

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HMI UTILIZANDO
DISPOSITIVOS DE DIFERENTES TECNOLOGÍAS Y COMUNICACIONES
INALÁMBRICAS PARA LA SUPERVISIÓN Y CONTROL EN TIEMPO REAL
DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA “CATAZACON” DEL CANTÓN
PANGUA PERTENECIENTE A LA EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL
COTOPAXI ELEPCO S.A.”
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS “ESPE” EXTENSIÓN
LATACUNGA**

Ugsha David. Ugsha Luis.

*Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE Extensión
Latacunga*

Resumen--- El proyecto está enfocado en la supervisión y control en tiempo real de la central hidroeléctrica “CATAZACON” del cantón Pangua perteneciente a la empresa eléctrica provincial Cotopaxi ELEPCO S.A. mediante la utilización de diferentes tipos de dispositivos de medición y control, todos estos transductores están conectados a una red industrial Rs-485 los cuales detectan los cambios que se producen y estos a su vez envía la información adquirida a un PLC el cual gestiona la red, administra la información y los centraliza par ser tratados con la finalidad de realizar un control sobre el mismo pudiendo así ser posible el monitoreo de las variables del proceso en tiempo real a través de una interfaz HMI realizada en una computadora central que se encuentra en el cuarto de control de la central Hidroeléctrica.

Abstract—The project focuses on monitoring and real-time control of the power plant "CATAZACON" Pangua belonging to the provincial power company Cotopaxi ELEPCO S.A. using different types of measuring and control devices, all of these transducers are connected to an RS-485 industrial network which detect changes which occur and these in turn sends the acquired information to a PLC which administers the network , manages information and centralizes pair be treated in order to executes a control over it may well be possible to monitor process variables in real time via an HMI performed in a central computer located in the control room of the plant.

Palabras claves— Autómata, generador, hidroeléctrica, plc, twido.

I. INTRODUCCIÓN

Para realizar el siguiente proyecto se procedió a realizar un análisis de las principales variables físicas que intervienen en el proceso de generación hidroeléctrica por parte de la Unidad Generadora N°1 (U1), y Unidad Generadora N°2 (U2) y se seleccionó cuales variables serán monitoreadas en el sistema de supervisión y monitoreo atreves de una interfase

HMI que se desarrollará en este proyecto. También se pretende facilitar el inconveniente de que en la central no existe la manera de registrar y monitorear las variables del proceso en tiempo real puesto que los instrumentos que existen al momento no poseen la capacidad de poder realizar dicho sistema por lo que se realizó el estudio para implementación de nuevos dispositivos capaces de brindar estos servicios y poder de esta manera desarrollar en base al presupuesto disponible por la empresa y también a un tiempo de duración razonable.

II. MARCO TEORICO

A. Interface Persona Maquina HMI

Un sistema de Interfaz Persona Máquina permite al operador humano realizar la supervisión del funcionamiento adecuado de un proceso de producción de manera gráfica mediante un dispositivo de interfaz con el operador, de tal forma que él pueda tomar decisiones y acciones oportunas sobre el proceso aún sin la necesidad de estar presente en forma física. El HMI proporcionar información confiable y a tiempo, desde el proceso hacia el operador, y viceversa. La información que recibe y suministra el operador desde y hacia el proceso son los valores de las variables físicas más críticas que intervienen tales como temperatura, presión, nivel, caudal, velocidad, voltaje, corriente, etc., y el estado operativo de los elementos de control final como por ejemplo electroválvulas, motores, bombas, contactores, inyectores, etc.

B. Ventajas de un Sistema HMI

Al disponer de todos estos datos el HMI puede proporcionar al operador de lo siguiente:

- Seguir de forma gráfica la secuencia de los pasos necesarios para poner en marcha o detener el proceso. Puede ser que aquellos pasos sean realizados manualmente por el operador, de

manera automática por controladores lógicos, o una mezcla de ambos métodos.

- Advertir de anomalías en el proceso por medio de la activación de alarmas visuales y/o audibles.
- Llevar un registro histórico de la ocurrencia de las alarmas con el objetivo de determinar las causas reales del problema que las originó. Esto es de suma utilidad en especial para el personal de mantenimiento que deberá realizar las acciones correctivas del caso.

C. Controlador Lógico Programable

Un controlador lógico programable PLC es un dispositivo operado digitalmente, que usa una memoria para el almacenamiento interno de instrucciones con el fin de implementar funciones específicas, tales como lógica secuencial, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas, para controlar a través de entradas y salidas digitales o analógicas, varios tipos de máquinas o procesos.

D. Funcionamiento del PLC

El PLC posee una CPU, Memoria, periféricos, etc. La CPU, también llamada unidad central de proceso es la encargada de ejecutar el programa almacenado en la memoria por el usuario. Se considera que la CPU toma una a una las instrucciones programadas por el usuario y las ejecuta. Cuando llega al final de la secuencia de instrucciones programadas, la CPU vuelve al principio y sigue ejecutándolas de manera cíclica.

Como se dijo, la memoria almacena el programa de aplicación o del usuario pero además guarda el estado de variables internas del programa. Los periféricos constituyen la interfaz entre el PLC y el sistema controlado.

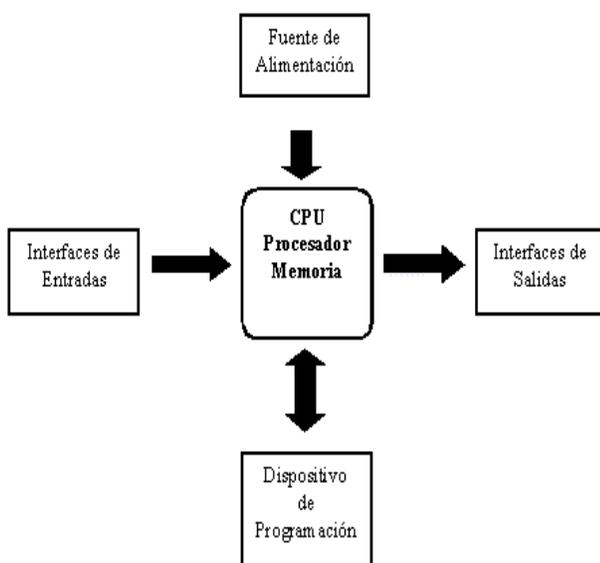


Figura 1. Diagrama de bloques de un PLC

La unidad central de proceso CPU es el cerebro del PLC este toma las decisiones relacionadas al control de la máquina o proceso durante su operación. Los módulos de entrada y salida son la sección del PLC en donde sensores y actuadores son conectados y a través de los cuales el PLC monitorea y controla el proceso.

E. Estándar de Comunicación RS-485

Es un protocolo de comunicación serial definido como estándar de comunicaciones en bus de la capa física del Modelo OSI está definido como un sistema en bus de transmisión multipunto diferencial es ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias sus grandes prestaciones como la velocidad de comunicación, la distancia de trabajo y su inmunidad al ruido convierten a este medio de comunicación en un sistema robusto, junto con su simplicidad hacen del estándar RS-485 un sistema ampliamente utilizado en las redes de comunicación industriales. La norma RS-485 solo define las características eléctricas del emisor y receptor, que se pueden utilizar para realizar una comunicación multipunto equilibrada, RS-485 representa el estándar de la capa física en los sistemas de comunicaciones.

F. Protocolo de Comunicación Industrial MODBUS

Modbus es un protocolo de comunicación serie común utilizado en entornos industriales, sistemas de telecontrol y monitorización. Lo que implica de forma implícita que tanto a nivel local como a nivel de red, en su versión TCP/IP, seguirá siendo uno de los protocolos de referencia en las llamadas Smart Grids, redes de sensores y telecontrol. El objeto del protocolo Modbus es la transmisión de información entre distintos equipos electrónicos conectados a un mismo bus. Existiendo en dicho bus un solo dispositivo maestro (Master) y varios equipos esclavos (Slave) conectados. En su origen estaba orientado a una conectividad a través de líneas serie como pueden ser RS-232 o RS-485, pero con el paso del tiempo han aparecido variantes como la Modbus TCP, que permite el encapsulamiento del Modbus serie en tramas Ethernet TCP/IP de forma sencilla.

G. Funcionamiento y Elementos de una Red MODBUS

El funcionamiento tiene una base muy sencilla: El Master pregunta y los Slaves responden o actúan en función de lo que este diga. Un dispositivo conectado al bus ejerce de maestro solicitando información del resto de dispositivos conectados que ejercen como esclavos y son quienes, suministran la información al primero. Según el estándar Modbus y dada su implementación, en una red Modbus habrá un Master y hasta un máximo de 247 Dispositivos Slave. Esta limitación está determinada por el simple hecho que en una trama Modbus la dirección del esclavo se representa con un solo Byte, existiendo algunas direcciones reservadas para propósitos específicos, en una red Modbus todos los dispositivos esclavos deben tener una dirección asignada que debe estar comprendida entre la 1 y la 247. Desde un punto de vista práctico, no pueden co-existir dos dispositivos esclavos con la misma dirección Modbus. Dentro de la trama Modbus RTU, la

dirección del esclavo corresponde al primer byte. En una red Modbus el Master no sólo puede ejercer la función de recompilar información de los esclavos mediante preguntas, sino que puede interactuar con ellos o alterar su estado, pudiendo escribir además de leer información en cualquiera de ellos.

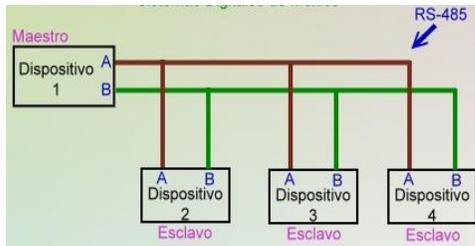


Figura 2. Esquema de una red Modbus maestro-esclavo

H. Comunicación Inalámbrica

La comunicación inalámbrica o sin cables es aquella en la que extremos de la comunicación (emisor/receptor) no se encuentran unidos por un medio de propagación físico, sino que se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio. En este sentido, los dispositivos físicos sólo están presentes en los emisores y receptores de la señal, entre los cuales encontramos: antenas.

I. Protocolo de Comunicación Zig-Bee

Zig-Bee es un protocolo de comunicaciones inalámbricas basado en el estándar 802.15.4, está creado para comunicaciones a baja velocidad entre dos o varios dispositivos el estándar de comunicaciones 802.15.4 define el hardware y software de las capas física y del control de acceso al medio. Cada capa es responsable de una serie de funciones necesarias para la comunicación, Zig-Bee añade capas sobre las dos capas anteriores del 802.15.4, una capa no sabe nada sobre la capa que está por encima de ella y cada capa que añadimos se incrementa una serie de funciones a la base de las inferiores.

Cualquier dispositivo de un fabricante que soporte este estándar de comunicaciones y pase la certificación correspondiente, podrá comunicarse con otro dispositivo de otro fabricante distinto. Un dispositivo Zig-Bee está formado por una radio según dicho estándar conectada a un microcontrolador con la pila (stack) de Zig-Bee.

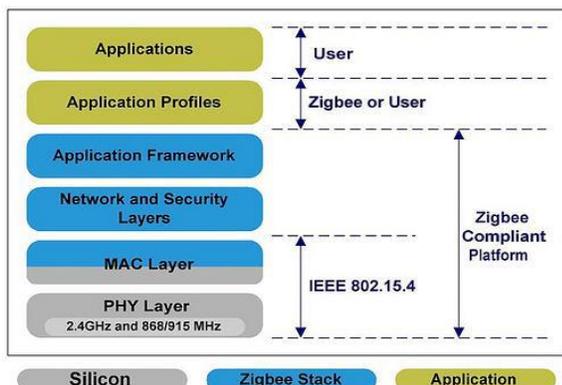


Figura 3. Niveles de aplicación de Zig-Bee en el modelo OSI

III. DISEÑO

El objetivo del proyecto es diseñar e implementar un sistema HMI para la supervisión en tiempo real de las variables físicas que intervienen en el proceso de generación eléctrica en la estación de generación CATAZACON.

A. Diseño del Sistema de Supervisión

El diseño y selección de los elementos y equipos que se necesitan para monitorear las señales seleccionadas en la Unidad generadora, debe ser en lo posible la reutilización de los dispositivos que actualmente posee la empresa ELEPCO S.A. como son:

- PLC compacto Twido TWDLCAA16DFR.
- Paquete de software LabVIEW.
- Multímetro digital Lovato.
- Sensores de temperatura, presión, nivel.

B. Detección de la Temperatura en los Cojinetes y la Turbina del Generador

Los termo-resistor PT-100 serán conectados a un medidor-controlador de temperatura MT-543Ri, puesto que los parámetros de temperatura a medir oscilan en un rango de 20 °C a 50 °C, por lo que el termo-resistor es adecuado para este tipo de procesos permitiendo tener valores muy fiables.

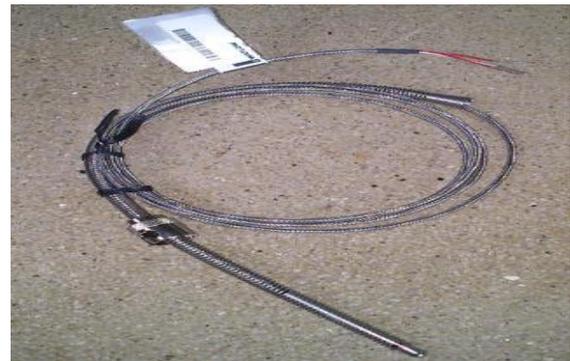


Figura 4. Sensor Termo resistor PT-100

C. Detección de la Presión en el Sistema de Regulación de Velocidad

Un PT (transmisor de presión) con señal de salida de 4-20 mA es utilizado para que la señal de su salida pueda ser procesada por un controlador específico. Esta selección del transmisor tiene la particularidad de que sus condiciones sean las mismas que el antiguo medidor de presión análogo ya que de esta manera se reduce al mínimo los cambios en la estructura mecánica del sistema de regulación de velocidad neumático.



Figura 5. Transmisor de Presión MOD. Xa-904.1

IV. IMPLEMENTACIÓN

Una vez terminada la etapa de diseño se realizó la implementación del proyecto, la misma que comenzó con la programación experimental del PLC Twido con el objetivo de ir desarrollando la lógica de funcionamiento de los equipos ya mencionados, y obtener la primera versión del software del HMI para el PLC y todos los medidores LOVATO. Seguido la implementación la red donde se incorporó a todos los dispositivos que conforman el sistema, para finalmente en base a las pruebas de campo del mismo proceder a su depuración y puesta en marcha definitiva

A. Programación de los PLCs

Emplean la misma representación gráfica que la de los circuitos de relé en lógica de relé. En dichos esquemas, los elementos gráficos, como las bobinas, los contactos y los bloques, representan las instrucciones del programa.

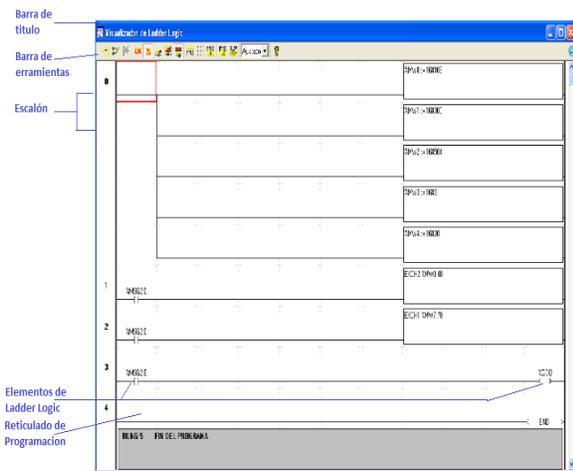


Figura 6. Entorno de programación TwidoSoft

B. Comunicaciones con el Multímetro DMK3 Lovato.

El DMK 3 dispositivo medidor de parámetro eléctricos presenta un puerto serial RS-485 opto-aislado, con protocolo Modbus RTU y Modbus ASCII, para la comunicación con plataformas más usuales de monitoreo y automatización.

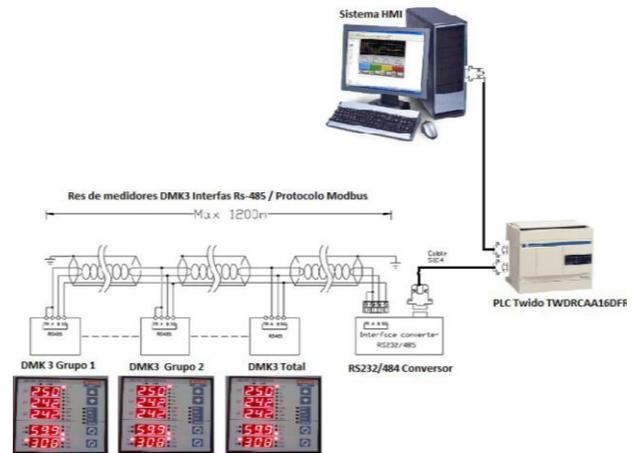


Figura 7. Esquema de conexión de los multímetros DMK3, PLC y HMI

C. Programación del HMI

La lectura de las localidades de memoria del PLC donde se guardan los datos enviados por los medidores de parámetros eléctricos y los respectivos transmisores, son generadas gracias al OPC SERVER, el cual es el puente para comunicar al PLC con el computador, la plataforma LabVIEW utilizada para la interfase HMI lee todas las direcciones que se crearon en OPC SERVER, las cuales son enviadas a la etapa de acondicionamiento dentro de la programación, esta etapa finaliza cerrando la comunicación y dejando listo los datos para ser analizados.



Figura 8. Pantalla Principal que se visualiza en la interfase

D. Instalación de los Sensores y controladores de Temperatura, presión y nivel.

Al momento de instalar los distintos medidores-controladores y sensores se tomó en consideración las condiciones y el lugar apropiado y se ubicaron sobre una base, en una caja metálica para que la humedad o el agua no afecte a los dispositivos, la señal de voltaje o corriente que éstos emite.

Esta información se direcciona mediante un cable UTP empotrado e introducido en un tubo alrededor del generador para que la humedad no afecte el recubrimiento del cable, ya que el sensor se encuentra a una distancia de 5 metros hasta la caja donde se instaló los dispositivos del grupo N°1 y con la

misma estructura y diseño se realizó la instalación en el Grupo N°2.



Figura 9. Instalación de los sensores y controladores en caja Protectora

V. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

A. Pruebas Lectura de Datos en el Sistema HMI

Una vez realizada la instalación y pruebas experimentales con todos los equipos que integran la red del sistema HMI se visualizó los datos obtenidos en la interfaz como se muestran en la siguiente figura.



Figura 10. Visualización de los datos en el Generador 2

VI. CONCLUSIONES

- Con el desarrollo del proyecto se logró cumplir con el objetivo principal propuesto, que consiste en diseñar e implementar un sistema HMI utilizando dispositivos de diferentes tecnologías y comunicaciones inalámbricas para la supervisión y control en tiempo real de la central hidroeléctrica CATAZACON.
- El monitoreo de las variables de temperatura, presión, voltaje, corriente, potencia, frecuencia y nivel en un interfaz HMI amigable y de fácil

acceso permite a los operadores incrementar la calidad de llevar un registro de datos ordenados y fiables.

- El sistema presenta al usuario los datos registrados en un archivo de Excel en el cual puede ser revisada desde fuera de la aplicación o desde la aplicación misma para luego y mediante sus herramientas gráficas se determine el comportamiento de la potencia generada para su posterior análisis.
- La instauración de una red RS-485 es una opción para la automatización de empresas de desarrollo industrial debido a que es un estándar para la comunicación, de tecnología abierta y de altas prestaciones de fiabilidad y determinismo.
- La implementación del sistema de monitoreo de los medidores LOVATO, instalados en la central de generación CATAZACON, permite disponer de la información necesaria que los operadores registran, a diario, en una interfaz HMI gráfica y de fácil manejo.
- El PLC utilizado tiene un puerto de comunicación RS-485 y la computadora un puerto serie RS-232, para poder realizar la comunicación entre estos dos dispositivos se utilizó un convertidor de RS-485 a RS-232 y viceversa.
- El sistema de monitoreo permite a los operadores incrementar la calidad de registro de los datos y a su vez evitar que se acerquen a los equipos de alto voltaje para registrar los datos que sean necesarios diaria mente.
- Los datos que se observan en la interfaz HMI del sistema de monitoreo, están en tiempo real sin ningún tipo de retardo tanto en adquirir los datos como en presentar los datos.
- Se diseñó una estructura que satisface los cambios y adecuaciones de los sensores y transmisores y así permita realizar su conexión sin dificultad
- La telemetría proporciona una manera de supervisar a distancia un proceso de tal forma que al implementar este sistema facilita de forma segura la toma de datos en todo momento sin la necesidad de la presencia del factor humano incrementando la confiabilidad de la medición y haciendo al proceso más eficiente.

- El uso del PLC de base compacta TWDLCAA16DRF proporcionó de forma total los recursos necesarios para la lectura de las variables monitoreadas del proceso.
- La selección de los dispositivos que conforman este sistema HMI exige un análisis previo para la eficiente comunicación de todos los equipos ya sea éste entre la parte del software así como también en la parte del hardware para que de esta manera se logre optimizar la transmisión de los datos y la monitorización de todas las variables intervenidas.
- El desarrollo de temas prácticos de grado permite a un profesional poner en práctica los conocimientos adquiridos dentro de un campo industrial.

REFERENCIAS

- [1] ALONSO, L. / TAVEIRA TORRES, “Aguas E Infraestructuras. - Página 137”.
- [2] JUAN JOSÉ MANZANO ORREGO – 2007 ” Electricidad I. Teoría básica y prácticas - Página 70”.
- [3] IRVING L. KOSOW – 1993, “Maquinas Electr (Hispan) Kosow - Página 27”.
- [4] GILBERTO ENRÍQUEZ HARPER – 1988,” El ABC de las máquinas eléctricas - Volumen 2 - Página 225”.
- [5] JOSÉ ACEDO SÁNCHEZ – 2006, “Instrumentación y control avanzado de procesos - Página 31.