



**JUAN CARLOS ESCOBEDO REYES**  
**CARRERA: ING. MECATRONICA**  
**ASESOR: ING. OSCAR MARTÍN NÁJERA SOLIS**  
**TITULACIÓN OCTUBRE 2017**



**Operación y Mantenimiento del Distrito de Riego 001 A.C.**



<b>Justificación</b>	3
<b>Objetivos</b>	3
<b>Problema a resolver</b>	3
<b>Introducción al protocolo de comunicación modbus</b>	5
<b>Los dos modos de transmisión serial</b>	7
<b>Contenido del campo datos</b>	7
<b>Cómo son transmitidos los caracteres en serie</b>	7
<b>Modbus tcp/ip</b>	8
<b>Modelo cliente servidor</b>	9
<b>Descripción del protocolo</b>	10
<b>La unidad de datos de la aplicación sobre modbus tcp/ip</b>	10
<b>Capa de comunicaciones de la aplicación</b>	11
<b>Cliente modbus</b>	12
<b>Interfase del cliente modbus</b>	12
<b>Servidor modbus</b>	12
<b>Interfase trasera modbus</b>	13
<b>Capa de administración tcp</b>	13
<b>Administrado de conexión.</b>	13
<b>Módulo de control de acceso</b>	13
<b>Administrador de código y control de flujo de datos.</b>	14
<b>Administración automática de la conexión tcp</b>	14
<b>Transferencia de datos modbus</b>	15
<b>Modulo de control de acceso</b>	15
<b>Diseño del cliente modbus</b>	15
<b>Desempeño requerido y esperado</b>	16
<b>El plc dl05</b>	17
<b>Aplicación</b>	18
<b>Comunicación solartron</b>	18
<b>Monitoreo de densitómetros</b>	18
<b>Metodología</b>	20
<b>Resultados</b>	22
<b>Conclusiones</b>	24
<b>Cronograma de actividades</b>	25
<b>Referencias</b>	26
<b>Anexos</b>	27

## **JUSTIFICACIÓN:**

La industria requiere mejorar el control de sus unidades mediante la instrumentación necesaria y adecuada, además de contar con sistemas de monitoreo que permitan en conjunto, minimizar costos de instrumentación, cableado e implementación, con el objetivo de incrementar la calidad de la producción y el nivel de seguridad de sus instalaciones. La industria tiene un alto grado de lo que se puede llamar automatización básica: salas de control con sistemas de control distribuido, controladores lógicos programables (PLC, por sus siglas en inglés) para sistemas de seguridad, secuenciamiento, etc., están hoy día presentes en todas las instalaciones. La flexibilidad se considera como la facilidad de adaptación a cambios en los productos que se fabrican, sus características, demanda, etc. Del mismo modo se extienden y avanzan los buses de campo (MODBUS, PROFIBUS, etc.), a la vez que los sistemas basados en computadoras y la relativa normalización de las comunicaciones permiten disponer de grandes cantidades de análisis y procesamiento de datos.

## **Objetivos :**

Recopilar información y adquirir el conocimiento necesario para implementar, configurar, mantener y evaluar una red Modbus/TCP.

Ofrecer una solución a las necesidades industriales de monitoreo de facilidades eléctricas, a través del diseño de un sistema basado en una arquitectura de red de datos estándar, aplicando las normas oficiales reconocidas nacional e internacionalmente.

## **Problema resolver:**

Se desarrollará una red industrial de monitoreo para facilidades eléctricas, usando como base el protocolo de comunicación industrial MODBUS, en sus modos RTU y TCP/IP, utilizando como controlador principal un arreglo de PLC modulares, capaces de interactuar con el protocolo de comunicación antes mencionado.

## Lista de Figuras

<b>Figura 2.2 El ciclo de pregunta y respuesta maestro - esclavo</b>	<b>6</b>
<b>Figura 2.5 Orden de bits ASCII</b>	<b>8</b>
<b>Figura 2.6 Orden de bits RTU</b>	<b>8</b>
<b>Figura 5.1 Modelo cliente servidor</b>	<b>9</b>
<b>Figura 5.6 Modelo de los datos Modbus con bloques separados</b>	<b>12</b>
<b>Software Advview para el monitoreo y configuración</b>	<b>19</b>

## Introducción

En este proyecto se pretendió utilizar un estándar de instrumentación sobre Ethernet, Modbus/TCP, para realizar la implementación de una red de control industrial capaz de ser accedida a través de Internet ó la Intranet local, usando los protocolos TCP/IP. El protocolo Modbus/TCP es muy difundido por ser abierto, lo cual le permite la comunicación con gran diversidad de elementos industriales; es por eso que es de gran importancia trabajar sobre él, y además debido a que en nuestro medio no se encuentran desarrollos concenientes a este tema.

El MODBUS es un protocolo de comunicación serial basado en el modelo maestro/esclavo, a la fecha es un estándar de facto, es público, muy seguro, no requiere licencias y su implementación es relativamente fácil en dispositivos electrónicos.

El protocolo MODBUS es un protocolo que usa líneas seriales, por lo que comúnmente se implementa sobre redes de comunicación RS-485, pero también sobre redes que usan la comunicación serial RS-232, incluso se puede implementar vía TCP/IP sobre una red Ethernet, en SDM se usa la implementación MODBUS sobre una red RS-485.

Los modos de transmisión definen como se envían los paquetes de datos entre maestros y esclavos, el protocolo MODBUS define dos principales modos de transmisión:

- MODBUS RTU (Remote Terminal Unit). La comunicación entre dispositivos se realiza por medio de datos binarios. Esta es la opción más usada del protocolo y es la que se implementó en nuestras tarjetas.
- MODBUS ASCII (American Standard Code for Information Interchange). La comunicación entre dispositivos se hace por medio de caracteres ASCII.

## **Comunicación Maestro-Esclavo en MODBUS**

El MODBUS siempre funciona con un maestro y uno o más esclavos, siendo el maestro quién controla en todo momento el inicio de la comunicación con los esclavos, que según la especificación pueden ser hasta 247 en una misma red. El esclavo por otro lado se limita a retornar los datos solicitados por el maestro, así de simple es la comunicación usando el MODBUS, el maestro envía los mensajes y el respectivo esclavo los responde. Cada esclavo debe tener una única dirección, así el maestro sabe con quien se debe comunicar.

## **PROTOCOLO MODBUS**

Es uno de los protocolos más usados en la industria, este protocolo al no ser un estándar toma varias formas dependiendo del fabricante del equipo, se da un resumen sobre las diferencias entre un tipo de Modbus y otro, cabe mencionar que en la actualidad debido a esta diferencia en protocolos los equipos permiten configurar el tipo de Modbus a manejar.

### **Introducción al protocolo de comunicación Modbus**

Los controladores programables de Modbus pueden comunicarse entre sí y con otros dispositivos instalados sobre una gran variedad de redes. Algunas de las redes soportadas son Modicon Modbus y Modbus Plus Industrial Networks, pero el alcance es más allá, ya que es posible comunicarse con redes estándares como Ethernet. Estas redes son acezadas por puertos construidos por el controlador o por adaptadores de red. En el intercambio de mensajes, el protocolo Modbus insertado en cada paquete de la red específica proporciona el lenguaje común mediante el cual cada dispositivo intercambia los datos.

### **Intercambio de Información en Una red Modbus**

Los puertos de Modbus estándar sobre controladores usan una interface serial compatible con RS-232 que define los pines de entrada y salida, el cableado, los niveles de señal velocidad de transmisión en bauds y el chequeo de la paridad, los controladores pueden ser conectados a la red directamente o vía

MODEM. La comunicación de los controladores Modbus usan una técnica de maestro-esclavo, en donde solo un dispositivo denominado (el maestro) puede iniciar transferencias (llamadas preguntas). Los otros dispositivos (los esclavos) responderán proporcionando los datos solicitados por el maestro. El maestro puede direccionar esclavos individuales, o puede iniciar un mensaje a todos los dispositivos esclavos (broadcast). Los esclavos regresan un mensaje (llamado respuesta) a preguntas que son dirigidas a ellos individualmente. Los esclavos no regresaran respuestas cuando el maestro envía un mensaje a todos los dispositivos (un broadcast).

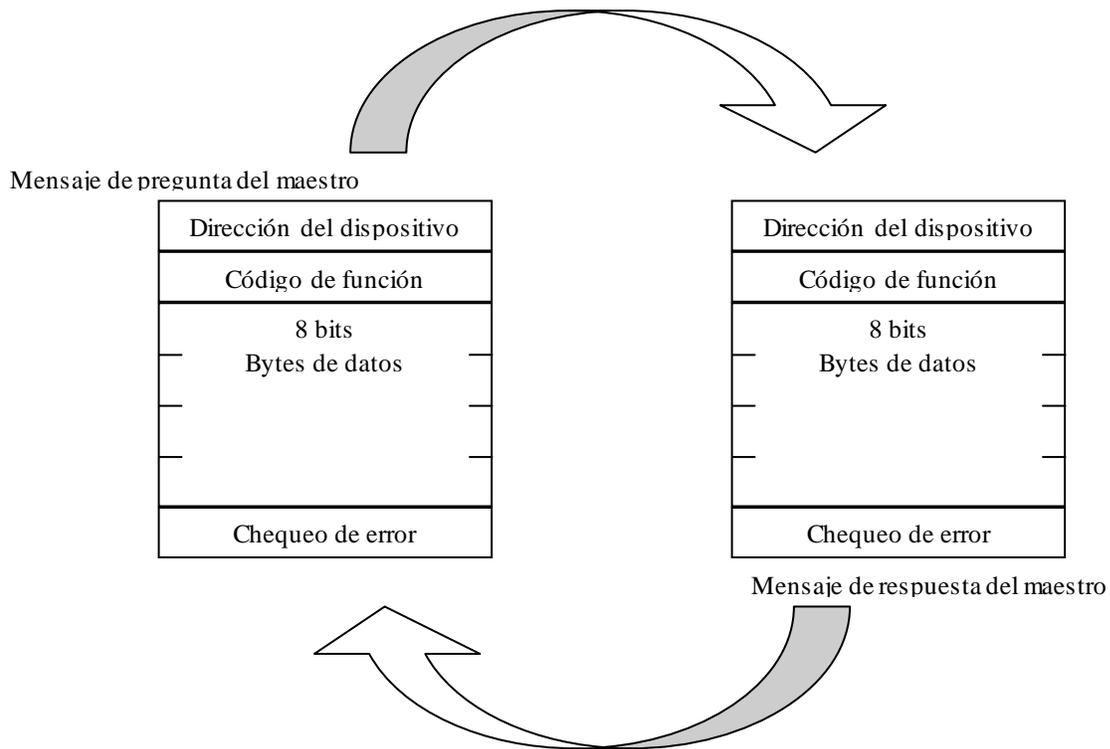


Figura 2.2 el ciclo de pregunta y respuesta maestro – esclavo

## Los dos modos de transmisión serial

Los controladores pueden ser configurados para comunicar sobre redes standard Modbus utilizando cualquiera de los dos modos de transmisión: ASCII o RTU. Los usuarios seleccionan el modo deseado, junto con los parámetros de comunicación del puerto serie (velocidad, paridad, etc), durante la configuración de cada controlador. El modo y los parámetros serie *deben ser los mismos para todos los dispositivos conectados a una red Modbus*. La selección del modo ASCII o RTU tiene que ver únicamente con redes Modbus standard. Define los bits contenidos en los campos del mensaje transmitido en forma serie en esas redes.

### Contenido del Campo Datos

El campo datos se construye utilizando conjuntos de 2 dígitos hexadecimales, en el rango de 00 á FF hexadecimal. Pueden formarse a partir de un par de caracteres ASCII o desde un carácter RTU, de acuerdo al modo de transmisión serie de la red.

El campo datos de los mensajes enviados desde un maestro a un esclavo, contiene información adicional que el esclavo debe usar para tomar la acción definida por el código de función. Esto puede incluir partes como direcciones discretas y de registros, la cantidad de partes que han de ser manipuladas y el cómputo de bytes de datos contenidos en el campo. El campo datos puede ser inexistente (de longitud cero) en ciertos tipos de mensajes. Por ejemplo, en una petición de un dispositivo maestro a un esclavo para que responda con su anotación de eventos de comunicación (Código de función 0B hexadecimal), el esclavo no requiere ninguna información adicional.

### Cómo son Transmitidos los Caracteres en Serie

Cuando los mensajes son transmitidos sobre redes serie standard Modbus, cada carácter o byte es enviado en este orden (izquierda a derecha):

Bit Menos Significativo (LSB) ... Bit Mas Significativo (MSB)

Con trama de carácter ASCII, la secuencia de bit es:



Figura 2.5 Orden de bits ASCII

Con trama de carácter RTU, la secuencia de bit es:



Figura 2.6 Orden de bits RTU

### **MODBUS TCP/IP**

Este comprende al protocolo Modbus TCP/IP, variante del protocolo Modbus, describe la filosofía de funcionamiento, al mismo tiempo muestra las posibilidades de interconexión que se tienen, surgiendo de la necesidad de integrar equipos de tecnologías seriales a redes empresariales.

### **Modelo cliente servidor**

Los mensajes de Modbus proporcionan una comunicación cliente / servidor entre dispositivos conectados en una red Ethernet TCP/IP

Este modelo de cliente servidor está basado en cuatro tipos de mensajes:

Petición Modbus, Confirmación Modbus, Indicación Modbus, Respuesta Modbus

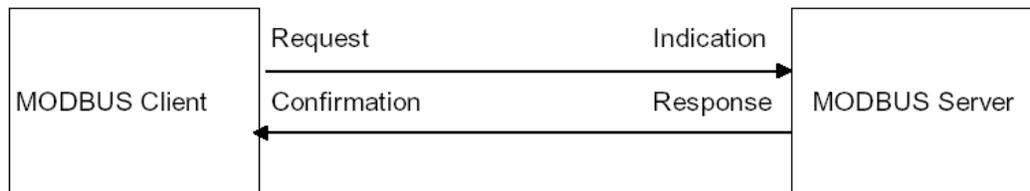


Figura 5.1 Modelo cliente servidor

Una Petición de Modbus es el mensaje enviado sobre la red por el cliente para iniciar una transferencia.

Una indicación de Modbus es el mensaje a la pregunta recibida del lado del servidor.

Una respuesta de Modbus es el mensaje de respuesta enviado por el servidor.

Una confirmación de Modbus es el mensaje a la pregunta recibida del lado del cliente.

El servicio de mensajes Modbus es usado para el intercambio de información en tiempo real:

- Entre aplicaciones de dos dispositivos
- Entre la aplicación de un dispositivo y otro dispositivo.
- Entre aplicaciones de SCADA/Sistemas de control y dispositivos.
- Entre una PC y un programa de dispositivo proporcionando servicios en línea.

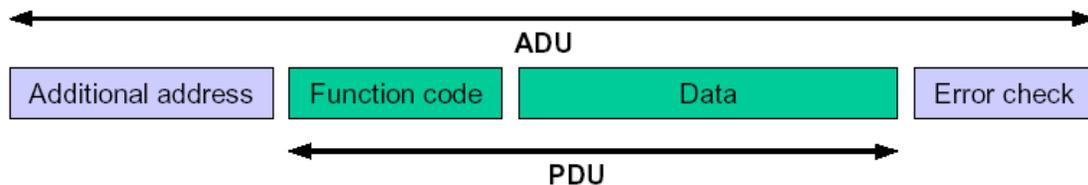
## Descripción del protocolo

Un sistema de comunicación sobre MODBUS TCP/IP puede incluir diferentes tipos de dispositivos:

- Un cliente MODBUS TCP/IP y dispositivos servidores conectados a una red TCP/IP.
- Los dispositivos de interconexión como son puentes, routers o puertas de enlace para la interconexión entre la red TCP/IP y una sub red serial que permita la conexión de clientes Modbus seriales y servidores y dispositivos.

### Arquitectura de comunicaciones Modbus TCP/IP

El protocolo de comunicaciones MODBUS define un simple protocolo unidad de datos (PDU) independiente de las capas subyacentes de red. EL trazado del protocolo Modbus sobre redes o buses específicos puede agregar algunos campos adicionales a la unidad de datos de la aplicación (ADU).

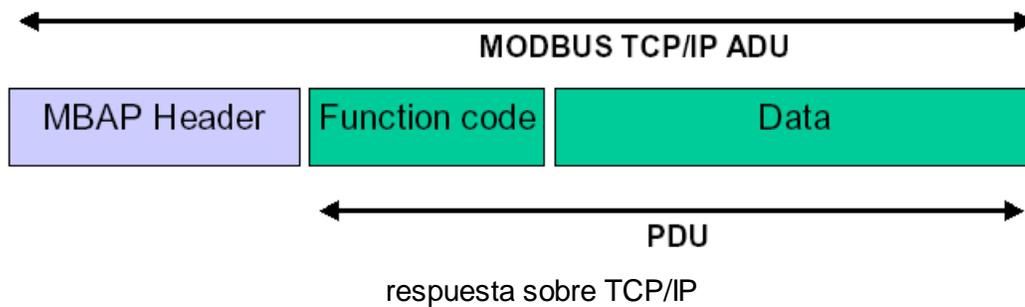


Trama general de Modbus.

El cliente que inicia una transferencia de Modbus construye la unidad de datos de la aplicación. El código de la función indica al servidor que tipo de acción será desempeñada.

### La unidad de datos de la aplicación sobre MODBUS TCP/IP

Esta sección describe el encapsulamiento de una petición o respuesta de Modbus cuando es cargada sobre una red TCP/IP.



Un encabezado dedicado es usado sobre TCP/IP para definir la unidad de datos de la aplicación. Este encabezado es llamado encabezado MBAP (encabezado de aplicación del protocolo MODBUS). Este encabezado proporciona algunas diferencias comparado a la unidad de datos de la aplicación MODBUS RTU usado en líneas seriales

El campo de dirección Modbus del esclavo comúnmente usada en la transmisión serial es remplazada por un solo byte “identificador de unidad” dentro del encabezado MBAP. El identificador de unidad es usado para comunicarse a través de los dispositivos como son puentes, routers y puertas de enlace que usan una simple dirección IP para soportar varias unidades de Modbus independientes.

Todas las peticiones y respuestas son diseñadas de una manera tal que el receptor pueda verificar que un mensaje esté acabado.

Para códigos de funciones donde el PDU (protocolo de unidad de datos) Modbus tiene una longitud fija, el código de la función es suficiente.

### **Capa de comunicaciones de la aplicación**

Un dispositivo de Modbus puede proporcionar una interfase de cliente y/o servidor.

La parte trasera de una interfase Modbus puede ser proporcionada permitiendo el acceso indirectamente a los objetos de la aplicación del usuario.

Cuatro áreas pueden componer esta interfase: entradas discretas, salidas discretas (bobinas), entrada de registros y salida de registros. Un trazado entre esta interfase y la aplicación de datos del usuario tiene que ser realizada (edición local).

<b>Tablas principales</b>	<b>Tipo de objeto</b>	<b>Tipo</b>	<b>Comentario</b>
<b>Entradas discretas</b>	<b>Bit simple</b>	<b>Solo lectura</b>	<b>Este tipo de dato puede ser proporcionado por un sistema de entrada/salida</b>
<b>Bobinas</b>	<b>Bit simple</b>	<b>Lectura/escritura</b>	<b>Este tipo de dato puede ser alterado por un programa de aplicación</b>
<b>Registros de entrada</b>	<b>Palabra de 16 bits</b>	<b>Solo lectura</b>	<b>Este tipo de dato puede ser proporcionado por un sistema de entrada/salida</b>
<b>Registros sostenidos</b>	<b>Palabra de 16 bits</b>	<b>Lectura/escritura</b>	<b>Este tipo de dato puede ser alterado por un programa de aplicación</b>

Figura 5.6 Modelo de los datos Modbus con bloques separados

### **Cliente Modbus**

El cliente Modbus permite a la aplicación del usuario tener control del intercambio de la información con un dispositivo remoto. El cliente Modbus construye una petición Modbus de los parámetros contenidos en una petición enviada por la aplicación del usuario a la interface del cliente Modbus.

### **Interface del cliente Modbus**

La interface del cliente Modbus proporciona una interface habilitando la aplicación del usuario para construir la petición para varios servicios Modbus incluyendo el acceso a objetos de la aplicación Modbus.

### **Servidor Modbus**

Con la recepción de una petición Modbus este módulo activa una acción local para leer, escribir o realizar alguna otra acción. El procesamiento de estas es realizado de una manera transparente para las

aplicaciones del programador. El servidor principal de Modbus es esperar por una petición Modbus en el puerto 502 de TCP, para tratar esta petición y entonces construir una respuesta Modbus dependiendo del contexto del dispositivo.

### **Interface trasera Modbus**

La interface trasera es una interface del servidor Modbus para la aplicación del usuario en donde los objetos de la aplicación son definidos.

### **Capa de administración TCP**

Una de las funciones principales de los servicios de mensajes es manejar el establecimiento de la comunicación y el fin de esta conexión y manejar el flujo de datos en conexiones de TCP establecidas.

### **Administrado de conexión.**

Una comunicación entre el cliente y el servidor Modbus requiere el uso de un módulo de administración de conexión TCP. El cual está a cargo de manejar globalmente los mensajes en las conexiones TCP. Dos posibilidades son proporcionadas para el administrador de conexión. La aplicación del usuario maneja las conexiones TCP o la administración de conexión está hecha en su totalidad por el modulo y sin embargo es transparente para la aplicación del usuario. La última solución implica menos flexibilidad. El puerto de escucha 502 está reservado para las comunicaciones en Modbus. Esto es obligatorio por default escuchar en este puerto. Sin embargo, algunas marcas o aplicaciones podrían requerir que otro puerto este dedicado a Modbus sobre TCP. En este caso cuando la interoperatividad es requerida con productos que no son similares como suele pasar en un cuarto de control. Por esta razón es altamente recomendado que el cliente y el servidor den la posibilidad al usuario de modificar el parámetro del puerto a ser utilizado para Modbus sobre TCP.

### **Módulo de control de acceso**

En algunos contextos críticos, la accesibilidad a los datos internos del dispositivo es no deseable para algunos hosts. Esto es porque se necesita un modo de seguridad es necesario y el proceso de seguridad deberá ser implementado si se requiere.

### **Administrador de código y control de flujo de datos.**

Para equilibrar el flujo de los mensajes de entrada y salida entre el cliente Modbus y el servidor, el mecanismo de control de flujo de datos es proporcionado en todas las capas de pilas de mensajes Modbus.

El administrador de código y el módulo de control está basado principalmente sobre el control de flujo interno en TCP sumado con algún control de flujo de datos en la capa de enlace de datos y también en el nivel de la aplicación del usuario.

### **Administración automática de la conexión TCP**

El administrador de conexión es totalmente transparente para el módulo de aplicaciones del usuario. El módulo administrador de la conexión puede aceptar un número suficiente de conexiones cliente servidor.

En algunos casos se recomienda cerrar la conexión más antigua que no esté en uso. Una conexión con una pareja remota es establecida en el primer paquete recibido de un cliente remoto o de la aplicación del usuario local. Esta conexión será cerrada si una terminación llega de la red o se decide localmente por el dispositivo. En la recepción de una petición de conexión, la opción de control de acceso puede ser usado para prohibir la accesibilidad a dispositivos clientes no autorizados.

El módulo administrador de TCP usa la interface de pila (usualmente interface de socket BSD) para comunicarse con la pila TCP/IP.

Para mantener la compatibilidad entre los requerimientos del sistema y el servidor, el administrador de TCP mantendrá peleando 2 conexiones.

- La primera conexión (conexión con prioridad en el poleo) está hecha con conexiones que nunca están cerradas sobre una iniciativa local. El principio a ser implementado está asociado a una dirección IP específica con cada posible conexión de este poleo. El dispositivo con tal dirección IP será marcado.
- La segunda conexión (conexión sin prioridad en el poleo) contiene conexiones para dispositivos no marcados.

## **Transferencia de datos Modbus**

Una petición tiene que ser enviada a la conexión TCP correctamente abierta. La dirección IP del dispositivo remoto es usada para encontrar la conexión TCP. En caso de varias conexiones TCP abiertas con el mismo dispositivo. Se elegirá una conexión para que el mensaje de Modbus sea enviado. Diferentes criterios de elección son usados como son la conexión más antigua, la primera. La conexión permanecerá abierta durante toda la comunicación Modbus. El cliente puede establecer varias transferencias Modbus con un servidor sin que la transferencia anterior finalice.

Cuando las comunicaciones Modbus son terminadas entre un cliente y servidor el cliente debe iniciar la terminación de comunicación.

## **Módulo de control de acceso**

El objetivo de este módulo es checar cada conexión nueva y usando una lista de direcciones IP remotas autorizadas el modulo puede autorizar o prohibir una conexión de un cliente remoto.

En contextos típicos el programador de la aplicación necesita elegir el modo de control de acceso para dar seguridad a la red. En tal caso se necesita autorizar/prohibir acceso a cada dirección IP remota. El usuario necesita proporcionar una lista de direcciones IP y especificar para cada dirección IP si tiene autorización o no. Por default, en modo de seguridad, la dirección IP no configurada por el usuario será denegada.

## **Diseño del cliente Modbus**

La definición del protocolo Modbus TCP/IP permite un diseño simple de un cliente. El proceso básico de transferencia de información se describe a continuación.

- Establecer una conexión TCP con un puerto 502 en el servidor deseado usando una función de conexión.
- Preparar una petición Modbus como ya se describió antes.
- Poner la petición Modbus incluyendo los 6 bytes del prefijo Modbus TCP/IP en un buffer listo para ser enviados.

Esperar por una respuesta que aparecerá por la misma conexión TCP, opcionalmente se puede incluir un tiempo de espera en este punto, si se desea tener algún aviso de problemas de comunicación tan rápido como TCP normalmente reporta.

- Leer con alguna función los 6 primeros bytes de la respuesta, que indicara la longitud actual del mensaje de respuesta.
- Usar la misma función para leer el resto de los byte

## **Desempeño requerido y esperado**

No existe una especificación para el tiempo de respuesta en Modbus o Modbus TCP/IP. Esto es debido a que se espera que Modbus TCP sea usado las más variadas situaciones de comunicación.

Además, la familia de Modbus está diseñada para alentar la conversión automática entre redes mediante puentes. Tales como los dispositivos Schneider “puente Ethernet a Modbus Plus“, y varios dispositivos que convierten de Modbus TCP a Modbus serial. El uso de tales dispositivos implica que el desempeño de dispositivos Modbus existentes es consistente con el uso de Modbus TCP.

En general dispositivos como PLC’s que exhiben un comportamiento de escaneo responderá a una pregunta entrante en un tiempo de escaneo, que típicamente varía entre 20 mili segundos y 200 msec.

Desde la perspectiva de un cliente, el tiempo deberá ser extendido por los retardos de transmisión a través de la red. Para determinar un tiempo se respuesta razonable. Tales retardos de transporte pueden ser de mili segundos para redes Ethernet o cientos de segundos para una red de área amplia.

Además, la familia de Modbus está diseñada para alentar la conversión automática entre redes mediante puentes. Tales como los dispositivos Schneider “puente Ethernet a Modbus Plus “, y varios dispositivos que convierten de Modbus TCP a Modbus serial. El uso de tales dispositivos implica que el desempeño de dispositivos Modbus existentes es consistente con el uso de Modbus TCP.

En general dispositivos como PLC’s que exhiben un comportamiento de escaneo responderá a una pregunta entrante en un tiempo de escaneo, que típicamente varía entre 20 mili segundos y 200 msec.

Desde la perspectiva de un cliente, el tiempo deberá ser extendido por los retardos de transmisión a través de la red. Para determinar un tiempo se respuesta razonable. Tales retardos de transporte pueden ser de mili segundos para redes Ethernet o cientos de segundos para una red de área amplia.

A su vez, cualquiera tiempo de 'interrupción' usado en el cliente comenzar un reintento de la aplicación debe ser más grande que el máximo esperado ' tiempo de contestación razonable'. Si esto no es seguido, hay un potencial para la congestión excesiva al dispositivo designado o en la red que puede causar los errores. Ésta es una característica que siempre debe evitarse.

Así en la práctica, siempre es probable que las interrupciones del cliente usadas en aplicaciones de alto desempeño son siempre dependientes a la topología de la red y la actuación esperada del cliente.

Una interrupción de digamos 30 msec podrían ser razonables cuando examinando 10 dispositivos de entrada/salida para una red Ethernet local y cada dispositivo normalmente responderían en 1 msec. Por otro lado, un valor de interrupción de 1 segundo podría ser más apropiado al dirigir PLC lento a través de una entrada serial dónde la secuencia de escaneo normal es de 300 msec.

### **EL PLC DL05**

Este dispositivo PLC ofrece características convenientes para integrarlo en la red ya que proporciona un puerto serial que permite al PLC ser configurado como un maestro un esclavo MODBUS. El PLC se puede comportar como un dispositivo esclavo MODBUS.

La función HSIO (High-Speed I/O) que proporciona este PLC, consiste de hardware dedicado pero configurable en el DL05. Para más información sobre su operación consultar el manual del PLC.

Características.

- 8 entradas DC de alta velocidad.
- 6 salidas rel $\emptyset$ .
- Conjunto de 129 instrucciones para programación.
- Memoria de programa de 2K bytes.
- Memoria de datos de 4K bytes.
- 2 puertos de comunicación RS-232.
- Soporta los protocolos Devicenet y MODBUS.
- Algoritmos PID integrados, con lazo auto-tuning.
- Módulos opcionales de entrada / salida analógicos.

## **APLICACIÓN**

El propósito es mostrar algunos ejemplos prácticos del uso de este protocolo, donde quedara claro las ventajas y alcance de las aplicaciones, no es el objetivo dar a detalle los pormenores del desarrollo ya que esto es información de las empresas desarrolladoras.

### **COMUNICACIÓN SOLARTRON**

Uno de los equipos para la medición en transferencia de custodia de productos derivados del petróleo son las computadoras de flujo, los cuales son dispositivos que toman las señales de campo, las cuantifican y las utilizan para hacer los cálculos necesarios en la totalización de un volumen.

El objetivo inicial de estos equipos era simplemente la totalización del producto, pero con el paso del tiempo y buscando un grado de automatización mayor se requirió que estos equipos controlaran parte del proceso, dentro de estos requerimientos se encuentra:

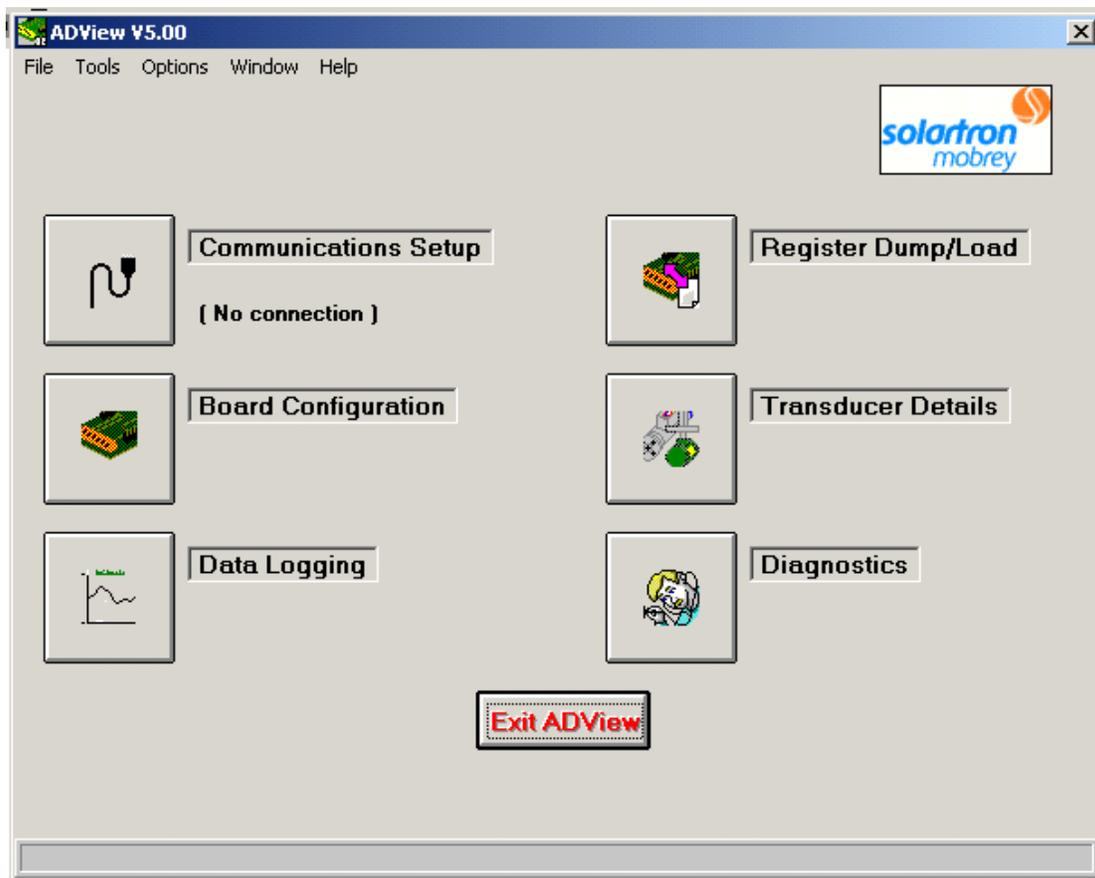
Control de válvulas, Totalización por lotes, Totalización por estación, Control con programas de calibración de sus medidores, Control del proceso por presión y/o por flujo

Los equipos fueron evolucionando hasta poder manejar los puntos anteriores, pero no existía una interface hombre máquina, la configuración y operación del equipo se realizaba frente a panel, siendo un trabajo cansado y que requería amplio conocimiento de equipo.

### **Monitoreo de Densitómetros**

Otra aplicación se desarrolló para una empresa de refrescos donde utilizando densitómetros de la marca Solartron y usando el software Advview desarrollado por Solartron se tienen conectados 5 densitómetros. El propósito es medir la densidad del jarabe utilizado para la bebida, pero adicionalmente el equipo calcula la concentración en °Brix aquí se tiene la desventaja de que el software Advview es para configurar el densitómetro no para monitoreo, pero al poder configurar la dirección del esclavo es posible cambiar de un densitómetro a otro cuando se desee ver otro equipo.

La desventaja es que no es posible hacerlo para los 5 equipos a la vez, la densidad el equipo la entrega por una salida de 4 – 20mA al igual que la función especial (en este caso °Brix), que están conectados a alarmas para cuando el jarabe sale de los parámetros.



Software Adview para el monitoreo y configuración

El CIATEQ está trabajando en el desarrollo del software para monitoreo/configuración de los 5 densitómetros al mismo tiempo, cosa que no se había hecho antes.

Con estas dos aplicaciones podemos dar un panorama de la importancia de un protocolo como lo es Modbus y de que las posibilidades de integración son infinitas, gracias a la transparencia.

## Metodología

El trabajo en la empresa consistió en dar y aplicar el mantenimiento en las casetas de bifurcación y obtener los registros y lecturas de flujo, así como **aplicar mantenimiento preventivo y correctivo, y administración de redes de área local** y extensa, en servidores de redes Intranet, así también como lo fue la monitorear las lecturas de los datos meteorológicos de la estación situada en cada una de las casetas. Por lo mismo llegó a la conclusión de que: una vez terminada la implementación de una red y si ésta se ha hecho respetando las normas establecidas, el mantenimiento de un sistema de cableado es prácticamente nulo en condiciones normales.

Es importante que el administrador de la red esté pendiente de las obras o reformas que se realicen en el edificio u hogar que puedan afectar al correcto funcionamiento de la instalación.

Es así que habrá que tener especial cuidado con:

- Los albañiles y pintores, que pueden dismantelar o cortar los cables cuando les estorban pensando que después se pueden empalmar.
- Los electricistas, que usan las canaletas de cables de datos para meter cables eléctricos o tiran canaletas paralelas a poca distancia.
- Compartir las tomas de corriente de los elementos activos o de los puestos de trabajo con estufas, condicionadores de aire, ventiladores o maquinas con motores eléctricos.
- Instalar equipos eléctricos que producen interferencias cerca de los cables de la red.
- Movimiento de canalizaciones de forma que los nuevos trazados no respetan los requerimientos.
- Intercambio de los cables de conexión de teléfono.
- Conexiones a internet que no tengan una adecuada configuración
- Mal funcionamiento de los dispositivos de su red debido a una mala configuración.

Estos casos y otros pueden provocar un funcionamiento inadecuado de nuestra LAN. Por esto hay que estar vigilantes ya que: "Más vale prevenir que reparar"

La detección oportuna de fallas y el monitoreo de los elementos que conforman una red de computadoras son actividades de gran relevancia para brindar un buen servicio a los usuarios. De esto se deriva la importancia de contar con un esquema capaz de notificarnos las fallas en la red y de mostrarnos su comportamiento mediante el análisis y recolección de tráfico.

Hasta hace poco hablar de sistemas de monitoreo de servicios de red en sistemas operativos de red o desktop resultaba casi imposible, ya que no se contaba con las herramientas necesarias para hacerlo. Bastaba con saber que el servidor estaba operativo; y ¿cómo se hacía?, solo con ejecutar el comando ping y la dirección IP del servidor.

Hoy día existen diversos mecanismos para poder monitorear los diferentes servicios y servidores. Actualmente se pueden monitorear mediante diferentes herramientas en una página web, donde los elementos más usuales que se monitorean son:

- 1.Apache
- 2.Squid
- 3.MySQL
- 4.Routers
- 5.Servidores / Estaciones de trabajo (CPU, Espacio en disco, etc)
- 6.Swith (ancho de banda)

## **Resultados**

El proyecto es de gran importancia para cualquier proceso en donde se utilicen PLC o empresas de automatización relacionadas con PLC`s, ya que es importante manejar las configuraciones, así como las características de la red Modbus, para tener una comunicación más adecuada para determinado proceso y en cierto ambiente de trabajo. El alcance del proyecto es controlar y monitorear en tiempo real, por medio de la red Modbus, cada una de las casetas que se encuentran a lo largo del distrito de riego 001 de Pabellón De Arteaga Ags. La meta es, que esté funcionando al 100%, y en futuro se pretende controlar no solo las casetas principales, sino todo el total de ellas, en una misma red.

En el área de las comunicaciones en entornos industriales la estandarización de protocolos es un tema en permanente discusión, donde intervienen problemas técnicos y comerciales. Cada protocolo está optimizado para diferentes niveles de automatización y en consecuencia responden al interés de diferentes proveedores. Cada protocolo tiene un rango de aplicación por fuera del cual disminuye su rendimiento y aumenta la relación costo/beneficio. La prolongada ausencia de un estándar único para comunicaciones industriales, ha hecho que los múltiples protocolos existentes en esta área hayan perdido terreno ante la incursión de tecnologías de comunicación madura a nivel de oficina pero emergente en el nivel de planta, como Ethernet.

La aceptación mundial de Ethernet en los entornos administrativos y de oficina ha generado el interés de expandir su aplicación a la planta. Ethernet se está moviendo rápidamente hacia el mercado de los sistemas de control de procesos y la automatización para la interconexión de sensores y actuadores a nivel de campo, reemplazando de esta forma a los buses de campo en las industrias. Han surgido diversos protocolos para comunicación industrial sobre Ethernet. Sin embargo, no existe una capa de aplicación estándar con un modelo de objetos común. Modbus/TCP es un estándar de-facto ampliamente extendido y aceptado. Es posible que con el aumento de velocidad de Ethernet (Fast Ethernet, Gigabit Ethernet) se pueda usar también en el manejo de aplicaciones críticas de control.

Los buses de campo son una forma especial de LAN (Local Area Network) dedicada a aplicaciones de adquisición de datos y comando de elementos finales de control sobre la planta. Típicamente operan sobre cables de par trenzado de bajo costo. A diferencia de Ethernet, donde no se puede garantizar determinismo sobre la llegada de paquetes, los diseñadores optimizan los buses de campo para el intercambio de mensajes cortos de comando y de control con alta confiabilidad y temporización estricta. En aplicaciones industriales, Ethernet es usado en conjunto con TCP/IP (protocolos usados en Internet), suministrando un mecanismo de transporte de datos entre máquinas confiable y permitiendo interoperabilidad entre diversas plataformas.

A continuación se presentan algunos datos de mediciones realizadas que realice en la caseta de la bifurcación, se trata del flujo en los tubos y de la bobina



## Conclusiones

- 1.- Modbus / TCP can monitor controllers or PLC distributed around the plant making it possible , for example, that a single operator can remotely serve various processes simultaneously from a single workstation. In addition to traditional monitoring variables can change individual operating parameters of controllers.
- 2.- Through research conducted in this project of industrial networks has managed to put first , networked PLCs store this office with a new IP address ; taking advantage of the networking of all computers store proceeded to make a single network for all elements thereof, to be able to make its programming from your computer (PC ) in the office to the PLC.
- 3.- The difficulty was observed in our project implemented in network are the services offered by us regarding the bandwidth, reflected in the reduced data transmission rate of the analog input of each of the PLC to the PC in a point to point connection describe so , unlike the industrial network that has a high effectiveness .
- 4.- Once implemented the master / slave structure was possible to better exploit the benefits of the network , since response rates increased substantially since now only the data of a single PLC ( master) are extracted , unlike the first tests performed where the computer data extracted each PLC .
- 5.- The proper functioning of the network was evident , since it was possible to establish communication computer to each of the PLC and the communication between the PLC.

# Cronograma de actividades



**Formato para Seguimiento de Proyecto de Residencias Profesionales para los planes de estudio 2009-2010 por competencias**  
 Referencia a la Norma ISO 9001:2008 7.5.1

**Código: SNEST-AC-PO-005-05**  
 Revisión : 0  
 Página 1 de 2

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PABELLÓN DE ARTEAGA**  
**SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS**  
**SEGUIMIENTO DE PROYECTO DE RESIDENCIAS PROFESIONALES**

ESTUDIANTE: Juan Carlos Escobedo Reyes

NO. DE CONTROL: 081050146

NOMBRE DEL PROYECTO: Operación y Mantenimiento del Distrito de Riego 001 A.C.

EMPRESA: Vanguardia Agrícola e Industrial S.A. de C.V.

ASESOR EXTERNO: ING. MARCO ANTONIO PUGA MONTOYA

ASESOR INTERNO: ING. OSCAR MARTIN NAJERA SOLIS

PERIODO DE REALIZACIÓN: SEPTIEMBRE-DICIEMBRE 2014

ACTIVIDAD	Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre		
	Semanas				Semanas				Semanas				Semanas		
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
PLANEACION DEL PROYECTO	■	■													
DEFINICION DEL PROYECTO			■	■											
REUNIR MATERIAL					■	■	■								
CABLEADO Y ARMAADO DE LOS TABLEROS					■	■	■	■							
ESTUDIO Y COMPRENSION DEL FUNCIONAMIENTO DE LA RED					■				■	■					
CONFIGURACION DE LOS TABLEROS Y LA RED									■		■				
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y COMUNICACION									■			■			
PRUEBAS DE CONTROL A DISTANCIA													■	■	■
PRUEBAS PARA VERIFICAR EL FLUJO DE DATOS													■	■	■
OBSERVACIONES															
Asesor Interno															
Estudiante															
Jefe de Depto.															

## Referencias

Comer, Douglas .E.(1996)“TCP/IP: Principios Básicos, Protocolos y Arquitectura”  
Ed. Prentice-Hall;

Evelio Martinez Martinez. (5 de Septiembre del 2012). Fundamentos de Telecomunicaciones y Redes  
Mexico.

Vicente Lladonosa Giró. (2004). Instalaciones eléctricas de interior:  
prácticas de taller. Barcelona: Marcombo.

Joan Domingo Peña. (2003). Introducción a los autómatas programables.  
Cataluña: UOC.

Josep Balcells, José Luis Romeral. (1997). Autómatas programables.  
Barcelona: Marcombo.

Willian Stallings. (2000). Comunicaciones y redes de computadores.  
España: Prentice Hall.

Uyless Black. (2010). Manual imprescindible de redes.  
España: Anaya.

Uyless Black. (1990). Redes de computadoras.  
México: Macrobit.

José Manuel Huidobro. (1998). Todo sobre comunicaciones.  
España: Paraninfo.

Enrique Harper. (2006). Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas.  
México: Limusa.

Carlos Cannabal, Edmundo Cadena. (1996). Auditoría técnica de sistemas eléctricos de potencia  
industrial.  
Caracas: Falta Editorial

“TCP/IP: Principios Básicos, Protocolos y Arquitectura”

Comer, Douglas .E.;

Vol. I, 3ª Edición

Ed. Prentice-Hall; 1996.

“Transmisión de Datos y Redes de Computadores”

García-Teodoro, P.; Díaz-Verdejo, J.E.; López-soler, J.M.

Ed. Prentice-Hall; 2003.

“Redes locales en la industria “

Justo Carracedo Gallardo.

Ed. Marcombo, 1988. - 119 p

“Ingeniería de la automatización industrial”

Piedrafita Moreno, Ramón

2ª Edición

Ed. ra-ma

"Instrumentación Industrial".

CREUS A.

5ª Edición.

Ed. Marcombo. (1993).

7955 Flow Computer Operating Manual

*Solartron Mobrey HB552540*

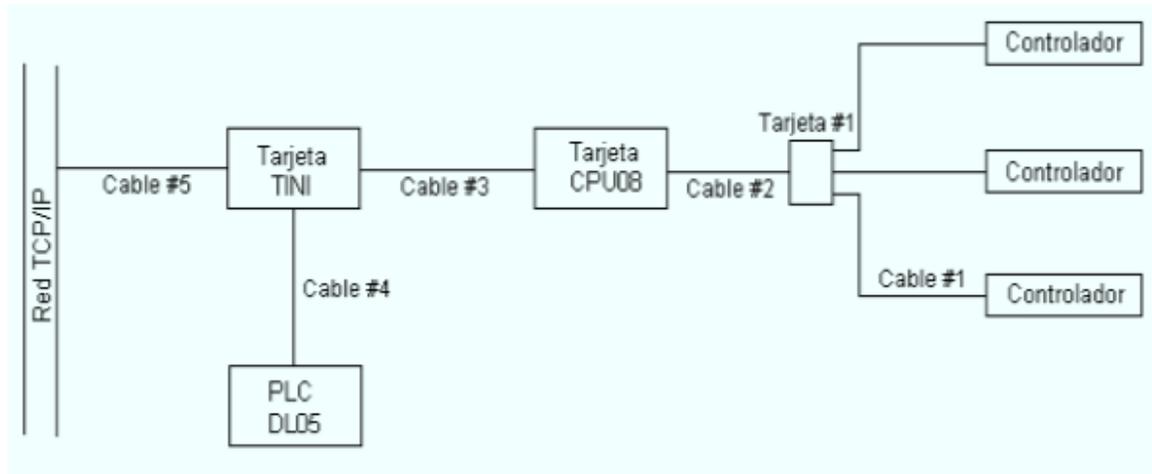
## GLOSARIO DE TÉRMINOS

CIM	Computadoras Integradas
DCCS	Sistemas de control de computadoras distribuidas
OSI	Sistema abierto de interconexión
MAP	Protocolo de automatización de manufactura
LLC	Control lógico de enlace
MAC	Control de acceso al medio
MMS	Especificación del mensaje de manufactura
DDC	Control digital directo
PLC	Controlador lógico programable
NC	Controlador numérico
FMS	Sistema flexible de manufactura
Multi Drop	Conexión en cascada en un par de hilos
EMI	Interferencia electromagnética
Actuador	Dispositivo que controla a un elemento de campo,
Racks	Panel para montar dispositivos
RFI	Interferencia de radiofrecuencia
RS-232	Transmisión serial punto a punto
RS-485	Transmisión serial con opción multi drop
Broadcast	Mandar señal a todo los elementos
ASCII	Código estándar americano para el intercambio de información
RTU	Unidad terminal remota
LRC	Comprobación longitudinal redundante
CRC	Comprobación de renuncia cíclica
LSB	Bit menos significativo
MSB	Bit más significativo
HDLC	Control de enlace de datos en el nivel alto.
FIFO	Primero en entrar primero en salir
NAK	Conocimiento negativo

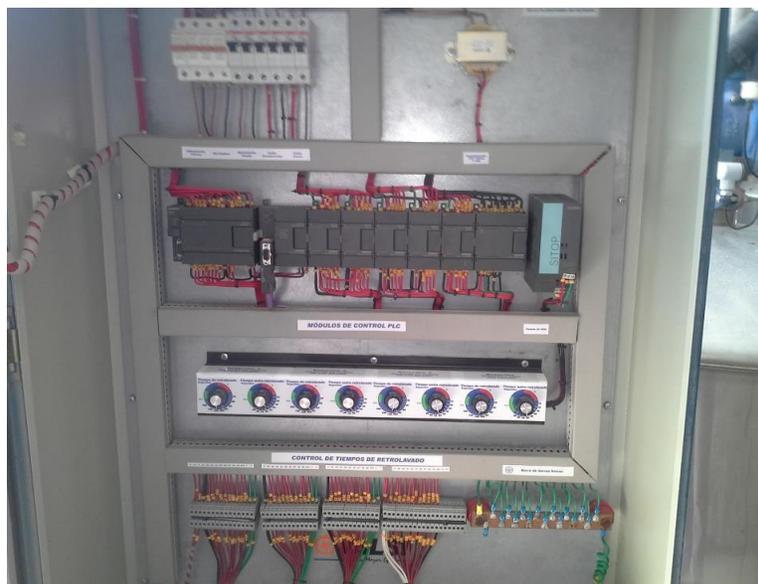
ADU	Unidad de aplicación de datos
IP	Protocolo de Internet
MBAP	Protocolo de aplicación Modbus
PDU	Unidad de dato del protocolo
TCP	Protocolo del control de transporte
BSD	Distribución de software Berkeley

## Anexos

En la figura siguiente se aprecia la disposición física de tarjetas y cables del montaje final de la red implementada.



**TARJETA # 1.** Esta tarjeta proporciona la interfaz entre las 4 señales RS-485 provenientes del controlador 452 Plus y las dos señales RS-485 provenientes de la tarjeta CPU08. Además en esta tarjeta se proporcionan las resistencias de acople necesarias para el canal de transmisión y recepción RS-485. Esta tarjeta posee un conector macho de 7 pines el cual se conecta con la CPU08 y posee dos conectores DB25 machos.



CABLE # 1. Enlace RS-485. Este cable posee en un terminal un conector DIN de 5 pines que se conecta al controlador 452 Plus y en el otro extremo posee un conector DB25 hembra que se conecta a la tarjeta # 1. Todos los cables que conectan a los diferentes controladores son de este mismo tipo. A continuación se presenta la descripción de pines y de señales.

Conector DIN    Conector DB25 ,Pin 1: No conectado ,Pin 2: Tx-    Pin 3: Señal B, Pin 3: Tx+    Pin 9: Señal A, Pin 4: Rx+    Pin 10: Señal A, Pin 5: Rx-    Pin 2: Señal B

CABLE # 2. Enlace RS-485. Este cable posee en los dos terminales conectores de 14 pines para cable ribbon. A continuación se presenta la descripción de pines y de señales. Conector CPU08    Conector tarjeta #1 ,Pin 14: GND    Pin 14: GND , Pin 12: Señal B    Pin 12: Señal B , Pin 10: Señal A    Pin 10: Señal A

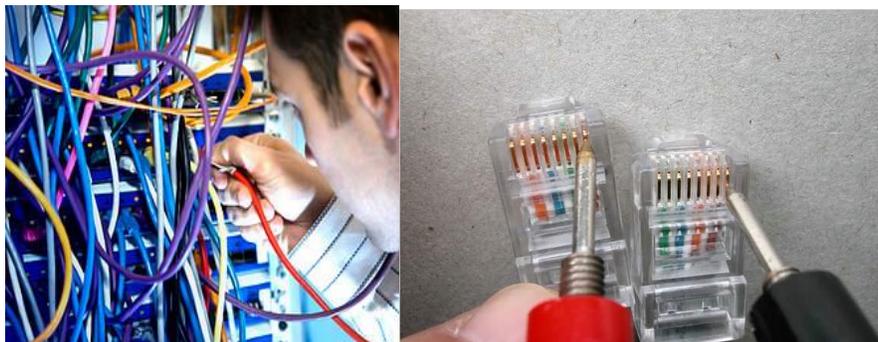
CABLE # 3. Enlace RS-232. Este cable posee en los dos terminales conectores de 14 pines para cable ribbon. A continuación se presenta la descripción de pines y de señales.

Conector TINI    Conector CPU08 ,Pin 4: RxD    Pin 4: TxD ,Pin 10: GND    Pin 10: GND ,Pin 12: -----    Pin 12: Interrupción 1 ,Pin 13: TxD    Pin 14: RxD

CABLE # 4. Enlace RS-232. Este cable posee en un terminal un conector RJ11 que se conecta al PLC DL05 y en el otro extremo posee un conector DB9 que se une con la tarjeta TINI. A continuación se presenta la descripción de pines y de señales.

Conector DB9    Conector RJ11, Pin 2: RxD    Pin 4: TxD, Pin 3: TxD    Pin 3: RxD, Pin 5: GND  
Pin 1: GND

CABLE # 5. Enlace Ethernet. Este cable es el que nos da acceso a una red Ethernet. Posee en ambos terminales conectores RJ45.



## Anexos 2

Las siguientes imágenes muestran los tableros que se implementaron para la realización de la comunicación profibus y modbus,Asi como los plcs utilizados

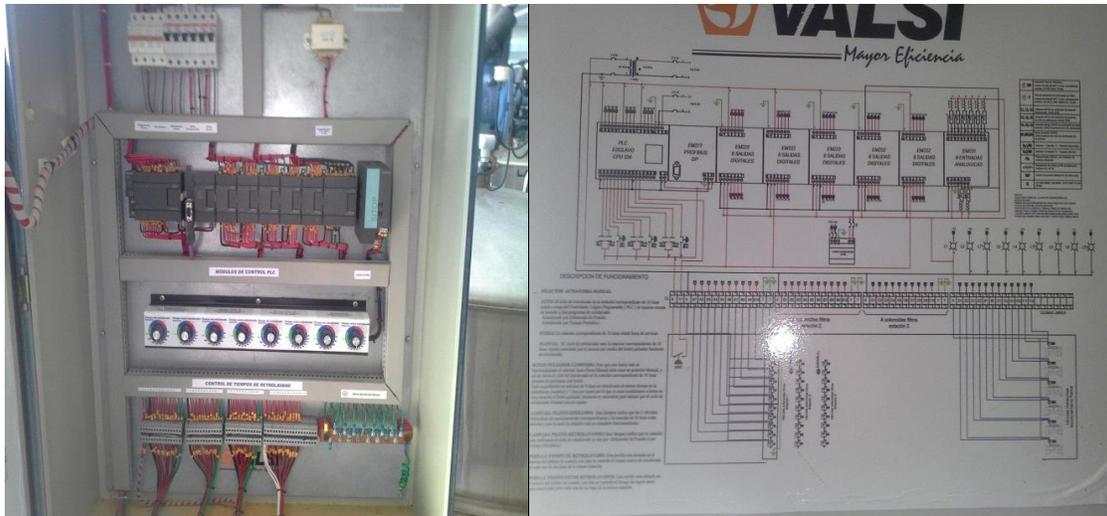
### TABLEROS DE TRABAJO



TABLEROS QUE SE ACCONDICIONARON PARA EL PROYECTO



CONEXIONES REALIZADAS



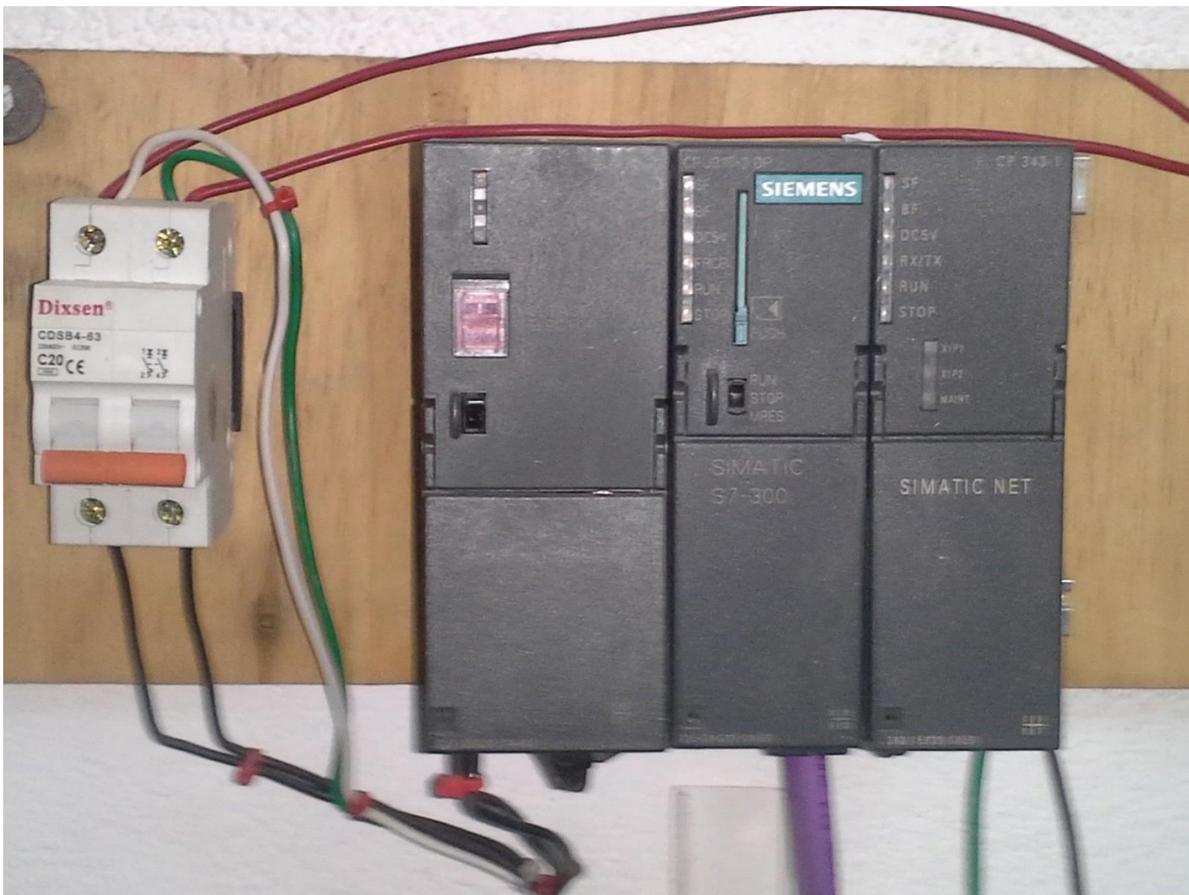
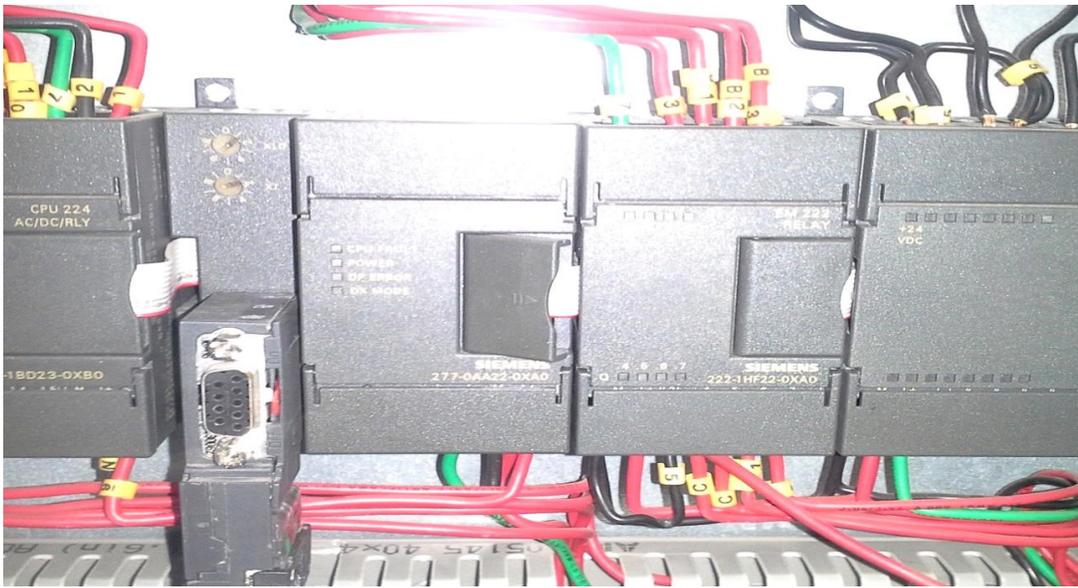
DIAGRAMAS DE CONECCION

### PERSPECTIVAS PARA TRABAJOS FUTUROS.

Hoy en día, es bien sabido, que la tecnología avanza a niveles insospechados, teniendo logros importantes día con día en la mayoría de los sectores incluyendo el industrial. Gracias a esto se puede considerar que la tecnología de la información avanzará para permitir mayor ancho de banda traducido en mayor velocidad de transmisión de datos, más segura y estable permitiendo tener mayor control de las variables a monitorear y aumentar considerablemente el número de estas. Los autómatas

programables han llegado al punto de ser equipos inteligentes capaces de realizar actividades por si mismos sin necesidad de una PC que los controle, esto nos llevara a sistemas de monitoreo más robustos, extensos y eficientes logrando una considerable mejoría en los procesos industriales. De igual forma el avance tecnológico ha reducido los costos de ciertas tecnologías acercándolas a más usuarios, lo cual permite tener cada día sistemas más sofisticados a un menor costo.

Gracias a la experiencia adquirida durante la realización de este proyecto y tomando como base el diseño de este, se pueden ofrecer adaptaciones a diferentes industrias y negocios que deseen tener un mejor control de sus locaciones remotas a bajo costo y aumentar sus utilidades.



ALIMENTACION