRENT (Typ.)	4.8A/24V			2.4A/48V			1.2A/96V			
	INRUSH CURRENT (Typ.)	D: 18A/96VDC									
LEAKAGE CURRENT	<0.75mA/120VAC(SD-100D)										
PROTECTION	OVER LOAD	105 ~ 135% rated output power Protection type : Fold back current limiting, recovers automatically after fault condition is removed									
	OVER VOLTAGE	5.75 ~ 6.75V/10% load			16.8 ~ 20V/10% load			31.5 ~ 37.5V/10% load			
ENVIRONMENT	WORKING TEMP.	-10 ~ +60°C (Refer to output load derating curve)									
	WORKING HUMIDITY	20 ~ 90% RH non-condensing									
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-20 ~ +85°C, 10 ~ 95% RH									
	TEMP. COEFFICIENT	±0.03%/°C (0 ~ 50°C)									
	VIBRATION	10 ~ 500Hz, 2G 10min./1cycle, 60min. each along X, Y, Z axes									
SAFETY & EMC (Note 4)	SAFETY STANDARDS	24V and 48V input design refer to LVD									
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-Q/P: 1.5KVAC I/P-FG: 1.5KVAC Q/P-FG: 0.5KVAC									
	ISOLATION RESISTANCE	I/P-Q/P, I/P-FG, O/P-FG: 100M Ohms/500VDC									
	EMI CONDUCTION & RADIATION	Compliance to EN55022 (CISPR22) Class B									
OTHERS	EMS IMMUNITY	Compliance to EN61000-4-2, 3, 4, 6, 8; ENV50204 heavy industry level, criteria A									
	MTBF	356.7K hrs min.(SD-100B)		355.5K hrs min.(SD-100C)		341.9K hrs min.(SD-100D)		MIL-HDBK-217F (25°C)			
NOTE	DIMENSION	199*98*38mm (L*W*H)									
	PACKING	0.65Kg; 20pcs/13.8Kg/0.8CUFT									

1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 24,48,96VDC input, rated load and 25°C of ambient temperature.
 2. Ripple & noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1uF & 47uF parallel capacitor.
 3. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation.
 4. The power supply is considered a component which will be installed into a final equipment. The final equipment must be re-confirmed that it still meets EMC directives.

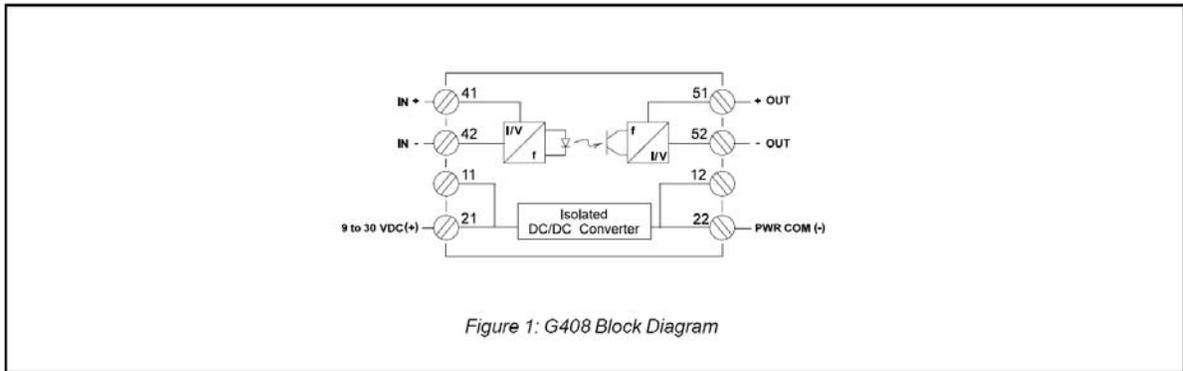


Figure 1: G408 Block Diagram

Configuration

The G408 has 18 input range settings. Trim potentiometers allow 50% input zero and span adjustability within each of the 18 full scale input ranges.

Unless otherwise specified, the factory pre-sets the Model G408-0001 and G408-1001 as follows:

G408-0001

Input Range: 4-20mA
Output Range: 4-20mA

G408-1001

Input Range: 4-20mA
Output Range: -10 to +10V

The DC power input accepts any source between 9 and 30V; typically a 12V or 24VDC source is used (see Accessories).

To minimize interference from electrical and magnetic fields, the use of shielded, twisted pair wires on the input and output is recommended.

WARNING! Do not change switch settings with power applied. Severe damage will result!

Refer to Tables 1 through 4 for the proper switch settings. Use the switches on SW1 to select the input type (voltage or current) and also to select the desired input range and function setting. Use SW2 to select the desired output type.

Calibration

1. After configuring the DIP switches, connect the input to a calibrated DC source. Connect the output to the actual device load (or a load approximately equivalent to the device load) and apply power.

Note: To maximize thermal stability, final calibration should be performed in the operating installation, allowing approximately 1 to 2 hours for warm up and thermal equilibrium of the system.

2. Set the calibrator to the desired minimum input and adjust the zero potentiometer for the desired minimum output.

3. Set the calibrator to the desired maximum input and adjust the span potentiometer for the desired maximum output.

4. Repeat steps 2 and 3, as necessary, for best accuracy.

Table 1: G408 Input Range Settings

Ranges		Selector SW1			
Voltage	Current	1	2	3	4
20mV	2mA			■	■
50mV	5mA		■		
100mV	10mA		■		■
200mV	20mA		■	■	
500mV	50mA		■	■	■
1V	100mA	■			
2V		■			■
5V		■		■	■
10V		■	■		
25V		■	■		■
50V		■	■	■	
100V		■	■	■	■

Key: ■ = 1 = ON or Closed

Table 3: G408-0001 Output Settings

G408-0001 Ranges	Selector SW2							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0 to 5V	■	■	■	■				
0 to 10V	■		■	■				
0 to 1mA		■	■	■				
4 to 20m						■	■	■
0 to 20mA	■	■				■	■	■

Key: ■ = 1 = ON or Closed

Table 4: G408-1001 Output Settings

G408-1001 Ranges	Selector SW1	
	9	10
-5V to +5V		■
-10V to +10V		

Key: ■ = 1 = ON or Closed

Table 2: G408 Function Settings

Function	Selector SW1			
	5	6	7	8
Unipolar	■			
Reverse		■		
Current				■
Voltage			■	

Key: ■ = 1 = ON or Closed

SPECIFICATIONS

Input

Voltage

Range Limits: 10mV to 100V
Impedance: >100K Ohms

Overvoltage:

400 Vrms, max.(intermittent);
264 Vrms,max. (Continuous)

Current

Range Limits: 1mA to 100mA
Impedance: 20 Ohms, typical
Overcurrent: 170mA RMS, max.
Overvoltage: 60VDC

Zero Turn-Up: 50% of full scale input

Span Turn-Down: 50% of full scale input

Common Mode (Input to Ground) 1800 VDC, max.

Output (G408-0001)

Voltage

Output: 0-5V, 0-10V
Source Impedance: <10 Ohms
Drive: 10mA, max.

Current

Output: 0-1mA,4-20mA,0-20mA
Source Impedance: >100K Ohms
Compliance:

0-1mA: 7.5V, max (7.5K Ohms)
4-20mA: 12V, max (600 Ohms)
0-20mA: 12V, max (600 Ohms)

Output (G408-1001)

Voltage

Output: -5V to +5V, -10 to +10V
Source Impedance: <10 Ohms
Drive: 10mA, max.

LED Indication (green)

Input Range

>110%(approx) input:8Hz flash
< -10%(approx) input: 4Hz flash

Accuracy (Including Linearity, Hysteresis)

<2mA<20mV:± 0.35% of full scale, typical;
0.5%, max.

>2mA>20mV:± 0.1% of full scale, typical; 0.2%, max.

Response Time (10-90%)

200mSec., typical

Stability (Temperature)

±0.025% of full scale/°C,typical; ±0.05%/°C, max.

Common Mode Rejection

DC to 60Hz: 100dB

Isolation (Input to Output)

1800VDC between input, output and power

EMC Compliance (CE Mark)

Emissions: EN50081-1

Immunity: EN50082-2

Safety: EN50178

Mean Time Between Failures

60K Hours

Humidity (Non-Condensing)

Operating: 15 to 95% @ 45°C
Soak: 90% for 24 hours @ 65°C

Temperature Range

Operating: 0 to 55°C (32 to 131°F)
Storage: -25 to 70°C (-13 to 158°F)

Wire Terminals

Screw terminals for 12-22AWG

Power

Consumption: 1.5W typical, 2.5W max.
Range: 9 to 30VDC

Weight

0.5 lbs.

Agency Approvals

CSA certified per standard C22.2, No. 0-M91 and
142-M1967 (File No. LR42272).
UL recognized per standard UL508
(File No.E99775).

CE Conformance per EMC directive 89/336/EEC
and Low Voltage 73/23/EEC (Input < 75VDC,
only).

Models & Accessories

Ordering Information

Specify:

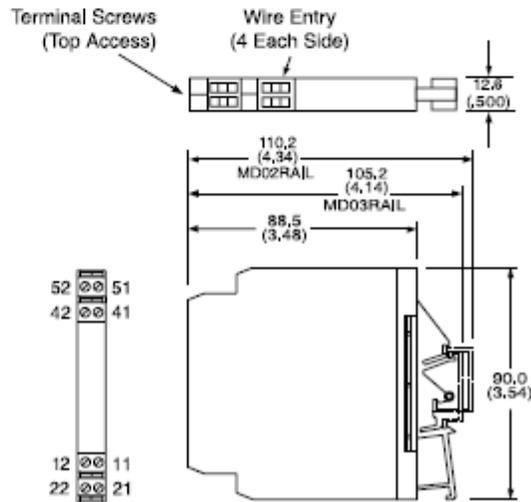
1. Model: G408-0001 (standard outputs) or G408-1001 (bipolar outputs)
2. Accessories: (see Accessories)
3. Optional Custom Factory Calibration; specify C620 with desired input and output range.

Accessories

All SlimPak "G" series modules will mount on standard TS32 (model MD02) or TS35 (model MD03) DIN rail and include model H501 heat sink. In addition, the following accessories are available:

- MD03 TS35x7.5 DIN rail
- WV905 24VDC Power Supply (0.5 Amp)
- H910 24VDC Power Supply (1 Amp)
- H915 24VDC Power Supply (2.3 Amp)
- MB03 End Bracket for MD03
- C664 I/O Descriptive Tags
- C006 0.1 Ohm, 5W, 1% shunt resistor

Dimensions



Technical overview

The pressure transmitters of type series 681 with piezoresistive measuring elements have compensated, calibrated and amplified sensor signals which are available as standardized voltage or current outputs.

In the immersion-sensor version with a salt water and oil-resistant connection cable they are specially suited for level measurement, even in the presence of corrosive liquids.

The cable incorporates a tube for compensation of the ambient pressure.

All metal parts made of stainless steel are water-tight welded.

The distinct advantages

- Mechanically protected diaphragm due to special head design
- Supplementary weight (option) improves stabilization of sensor in turbulent media
- Effective overload protection due to chemically etched chip diaphragm and specially designed glass gland
- Compact construction using SMD technology, enhances operational reliability in the presence of shock and vibration
- 100 % sealed against media because fully welded

Pressure ranges

Relative pressure 0.1 to 25 bar (differential measurements to ambient pressure)

Absolute pressure as option.

DIN categories see order code selection table.

Overload

3x measurement range, min. 3 bar.

Rupture pressure

> 200 bar (0.1 ... 25 bar)

Characteristic line deviation

Acc. initial point setting DIN 16086, inclusive hysteresis and repeatability

≤ ±0.5 % fs

≤ ±0.25 % fs (option)

≤ ±0.1 % fs up to pressure range 1 bar (option)

Temperature influences

Compensated temperature ranges: 0 to 70 °C, -25 to +85 °C

Temperature error

Zero point (0 to 70 °C)

0 ... < 0.5 bar < ±0.06 % fs/°C

0.5 ... < 2 bar < ±0.03 % fs/°C

2 ... 25 bar < ±0.015 % fs/°C

Zero point (-25 to +85 °C)

0 ... < 0.5 bar < ±0.08 % fs/°C

0.5 ... < 2 bar < ±0.04 % fs/°C

2 ... 25 bar < ±0.02 % fs/°C

Operating range (0 to 70 °C)
±0.015 % fs/°C

Operating range (-25 to +85 °C)
±0.02 % fs/°C

Storage -40 to +125 °C

Dynamic response

Response time < 1 msec.
Suitable for static and dynamic measurements.

Outputs and power supply

0 – 5 V	15 – 30 VDC	(3-wire)
0 – 10 V	15 – 30 VDC	(3-wire)
0 – 20 mA	9 – 33 VDC	(3-wire)
4 – 20 mA	9 – 33 VDC	(2-wire)

Short-circuit proof, with polarity reversal protection.

Other signal outputs on request.

Electromagnetic compatibility: CE conformity to EC directive 89/336 EEC (EMC) by application of harmonized standards EN 50081-2 and EN 50082-2.

Load

0 – 20 mA: $\frac{\text{supply voltage} - 6 \text{ V}}{0.02 \text{ A}}$ [Ohm]
max. 1 kOhm

4 – 20 mA: max. $\frac{\text{supply voltage} - 9 \text{ V}}{0.02 \text{ A}}$ [Ohm]

Intrinsically safe version

Intrinsic safety

II 16 EEx ia IIC T4 ... T6

for Fig. 1 and 2

Intrinsic safety

II 16 EEx ia IIB T4 ... T6 for Fig. 3

Output	Power supply
4 – 20 mA	10 – 30 VDC

Load:
max. $\frac{\text{supply voltage} - 10 \text{ V}}{0.02 \text{ A}}$ [Ohm]

Current consumption

0 – 5 V 2.5 mA

0 – 10 V 2.5 mA

0 – 20 mA 26 mA fs (max. 30 mA)

4 – 20 mA 20 mA fs (max. 31 mA)

Electrical connections/Protection class

Test voltage 500 volts.

Order code selection table

EDITION 07/2002

681

		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pressure ranges ¹ (bar)	0 – 100 mbar	0	0								
Relative pressure	0 – 160 mbar	0	1								
	0 – 250 mbar	0	2								
	0 – 400 mbar	0	3								
	0 – 600 mbar	0	4								
	0 – 1 bar	0	5								
	0 – 1.6 bar	0	6								
	0 – 2.5 bar	0	7								
	0 – 4 bar	0	8								
	0 – 6 bar	0	9								
	0 – 10 bar	1	0								
	0 – 16 bar	1	1								
	0 – 25 bar	1	2								
Outputs	0 – 5 VDC							0			
	0 – 10 VDC							1			
	0 – 20 mA							2			
	4 – 20 mA							3			
	4 – 20 mA Intrinsically safe version, II 1G EEx Ia IIB / IIC T4 ... T6 ⁵							4			
	4 – 20 mA with overvoltage protection							5			
	0 – 10 VDC with overvoltage protection							6			
Characteristic line deviation	≤ +/- 0.50 % fs							0			
	≤ +/- 0.25 % fs							1			
	≤ +/- 0.10 % fs (on request)							2			
Temperature ranges ²	0 – 70 °C compensated (Medium temperature permissible 0 – 80 °C) ⁴							0			
	-25 – 85 °C compensated (Medium temperature permissible -25 – 85 °C) ⁴							1			
Temperature class	EEx T 6 (Ta: -25 ... 55 °C)							4	0		
	EEx T 4 (Ta: -25 ... 85 °C)							4	1		
Cable length	Data in meters Example: <input type="text" value="2"/> <input type="text" value="0"/>										
Versions	Fig. 1 closed, short case										0
	Fig. 1 closed, with supplementary weight										1
	Fig. 2 open, short case										2
	Fig. 2 open, with supplementary weight										3
	Fig. 3 closed, short case, screwing version										4
	Fig. 3 closed, with supplementary weight, screwing version										5
	Fig. 4 open, short case, screwing version										6
	Fig. 4 open, with supplementary weight, screwing version,										7
	Fig. 5 closed, PVDF										8
	Fig. 6 open, PVDF										9
Medium	Diesel oil, fuel oil, kerosen Fig. 1/2/3/4 cable Teflon	0									
	Salt water, brackish water Fig. 1/2/3/4 cable PUR ⁴	1									
	Drinking water, potable Fig. 1/2/3/4 cable PE ⁴	2									
	Lake / river water Fig. 1/2/3/4 cable PUR ⁴	3									
	Benzene ³ Fig. 1/2/3/4 cable Teflon	4									
	Chlorinated water Fig. 5/6 PVDF / cable PUR ⁴	5									
	Acids and alkaline solutions ⁵ Fig. 5/6 PVDF / cable Teflon	6									
	Other medium, precise specification	9									
<p>All media must be specified precisely in relation to temperature and concentration.</p> <p>Standard seals with Viton. Other seals on request.</p>											
Weight	Standard Fig. 1/2/3/4 ~ 160 grams										
	with supplementary weight ~ 420 grams										
	Standard / Ex-Version Fig. 5/6 ~ 270 grams										
	Cable / meter PUR ~ 50 grams										
	Cable / meter Teflon ~ 50 grams										

¹ Other pressure ranges outside the DIN categories on request.

⁴ For temperature > 50 °C use cable Teflon.

² Other temperature ranges on request.

⁵ Indicate correct medium.

³ Specify type of benzene.

About Analog I/O Modules

Introduction There are 9 Analog I/O modules which can be added to Twido bases as additional I/O to these bases.

Analog I/O Modules The following table lists the Analog I/O modules:

Module Name	Reference	Channels	Channel type	Details	Range	Terminal type
Input Modules						
2 high level inputs	TWDAMI2HT	2	Inputs	12 bits	0... 10 V (non differential) 4... 20 mA differential	Removable terminal block
4 low level inputs	TWDAMI4LT	4	Inputs	12 bits, Pt 100/1000, NI 100/1000	0... 10 V (non differential) 0... 20 mA (differential)	
8 high level inputs	TWDAMI8HT	8	Inputs	10 bits	0... 10 V (differential) 0... 20 mA (differential)	
8 high level inputs	TWDARI8HT	8	Inputs	10 bits, NTC or PTC sensors		
Output Modules						
2 high level outputs	TWDAVO2HT	2	Outputs	11 bits + sign	± 10 V	Removable terminal block
1 high level output	TWDAMO1HT	1	Output	12 bits	0... 10 V 4... 20 mA	
Mixed modules						

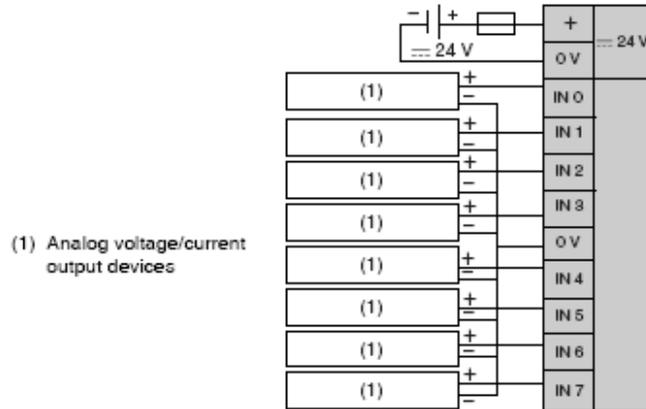
Assembling an Expansion I/O Module to a Base.

The following procedure shows how to assemble a base and an expansion I/O module together.

Step	Action
1	Remove the expansion connector cover from the base.
2	Make sure the black latch button on the I/O module is in the up position. <div style="text-align: center;">  </div>
3	Align the connector on the left side of the Expansion I/O module with the connector on the right side of the base. <div style="text-align: center;">  </div>
4	Press the expansion I/O module to the base until it "clicks" into place.
5	Push down the black latch button on the top of the expansion I/O module to lock the module to the base.

**TWDAMI8HT
Wiring
Schematic**

This schematic is for the TWDAMI8HT module.



- Connect a fuse appropriate for the applied voltage and current draw, at the position shown in the diagram.
- Do not connect any wiring to unused channels.

Note: to avoid disturbances on the analog I/O, the power supply of the TWDAMI8HT module must be turned on or off at the same time than the base controller power supply.

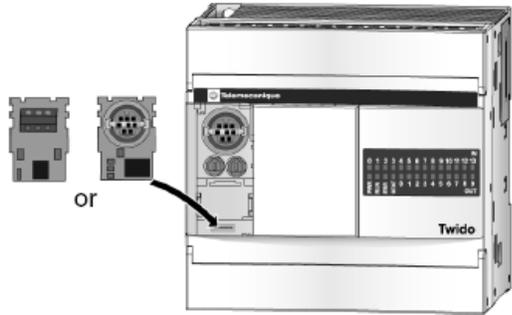
Installing a Communication Adapter and an Expansion Module

Introduction

This section shows how to install the TWDNAC232D, TWDNAC485D, or TWDNAC485T communication adapter into a Compact controller's port 2 and in a TWDXCPODM operator display expansion module. This section also shows how to assemble and disassemble the TWDNOZ232D, TWDNOZ485D, and TWDNOZ485T communication expansion module to a Modular controller. Your controller may differ from the illustrations in these procedures but the basic mechanism procedures are applicable.

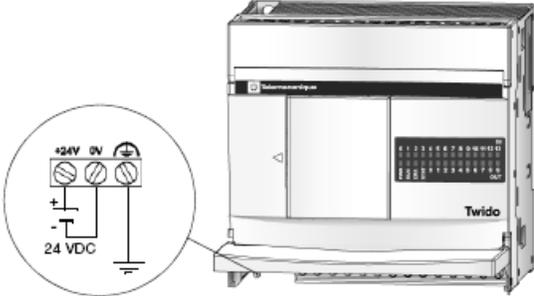
Installing the Communication Adapter into a Compact Controller's Port 2

The following procedure shows how to install the TWDNAC232D, TWDNAC485D, or TWDNAC485T communication adapter into a Compact controller's port 2.

Step	Action
1	Open the hinged lid.
2	Remove the cartridge cover located on the bottom of the Compact controller.
3	Push the communication adapter's connector into the Compact controller's port 2 connector until it "clicks".
	
4	Look in the opening at the bottom of the Compact controller where the cartridge cover resided and make sure the communication adapter's connector is seated in the Compact controller's port 2 connector. Adjust the adapter if it is not seated correctly.
5	Attach the cartridge cover.

Connect a DC Power Supply to a Compact Controller

The following diagram shows how to connect a DC power supply to a TWDLCD••DRF series Compact Controller.



Compact Controller Power Supply Specifications

The following table provides power supply information for the Compact controller.

Item	AC Specifications	DC Specifications
Power supply voltage	Rated power voltage: from 100 to 240 VAC	Rated power voltage: 24 VDC
	Allowable range: from 85 to 264 VAC	Allowable range: from 19.2 to 30 VDC
	The detection of the absence of a power supply depends on the number of inputs and outputs used. Usually the absence of a power supply is detected when voltage drops to less than 85 VAC, stopping the current operation to prevent malfunction.	The detection of the absence of a power supply depends on the number of inputs and outputs used. Usually the absence of a power supply is detected when voltage drops to below 14 VDC, stopping the current operation to prevent malfunction.
	Note: Momentary power interruption for 20 ms or less at 100 to 240 VAC is not recognized as power failure.	Note: Momentary power interruption for 10 ms or less at 24 VDC is not recognized as failure.
Inrush current flow at power-up	TWDLCAA10DRF and TWDLCAA16DRF: 35 A maximum TWDLCAA24DRF: 40 A maximum	
Power supply wiring	0.64 mm ² (UL1015 AWG22) or 1.02 mm ² (UL1007 AWG18) Make the power supply wiring as short as possible.	
Ground wiring	1.30 mm ² (UL1007 AWG16) Do not connect ground wire in common with ground wire of motor equipment.	

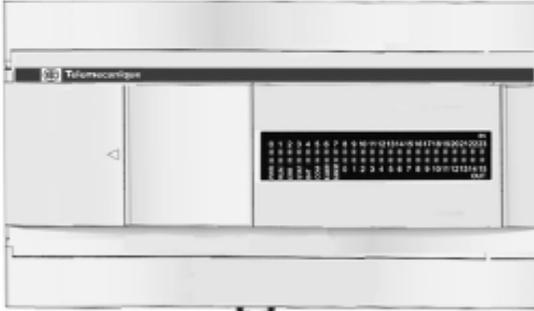
Configuración máxima de hardware

Introducción Esta sección proporciona las configuraciones máximas de hardware para cada controlador.

Configuraciones máximas de hardware: controladores compactos En la tabla siguiente se enumera el número máximo de elementos para cada controlador compacto:

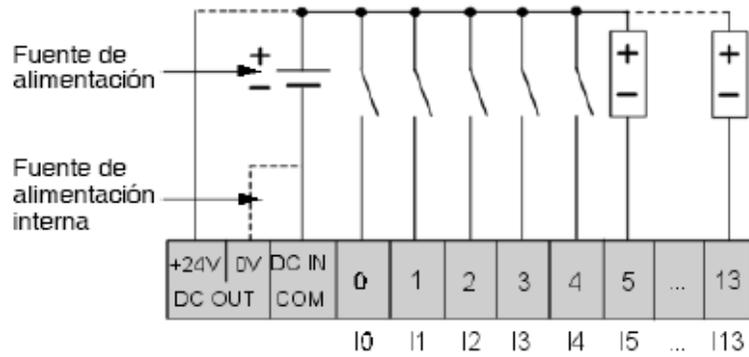
Elemento de controlador	Controlador compacto			
	LCAA10DRF LCDA10DRF	LCAA16DRF LCDA16DRF	LCAA24DRF LCDA24DRF	LCAA40DRF LCAE40DRF
Entradas digitales estándar	6	9	14	24
Salidas digitales estándar	4	7	10	16 (14 relés + 2 salidas de transistor)
Número máximo de módulos de ampliación de E/S (digitales o analógicas)	0	0	4	7
Número máximo de entradas digitales (E/S del controlador + E/S de ampliación)	6	9	14 + (4 x 32) = 142	24+(7x32)=248
Número máximo de salidas digitales (E/S del controlador + E/S de ampliación)	4	7	10 + (4 x 32) = 138	16+(7x32)=240
Número máximo de E/S digitales (E/S del controlador + E/S de ampliación)	10	16	24 + (4 x 32) = 152	40+(7x32)=264
Número máximo de módulos de interfase del bus AS-Interface	0	0	2	2
Número máximo de E/S con módulos AS-Interface (7 E/S por slave)	10	16	24+(2x62x7)=892	20+(2x62x7) =908
Número máximo de módulos master de interfase del bus de campo CANopen:	0	0	1	1
Número máximo de T/R -PDOs con dispositivos CANopen	0	0	16 TPDO 16 RPDO	16 TPDO 16 RPDO

Elemento de controlador	Controlador compacto			
	LCAA10DRF LCDA10DRF	LCAA16DRF LCDA16DRF	LCAA24DRF LCDA24DRF	LCAA40DRF LCAE40DRF
Número máximo de salidas de relé	4 (sólo base)	7 (sólo base)	10 (base) + 32 (ampliación)	14 (base) + 96 (ampliación)
Potenciómetros	1	1	2	2
Entradas analógicas integradas	0	0	0	0
Número máximo de E/S analógicas (E/S del controlador + E/S de ampliación.)	0 de entrada/0 de salida	0 de entrada/0 de salida	8 de entrada/4 de salida	15 de entrada/7 de salida
Controladores remotos	7	7	7	7
Puertos serie	1	2	2	2
Puerto Ethernet	0	0	0	1 (sólo para TWDLCA-E40DRF)
Slots del cartucho	1	1	1	1
Tamaño máximo de aplicación/ copia de seguridad (KB)	8	16	32	64
Cartucho de memoria opcional (KB)	32 ¹	32 ¹	32 ¹	32 ó 64 ²
Cartucho RTC opcional	Sí ¹	Sí ¹	Sí ¹	RTC integrado ³
Monitor de operación opcional	Sí	Sí	Sí	Sí
2º puerto opcional	No	Sí	Sí	Sí
Módulo de interfase Ethernet opcional	Sí	Sí	Sí	Sí (TWDLC-AA40DRF) No (TWDLC-AE40DRF)

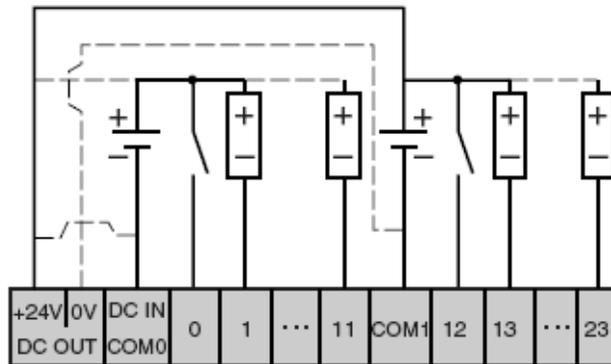
Tipo de controlador	Ilustración
<p>Controladores compactos de 40 E/S: A continuación se detallan las funciones compartidas por controladores de las series TWDLCAA40DRF y TWDLCAE40DRF:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 24 entradas digitales, 14 de relé y 2 salidas de transistor ● 2 potenciómetros analógicos ● 1 puerto serie integrado ● 1 slot para un puerto serie adicional ● RTC integrado ● Compartimiento de batería para batería externa reemplazable por el usuario ● Admite hasta 7 módulos de ampliación de E/S. ● Admite hasta dos módulos de interfase del bus AS-Interface V2 ● Admite un módulo master de interfase del bus de campo CANopen: ● Admite un cartucho de memoria opcional (de 32 ó 64 KB) ● Admite un módulo de monitor de operación opcional <p>Características específicas de TWDLCAA40DRF:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Admite un módulo de interfase Ethernet ConneXium TwidoPort <p>Características específicas de TWDLCAE40DRF:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Puerto RJ45 de interfase Ethernet integrado 	<p style="text-align: center;">TWDLCAA40DRF</p>  <p style="text-align: center;">TWDLCAE40DRF</p> 

Esquema de cableado de entradas de común positivo de CC

Este esquema de cableado corresponde a los controladores TWDLG•A10DRF, TWDLG•A16DRF y TWDLG•A24DRF.



El esquema de cableado de entradas de común positivo de CC corresponde a los controladores de la serie TWDLGA•40DRF.



Barra de pasos y subpasos de la aplicación

	<p>Proyecto Éste es el primer paso para crear o abrir una aplicación. La barra de pasos y subpasos de la aplicación muestra el nombre de la aplicación abierta en la esquina superior derecha.</p>
	<p>Describir Éste es el segundo paso para construir la aplicación de automatización Twido. El paso Describir permite seleccionar los recursos de hardware del catálogo y describir cómo se interconecta el equipo con otros mediante redes.</p>
	<p>Programa Éste es el tercer paso para configurar la aplicación Twido. Proporciona acceso a los tres subpasos siguientes.</p> <p>1. Configurar Este subpaso permite ver y definir:</p> <ul style="list-style-type: none"> •La Configuración del hardware para el controlador base, los módulos de ampliación, los módulos de comunicación y las opciones de hardware. •La Configuración de objetos de datos para objetos simples, bloques de función, objetos de E/S y objetos profesionales. •Comportamiento del controlador •Protecciones con contraseña o de programas de aplicación <p>2. Programa Abre el Editor de programa predeterminado (de Ladder o Lista) y proporciona acceso al Editor de símbolos.</p> <p>3. Depuración Permite controlar la conexión de TwidoSuite al PLC y proporciona acceso a las tareas Tablas de animación Editor y Control.</p>
	<p>Informe Éste es el último paso para configurar la aplicación. Abre la ventana Gestor de informes para seleccionar los componentes de informes, configurar las opciones de impresión y exportar el informe de la aplicación al formato HTML.</p>
	<p>Misceláneo Proporciona acceso a la Ayuda general e información Acerca de TwidoSuite.</p>
	<p>Preferencia Abre la ventana Preferencias del usuario.</p>
	<p>Muestra las páginas Ayuda rápida acerca del nivel de tareas</p>