



INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
"DR. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ"
FACULTAD DE METALURGIA Y ELECTROMECAÁNICA
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA

TRABAJO DE DIPLOMA

En opción al Título de Ingeniero Eléctrico

Título: Implementación del sistema de supervisión en la planta de hidrógeno de la termoeléctrica de Felton.

Autor: José Carlos Urrutia Alfonso.

Tutor: Ing. Deinyer Montero Góngora.

Ing: Osvaldo Segura Breff.

"2014"

Año 56 de la Revolución

PENSAMIENTO.

“La crisis no es sólo económica y social, hay también una crisis de ideas”

Oswaldo Sunkel

DEDICATORIA.

A la revolución cubana forjadora de profesionales de ayer, hoy y siempre.

También dedico este trabajo a todos los que me han dado el apoyo y el aliento necesario para que este llegara al final.

AGRADECIMIENTOS.

- ☐ Agradecemos especialmente a la Revolución por habernos dado la posibilidad de estudiar y formarnos como futuros profesionales.
- ☐ A nuestros tutores quienes nos han guiado bajo la convicción de que sí se puede.
- ☐ A nuestros compañeros, amigos y familiares que han contribuido en la confección de este trabajo.

RESUMEN

En el presente trabajo se implementa un Sistema de Supervisión de las variables existentes en el proceso de producción de hidrógeno. El sistema también mide las variables eléctricas que intervienen en el proceso. Debido a la importancia del proceso analizado en esta implementación de control y supervisión, se mejorara el sistema actual ya que no cuenta con un sistema de registro de variables, un histórico de los eventos sucedidos. El sistema de control actual es obsoleto con deficiencia para operar y ser reparada, la adquisición de señales es defectuosa, ocurren disparo por señales falsas, en ocasiones se han manifestado interrupciones en el proceso de producción de hidrógeno por esta causa.

La característica generales de la supervisión, sustentada en todo esto, permite realizar investigaciones del proceso a partir del monitoreo de la variable mejorando la respuestas de estos. La inversión es simple, pequeña y mejoran los estudios.

Como SCADA se empleará el INTOUCH el cual ha probado su confiabilidad en varios sistemas tecnológicos a nivel mundial. Este sistema de control permite la medición continua de las magnitudes, de esta forma se recibirán las informaciones oportunas las cuales no se tienen por existir un sistema automático obsoleto. Además de un conjunto de sensores para la medición de temperaturas y presiones se logrará el enlace de los mismos con la computadora mediante el autómata VM42. Se realizaron todas las configuraciones correspondientes de hardware y de software.

También con esta supervisión se tendrá una visualización donde se podrá tener información en la PC de cómo se comporta el proceso de producción de hidrógeno en el superviso del Jefe de Brigada ubicado en Mando Térmico.

ABSTRACT

Presently work is implemented a System of Control to Supervision of the existent variables in the production process of I hydrogenate. The system also measures the electric variables that intervene in the process. Due to the importance of the process analyzed in this supervision implement, he/she improved the current system since it doesn't have a system of registration of variables, a historical of the happened events. The system of current control is obsolete with deficiency to operate and to be repaired, the acquisition of signs is faulty, they happen shot for false signs in occasions we have suffered interruptions in the production process of I hydrogenate for this cause.

The general characteristic of the supervision, sustained in all this, he/she allows to carry out investigations of the process starting from the monitored of the variable improving the answers of these. The investment is simple, small and they improve the studies.

As SCADA the In Touch the one will be used this has proven their dependability in several technological systems at world level. This system supervisor allows the continuous mensuration of the magnitudes, this way the operators of the plant will receive the opportune information's which are not had to exist an obsolete automatic system. Besides a group of sensors for the mensuration of temperatures and pressures the connection of the same ones will be achieved with the computer by means of the robot VM42. They were carried out all the configurations corresponding of hardware and of software.

Also with this supervision the boss of electric brigade that is in thermal control will be able to have information in the PC of how and the production process of I hydrogenate.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
CAPÍTULO 1.....	4
Aspectos teóricos de los sistemas de supervisión en plantas de producción de hidrógeno.	4
1.1 Introducción.	4
1.2 Proceso de obtención del hidrógeno.	4
1.2.1.Elementos principales del proceso de obtención del hidrógeno.....	6
1.2.2 Reseña histórica del Sistema Automático de Medición actual en la planta.....	11
Problémicas fundamentales del Sistema Automático.	12
1.4 Marco teórico conceptual de las variables y de los sensores existentes.	13
1.4.1.Medición de la variable de temperatura.	14
Principio de funcinamiento de la termo resistencia.....	14
Principio de funcionamiento del módulo DAI002 convertidor de temperatura.....	16
1.4.2Medición de la variable de presion.....	16
1.4.2.1.Mediciones de presión absoluta en el proceso de producción de Hidrógeno..	17
1.4.2.2.Principio de funcionamiento del transmisor de presión diferencial	18
1.4.3 Medicion de la variable corriente y tensión	19
1.4.4.Principio de funcionamiento de los analizadores de gases	20
CAPÍTULO 2.....	22
Arquitectura del Sistema de Medición a instalar	22
2.1 Introducción.	22
2.2 Nuevos criterios de selección de las variables para la medición.....	22
2.3 Características de las variables seleccionadas.	23
2.4 Estructura del hardware a instalar	25
2.5. Autómata utilizado.....	26
2.5.1. Configuración en el Software de programación del Hardware.....	34
2.6.Requerimientos técnicos.....	47

CAPÍTULO 3

Generalidades de la aplicación SCADA InTouch para la planta de producción de hidrógeno	48
3.1 Introducción.	48
3.2 Instalación del Sistema de Supervisión InTouch.	48
3.2.1 Configuración del la Consola de Gerencia del Sistema.	50
3.2.2 Protocolo de comunicación ETHERNET.....	52
3.2.3 Inicio del sistema de supervisión InTouch en Windows XP 2000.	53
3.3 Interfase hombre-máquina.....	54
3.4 Herramientas de InTouch.	56
3.4.1 Desarrollo de la aplicación en el editor Window Maker.....	57
3.4.2 Operación con WindowViewer.	68
3.5 Formato data	73
3.6 Frecuencia de muestreo del sistema.	73
3.7 Ventanas específicas de la aplicación.	74
3.8 Valoración Técnico-Económico del sistema.	75
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES.....	79
BIBLIOGRAFÍA.....	80



INTRODUCCIÓN GENERAL

La empresa termoeléctrica Lidio Ramón Pérez enclavada en la zona de Felton de la provincia de Holguín cuenta con una capacidad instalada de 500 MW distribuidos en dos bloques de fabricación checa, el primer bloque comenzó a generar en febrero de 1996 y el segundo bloque el 12 de diciembre de 1999, cuya capacidad ocupa actualmente el 20 % de la generación en el SEN.

En ocasiones se mantiene generando alrededor del 25 % de la potencia que se genera en el país, es una de las que mejores parámetros presenta en la eficiencia por lo que mantenerla en servicio es uno de los principales retos con lo que hoy se enfrentan los obreros de la misma. Para mantener parámetros que garanticen la eficiencia de la Empresa Termoeléctrica (E.T.E) encuentran el aprovechamiento de la cantidad de vapor generado por la caldera, el cual se convierte en la turbina en energía mecánica y luego a energía eléctrica.

La falta momentánea de este elemento químico ocasiona limitaciones en la generación eléctrica y en su totalidad ocasiona la salida de línea de los generadores. La desconexión de los generadores por estas causas provoca un paro en la turbina, cerrando las válvulas de cuello que la alimentan bloqueando el paso de vapor, ocasionando la disminución del flujo de combustible en la caldera llegando a 350L/min. Equivalente a 21Ton/h sin generación, además el SEN se ve afectado ya que esto provoca grandes oscilaciones de voltaje y frecuencia en el sistema ya que generadores como los de Felton regulan la frecuencia del sistema estableciendo una estabilidad en el mismo. Esto obliga al despacho nacional de carga (DNC) a utilizar la energía de reserva rodante u ordenando la entrada de grupo de emergencia (grupo de generación distribuida fuel oil) atentando contra la economía del país ya que aumentaría el consumo de combustible. También el DNC podría elevar la capacidad de generación de otras máquinas pero se perdería en reserva de estabilidad.



Las plantas de electrólisis son las encargadas dentro de las centrales eléctricas de suministrar el hidrógeno necesario para el enfriamiento de los generadores eléctricos, estos aseguran el suministro de energía al sistema electro energético nacional (SEN) constituyendo un elemento fundamental para la generación, un mal funcionamiento de esta planta puede provocar una disminución en la producción de hidrógeno y por tanto la salida de servicio de las unidades generadoras.

Los generadores eléctricos de la empresa termoeléctrica de Felton Lidio Ramón Pérez son máquinas cerradas, bipolares, trifásicas, sincrónicas, sus medios de enfriamiento son el agua desmineralizada y el hidrógeno.

El agua desmineralizada circula por el interior de las espiras del estator absorbiendo parte del calor, el hidrógeno se encuentra presurizado en el interior del cuerpo del generador, una de las características de este gas es que es frío y seco y generalmente es utilizado como elemento refrigerante.

A partir de una mayor disponibilidad de hidrógeno las máquinas pueden operar en régimen de alta a través de un buen enfriamiento y una mayor generación de potencia (activa y reactiva) de forma confiable.

En los últimos años la planta ha presentado inestabilidad en la producción, generando la siguiente **situación problemática**:

Mal estado técnico del sistema de control y supervisión de la planta de hidrógeno provocan paros continuos y reiteradas averías de la planta de hidrógeno debido al deterioro del cableado de la lógica por el paso de los años, el ambiente corrosivo por la cercanía del mar y por carecer de piezas de repuesto del sistema de control, las cuales dificultan las posibles soluciones.

Problema de la investigación:

Como mejorar el sistema de supervisión y control de la planta de hidrogeno de la termoeléctrica de Felton que permita darle mayor seguridad a las operaciones que se realizan y una adecuada inserción en el sistema SCADA de la empresa.

**OBJETIVO GENERAL:**

Implementar un sistema de supervisión para la planta de producción de hidrógeno que permita un control eficaz de las operaciones.

OBJETO DE ESTUDIO:

Sistema de supervisión y control automático en la planta de hidrógeno.

CAMPO DE ACCIÓN:

Control del proceso de la planta de hidrógeno.

HIPÓTESIS:

Si se implementa un sistema de supervisión y control con tecnología de avanzada para la comunicación y el tratamiento de señales en la planta de hidrógeno entonces es posible garantizar una adecuada producción de hidrógeno realizando operaciones más seguras y una integración adecuada al sistema supervisor de la empresa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 1- Caracterizar las variables del objeto de estudio y la instrumentación existente que permita una adecuada adaptación a un sistema de supervisión.
- 2- Modificar el sistema de control de la planta de hidrógeno a partir de la selección adecuada del hardware y software que mejor se adapten al supervisor de la E.T.E.
- 3- Realizar una valoración técnica económica del impacto del nuevo sistema de control en la efectividad de operación de la planta de hidrógeno.

TAREAS DE INVESTIGACIÓN:

- 1-Estudio del sistema de medición existente en la planta para su operación.
- 2-Configurar el SCADA.
- 3-Comprobar a escala de laboratorio la interconexión entre el hardware y software propuesto.
- 4-Confección de la documentación del sistema (planos, características, sensores, conectores, PLC, conexión con el SCADA, conexión con programa PLC).



CAPÍTULO 1

Aspectos teóricos de los sistemas de supervisión en plantas de producción de hidrógeno

1.1 Introducción

En este capítulo se presentan los aspectos generales relacionados con la producción de hidrógeno en las plantas generadoras de energía. Se resaltan algunas especificaciones de los instrumentos de medición utilizados y los objetivos de su empleo mediante la interacción con los sistemas. Se aborda la estructura del SCADA INTOUCH a utilizar en la investigación.

1.2 Proceso de obtención del hidrógeno

La obtención del hidrógeno se lleva a cabo en una planta de electrolisis, dónde al aplicarle una tensión de corriente directa a una pila electrolítica previamente llenada con electrolito (KOH + agua) ocurre una disociación electrolítica y se producen los gases hidrógeno y oxígeno. La formación de estos gases responde a las siguientes reacciones químicas:

En el cátodo ocurre la formación del H₂: $2\text{H}^+ + 2\text{e}_- = \text{H}_2 (\text{g})$

En el ánodo ocurre la formación de O₂: $2\text{OH}_- - 2\text{e}_- = \text{H}_2\text{O} + 1/2 \text{O}_2$

Una de las características esenciales de un electrodo reversible, es que la reacción que tiene lugar en el mismo es un proceso químicamente reversible que puede desplazarse en un sentido u otro, según se alteren los factores o variables que afectan el proceso. En estas condiciones debe suceder que al acoplar dos electrodos reversibles intercalando entre ellos una fuente de energía eléctrica o FEM ligeramente superior en valor de potencial a la diferencia de potencial entre los electrodos, podremos colocar el paso de corriente en sentido opuesto al sentido en que dichos dos electrodos lo producirían espontáneamente, es decir, podemos provocar un proceso forzado en que aumente la energía libre del sistema. Un proceso de esta clase es una electrólisis.

El proceso de producción de hidrógeno comienza en el electrolizador donde se originan los gases de hidrógeno (H₂) y oxígeno (O₂) producto a la electrolisis del agua.



Estos gases pasan a las columnas separadoras de forma independiente. Al igual que los gases y ligado a estos, del electrolizador proviene también el electrolito (KOH) que de igual forma pasa a las columnas separadoras separándose de los gases y retornando a él electrolizador manteniendo de esta forma un régimen térmico estable en el mismo.

De las columnas separadoras salen solos los gases, penetrando a los reguladores de presión por debajo del nivel del agua que estos contienen, lavándose así las posibles nieblas alcalinas que pudieran traer estos desde las columnas separadoras.

Terminado este proceso los gases pasan al centro de distribución de los gases donde:

Durante la primera etapa del arranque estos deben ser expulsados a la atmósfera a través de los sellos hidráulicos.

Se procede a la segunda etapa del arranque solo cuando el H_2 haya alcanzado la pureza necesaria 99.7%.

Ya con estas características el H_2 pasa al restablecedor con el propósito de purificación pasando por una capa de cloruro de paladio que actúa como catalizador eliminando el O_2 residual.

Además es calentado hasta $220^{\circ}C$ aproximadamente para que se evapore el agua que pudiera contener y en el enfriador se provoca la condensación del vapor del agua contenida en el H_2 . Para llegar a las columnas secadoras, el H_2 debe fluir a través de una trampa de condensado donde quedaran las pequeñas partículas de agua que pudieran venir en él. De existir una columna en regeneración: el H_2 continúa hasta el calentador donde es calentado nuevamente para que al pasar por la columna esta recoja la humedad.



Luego de esto el gas pasa a un enfriador donde se condensa el vapor de agua fluyendo a través de una trampa de condensado para llegar a otro enfriador y finalmente a las columnas en operación dejando la humedad que pudiera contener. Acabado este proceso el H_2 pasa a los tanques de almacenamiento.

De no existir una columna en regeneración: el H_2 es enviado al calentador pero no se calienta ya que no existe vapor de agua, pasando posteriormente a través de un bypass hasta un enfriador y desde este a la columna en operación la cual tiene el objetivo de recoger la posible humedad. Luego es finalmente almacenado.

1.2.1. Elementos principales del proceso de obtención del hidrógeno

Las plantas de electrolisis están formadas por varios elementos que intervienen en la obtención del hidrógeno, estos elementos se detallan a continuación:

Electrolizador: es el equipo donde se produce la electrólisis del agua, o sea, la producción de los gases al aplicársele corriente directa. Los electrolizadores están compuestos cada uno por 25 celdas, cada una está formada por dos electrodos, y limitada por un diafragma.

Compensadores perforados: son los encargados de evitar los posibles golpes térmicos y hacer más estable y uniformes el flujo de los gases que se dirigen hacia las Columnas Separadoras desde el electrolizador.

Columnas separadoras: son los equipos encargados de separar los gases H_2 y O_2 del electrolito que a su vez enfrían, mediante un serpentín que se encuentra en su interior por el cual circula agua de enfriamiento. Desde el electrolizador y a través de los compensadores perforados, sale el electrolito caliente junto con el H_2 por un lado y con el O_2 por el otro, entran a la columna separadora. Debido a la diferencia de peso específico del electrolito, así como por el empuje del flujo gaseoso, los gases se dirigen hacia la parte superior y el electrolito a la parte inferior retornando al electrolizador, manteniendo un régimen térmico.



Sellos hidráulicos: son los equipos encargados de, en la primera etapa de arranque expulsar los gases H_2 y O_2 a la atmósfera. Es un recipiente que se llena a la mitad del nivel, con H_2O . El gas penetra en él por su parte inferior y sale a la atmósfera venciendo la resistencia que le impone la columna de agua, que a la vez se comporta como un sello evitando el contacto directo entre los gases y la atmósfera.

Centro de distribución de los gases: está compuesto por 8 válvulas, que dan la posibilidad de hacer combinaciones operacionales con los gases provenientes desde los reguladores: Enviar los gases a través de los sellos hacia la atmósfera, enviar el H_2 a la instalación común y enviar el O_2 a la atmósfera a través de la válvula de no retorno (cheque).

Restablecedor: este equipo está destinado a purificar el H_2 , eliminando el O_2 residual, al pasar este por una capa de Cloruro de Paladio que sirve como catalizador de O_2 . En este equipo también se calienta el H_2 hasta $220^{\circ}C$, para evaporar las pequeñas partículas de agua que trae el mismo.

Calentador de hidrógeno: en este equipo se calienta el H_2 , para que al pasar por la columna secadora que se encuentra en regeneración sean devueltas las propiedades a la sílicagel. Si no hay ninguna columna en regeneración este estará F/S.

Enfriador: está conformado por tres tubos de diferentes diámetros, por uno de estos tubos pasa el gas H_2 , y por la otra cavidad circula el agua de enfriamiento, que transfiere su temperatura más fría que la del gas, a este, a través del metal. Esto con el fin de precipitar o condensar el vapor de agua que pudiera existir en el H_2 .

Tanque separador de condensado: este equipo tiene en su interior un tabique ubicado desde su punto superior hasta más debajo de la mitad; el H_2 proveniente del enfriador choca con este tabique, es obligado a realizar un recorrido descendente y luego ascendente, continua su recorrido y el agua queda en el cuerpo inferior del separador. Es decir que separa el hidrógeno del condensado de agua.

Tanque colector de condensado (trampa de agua): en él se deposita el agua, desde los tanques separadores de condensado.



Expansionador: es el encargado de recolectar el agua que viene junto al H_2 desde los tanques de equilibrio, dicha agua queda contenida en su cuerpo y los gases son conducidos por una línea hasta el tubo grueso que está encima del sello hidráulico del lado de H_2 , para salir a la atmósfera a través del apaga chispa ubicado al final superior de dicho tubo. Este expansionado tiene su mayor empleo cuando se rellenan los niveles de los tanques de equilibrio.

Columna secadora: son recipientes que contienen sílicagel y tienen una camisa por donde circula vapor. Sirven para eliminar la humedad del H_2 . Las columnas Secadoras trabajan alternamente, una secando el H_2 y la otra regenerando la sílicagel.

Tanques de equilibrio: son los encargados de almacenar el agua para realizar la alimentación de los electrolizadores a través de las columnas separadoras. Se encuentran unidos por la parte inferior con los reguladores de presión de ambos gases y por la parte superior con el regulador de presión de H_2 .

Tanques de almacenamiento: nuestra planta cuenta con cuatro tanques (ver fig.1.1) para el almacenamiento del hidrógeno producido, estos son de fabricación CCCP y presentan un volumen cada uno de $200m^3$, están ubicados a la salida de la planta y reciben todo el hidrógeno producido hasta su total capacidad que entre los cuatro suman $800m^3$, a una presión de 10atm, desde ellos posteriormente se realizan las inyecciones a los generadores según sus necesidades y además se alimentan desde aquí los compresores para el llenado de los botellones de hidrógeno, este compresor no está montado.,

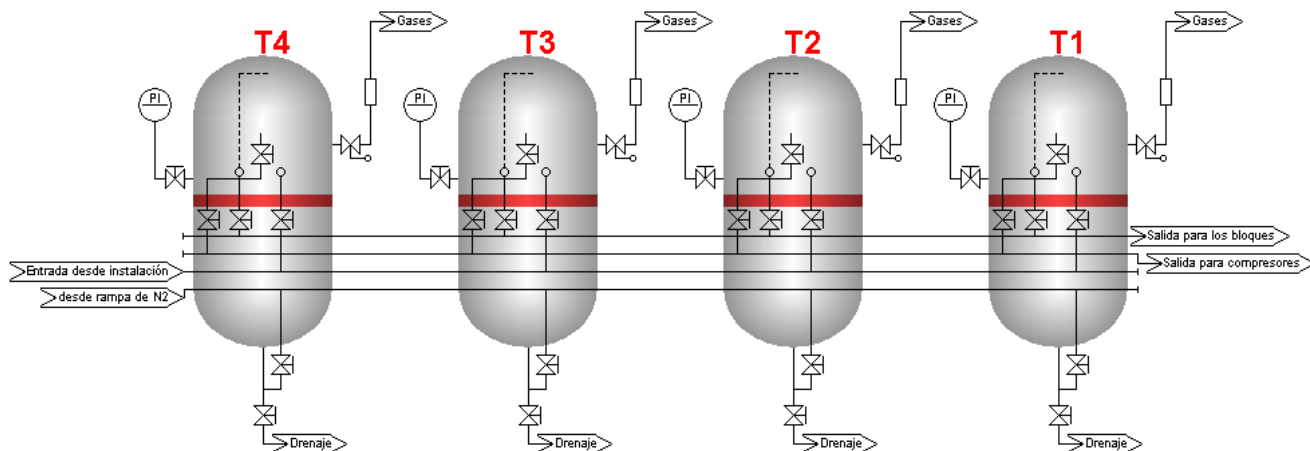


Fig.1.1 Tanques de almacenamiento.

Mata chispas: son recipientes metálicos que se rellenan con gravilla, su papel consiste en restarle velocidad al hidrógeno que se expulsa a la atmósfera, ya que su función es servir de intermediario entre el hidrógeno y la atmósfera, con la finalidad de evitar chispas y fuegos.

Rampa de nitrógeno: se le llama rampa auxiliar de N_2 al cabezal de acoplamiento entre los botellones y el resto del sistema tecnológico, en la rampa auxiliar de nitrógeno, siempre que se comience un arranque de la instalación tienen que haber como mínimo, tres cilindros conectados y comprobados llenos, el nitrógeno además se utilizaría en casos de emergencia para contrarrestar las mezclas explosivas entre el H_2 y el O_2 y finalmente al poner fuera de servicio la instalación es necesario barrer los residuos de los gases H_2 y O_2 que puedan haber quedado en las líneas de la instalación.

Rampa de CO_2 : se le llama rampa auxiliar de CO_2 al cabezal de acoplamiento entre los botellones y los cuatro tanques para su barrido. Acción necesaria para dar una vía libre, a partir de que el hidrógeno es explosivo al mezclarse con el aire, dicha rampa debe encontrarse siempre preparada con cuatro botellones llenos acoplados al sistema.



Tanque de KOH: es un tanque de 1.1m^3 , de acero inoxidable, perteneciente al sistema de KOH, tiene varias funciones: En él se prepara inicialmente el electrolito (según descripción operacional). En caso de emergencia por salidero, por ejemplo, en el se evacua el electrolito de la pila, además cuando se desea lavar contra flujo la pila también es necesario pasar el KOH hasta él.

Bomba de KOH: su función es bombear el electrolito, ya sea desde la pila al tanque o desde el tanque hasta la pila, además de recircular el KOH en el propio tanque. Esto se logra mediante combinaciones que se ejecutan a través de las válvulas del sistema.

Filtro de KOH: su función es filtrar el líquido que pasa por el (Hidróxido de Potasio), previendo la existencia de partículas mecánicas que pudieran dañar la bomba.

Se muestra a continuación una figura con varios elementos de la planta:

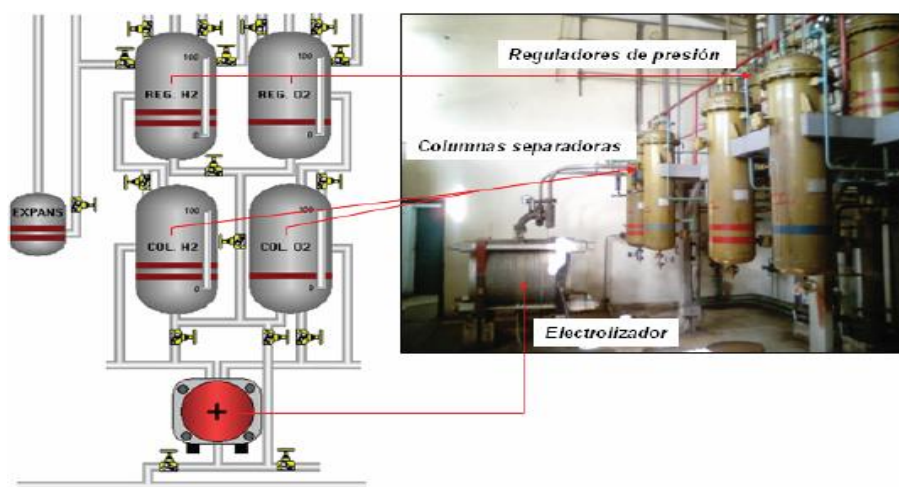


Fig.1.2 Elementos de la planta de electrolisis.



1.2.2. Reseña histórica del Sistema Automático de la planta

Como regla general la automática siempre contribuye a mejorar los indicadores de eficiencia energética en un sistema. Sin embargo cuando esta comienza a presentar dificultades en los ajustes y regímenes de funcionamiento, puede traer consigo un incremento de los consumos de energía eléctrica. La automática actual de la planta de hidrógeno no cumple ninguna de sus funciones y para su remodelación o reparación se deben de tener en cuenta las siguientes funciones:

- ☐ Emisión instantánea de informaciones estadísticas.
- ☐ Impresión de información.
- ☐ Operación remota.
- ☐ Emisión de información necesaria para que el operador proceda en consecuencia.
- ☐ Control y supervisión cíclica automática.
- ☐ Registro automático de los consumos y parámetros.
- ☐ Control y supervisión sobre los límites permisibles.

La tecnología instalada (Ver figura: 1.3) en la parte de adquisición de señales de la planta consta de una instrumentación ya obsoleta atentando contra la seguridad del proceso y los operadores.

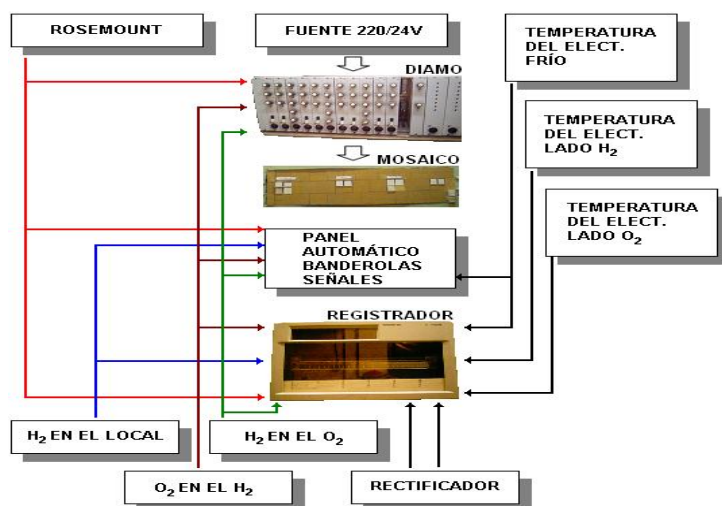


Fig.1.3 Arquitectura obsoleta de la automática de la planta de hidrógeno.



Problemáticas fundamentales del sistema automático

La tecnología implementada en la planta de hidrógeno de Felton se encuentra en mal estado técnico, los problemas detectados se centran en:

Las comunicaciones:

- ☐ Aterramiento no adecuado. Se requiere un único punto de aterramiento certificado por APCI y que no se mezcle con el aterramiento eléctrico de la instalación.
- ☐ Malas conexiones de los pines en los terminales, regletas y clavijas que posibilitan el falso contacto.
- ☐ Deterioro del cableado de la lógica debido al periodo del tiempo de trabajo y al ambiente corrosivo.

El control y supervisión:

- ☐ Hardware obsoleto que opera con muchas dificultades.
- ☐ La tarjeta de comunicaciones empleada no se utilizan en la actualidad.
- ☐ El registrador de variables utilizado como interfase de operación no muestra información de todas las variables del proceso además de no registrar históricamente los valores y actuaciones de las variables.
- ☐ No se dispone de la información necesaria y suficiente para proceder con la reparación del sistema existente.

Aún existen viejos sistemas implementados en plantas de electrólisis que pudieran ser modernizados gradualmente con la tecnología actual. Estos sistemas ya con una tecnología obsoleta y con deficiencias para operar y ser reparada generan problemas de adquisición y registros de señales. Durante la operación se producen indicaciones y disparos de protecciones no correspondientes con las señales medidas, todo esto convierte al actual controlador de los parámetros en un factor de riesgo para la empresa.



La planta de electrolisis de la empresa termoeléctrica Lidio Ramón Pérez de Felton es un ejemplo actual de un control defectuoso con posibilidad de mejorar. Aun este sistema implementado allí está conformado por dispositivos antiguos como es el caso del *DIAMO* instrumento automático compuesto por 17 tarjetas que reciben señales desde los instrumentos de medición ubicados en el campo. Estas tarjetas envían además diferentes señales preventivas y de disparo a los elementos accionadores, es el caso del *MOSAICO* que es un sistema auxiliar del *DIAMO* para indicar los eventos o sucesos (señales preventivas y disparos).

Para el registro y monitoreo de las señales existe allí un *REGISTRADOR* de variables que indica digitalmente en una pantalla las lecturas de las variable que llegan a él, en este caso 9, las cuales son 3 temperatura, 3 analizadores de gases, 1 presión, 1 tensión, 1 corriente y en una carta gráfica registra el comportamiento de estas variables durante el transcurso del tiempo, esta función se encuentra fuera de servicio por lo que no se tiene registro histórico de este proceso. Existen además un grupo de *BANDEROLAS* ubicadas en los paneles para la indicación de alarmas y disparos provocados por el proceso de obtención del hidrógeno. Como aviso de señales acústica existe una sirena y un timbre.

1.4 Marco teórico conceptual de las variables y de los sensores existentes

En el libro Instrumentación Industrial, tomo 1, capítulo 3 hasta capítulo 6, se describen las características de las magnitudes a medir.

Todos estos instrumentos con sus características constructivas y principio de funcionamiento fueron tomados del Catálogo 2006 instrumentación de campo para la automatización de procesos de ZAT.



1.4.1 Medición de la variable temperatura

La medida de temperatura constituye una de las mediciones más comunes y más importantes que se efectúan en los procesos industriales. Las limitaciones del sistema de medida quedan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, la velocidad de captación de la temperatura, la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor y por el tipo de instrumento indicador, registrador o controlador necesarios.

Los instrumentos de temperatura utilizan diversos fenómenos que son influidos por la temperatura y entre los cuales figuran:

- ☐ Variaciones en volumen o en estado de los cuerpos (sólidos, líquidos o gases).
- ☐ Variación de resistencia de un conductor (sondas de resistencia).
- ☐ Variación de resistencia de un semiconductor (termistores).
- ☐ F.e.m. creada en la unión de dos metales distintos (termopares).
- ☐ Intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (pirómetros de radiación).
- ☐ Otros fenómenos utilizados en laboratorios (velocidad del sonido en un gas, frecuencia de resonancia de un cristal).

Para la medición de esta variable se emplearán termo resistencias Pt 100 con longitud de inmersión: 100mm, toma de proceso: 1/2 n p t, con racor deslizante y termo pozo de 10mm de diámetro incorporado, módulos DAI002 con salida binaria.

Principio de funcionamiento de la termo resistencia

La corriente que circula por el termómetro los calienta con respecto al fluido a medir. El error de calentamiento provocado decrece con el cuadrado de la corriente y de forma lineal con el valor óhmico de la correspondiente resistencia de medida. Además de la dimensión de la corriente, el error depende también de la construcción de la termo resistencia y de la transferencia de calor entre la vaina de protección y el medio a medir.



Los instrumentos indicadores que operan por galvanómetro y aguja requieren una gran potencia. En este caso, la corriente por el termómetro no deberá superar 10mA para mantener el error por calentamiento dentro de los límites admisibles. Al medir la temperatura de gases con una velocidad de flujo muy baja, el error por calentamiento resultará considerablemente mayor que si se mide la temperatura en gases o fluidos que circulan a gran velocidad. El error por calentamiento puede desatenderse en caso de velocidades de flujo muy grandes.

Componentes principales:

- ☐ Unidad de medida con resistencia de medida.
- ☐ Tuvo con placa soporte.
- ☐ Zócalo de conexión con resortes y 2 ó 4 cables internos de alambre revestido de Cu-Ni por cada resistencia de medida Pt100.



Fig.1.3 Termo resistencia.

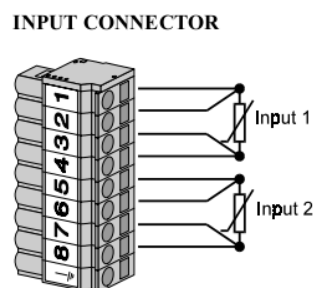


Principio de funcionamiento del módulo DAI 002 convertidor de temperatura

Es el módulo de la estación ZAT-D para la conexión de dos ó más termo resistencias tipo PT100 o Ni 1000 de 4 hilos, las cuales pueden ser configuradas por programa. Los datos de entrada son convertidos con una resolución de 16 bits, con linealización y auto calibración de los canales de entrada durante cada período de medición. Un procesador PIC 16C57 RISC realiza todas las funciones del módulo, incluyendo auto calibración. Los circuitos de entrada son separados galvánicamente del potencial común. Los LEDS indican los fallos de los sensores.



(a)



(b)

Fig.1.4 (a) Modulo DAI 002 convertidor de temperatura. (b) conexión del módulo al sensor.

- Es un conector donde se conectan los cables del sensor y este se conecta a la tarjeta figura: 1.4 (b); se ubica de esta forma debido a la confección del trabajo de donde se adquirió esta información y respetando sus normas.

1.4.2 Medición de la variable presión

La presión es una fuerza por unidad de superficie y puede expresarse en unidades tales como Kg./cm², PSI (libras por pulgadas cuadradas), bar y atmósfera, si bien se normalizó a Pascal (newton por metro cuadrado = N/m²), de símbolo (Pa), de acuerdo con las conferencias generales de pesas y medidas 13 y 14 que dieron lugar en París en octubre de 1967 y 1971 y según recomendación internacional núm. 17, ratificada en la III conferencia general de la organización internacional de metrología legal.



La presión puede medirse en valores absolutos o diferenciales.

- ☐ La presión absoluta se mide con relación al cero absoluto de presión.
- ☐ La presión atmosférica es la presión ejercida por la atmósfera terrestre medida mediante un barómetro. A nivel del mar, esta presión es próxima a 760mm (29.9pulgadas) de mercurio absolutos o 14.7 psi a (libras por pulgadas cuadradas absolutas) y estos valores definen la presión ejercida por la atmósfera estándar.
- ☐ La presión relativa es la determinada por un elemento que mide la diferencia entre la presión absoluta y la atmosférica del lugar donde se efectúa la medición. Hay que señalar que al aumentar o disminuir la presión atmosférica, disminuye o aumenta respectivamente la presión leída, si bien ello es despreciable al medir presiones elevadas.
- ☐ La presión diferencial es la diferencia entre dos presiones.
- ☐ El vacío es la diferencia de presiones entre la presión atmosférica existente y la presión absoluta, es decir, es la presión medida por debajo de la atmosférica. Las variaciones de la presión atmosférica influyen considerablemente en las lecturas del vacío.

Los medidores de presión absoluta consisten en un conjunto de fuelle y muelle opuesto a un fuelle sellado al vacío absoluto. El movimiento resultante de la unión de los dos fuelles equivale a la presión absoluta del fluido.

1.4.2.1 Mediciones de presión absoluta en el proceso de producción de hidrógeno

El desequilibrio entre estas dos fuerzas da lugar a una variación de posición relativa de la barra, excitando un transductor de desplazamiento tal como un detector de inductancia o un transformador diferencial. Un circuito oscilador asociado con cualquiera de estos detectores alimenta una unidad magnética y la fuerza generada reposiciona la barra de equilibrio de fuerzas. Se completa así un circuito de realimentación (Ver Fig. 1.5) variando la corriente de salida en forma proporcional al intervalo de la variable del proceso.

En este proceso existen 6 instrumentos, 4 en los tanques de almacenamientos, 1 para la presión total de la planta, y otro para la presión de agua de enfriamiento al rectificador.

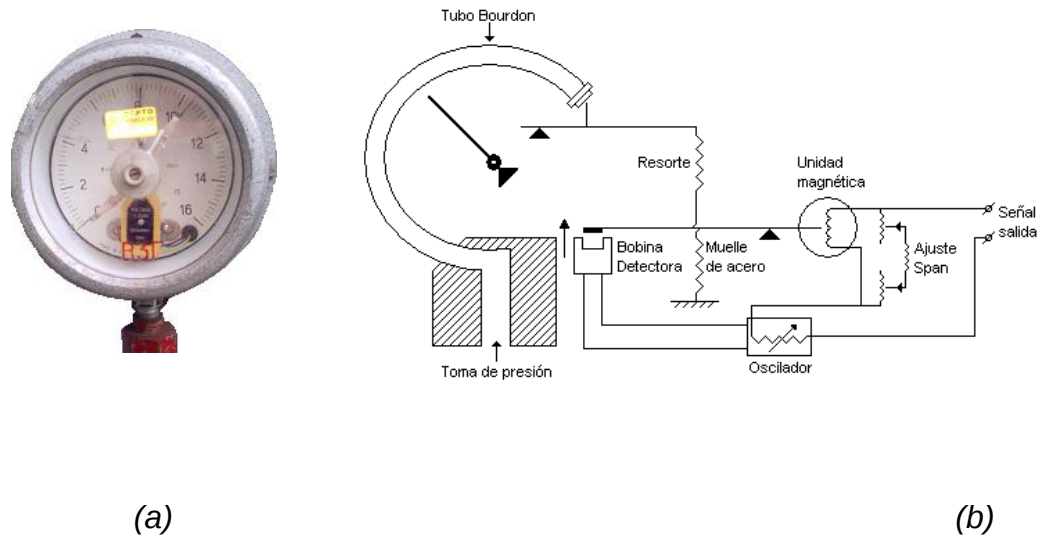


Fig.1.5 (a) Transmisor electrónico de equilibrio de fuerzas. (b) esquema electromecánico.

1.4.2.2 Principio de funcionamiento del transmisor de presión diferencial

Transmisor de presión diferencial ROSEMOUNT DP4 (Figura: 1.6)

Estos instrumentos basan su funcionamiento en la variación de capacidad que se produce en un condensador al desplazarse una de sus placas por la aplicación de presión. La presión del proceso es detectada por un sello alejado hasta llegar al diafragma, se transmite a través de un tubo capilar llenando el sistema. La detección de la presión transmitida desplaza el diafragma en el transmisor creando una capacitancia diferencial entre la detección del diafragma y las placas del condensador. Este diferencial de la capacitancia se convierte en una señal electrónica de corriente directa 4--20mA, que es enviado al control automático.



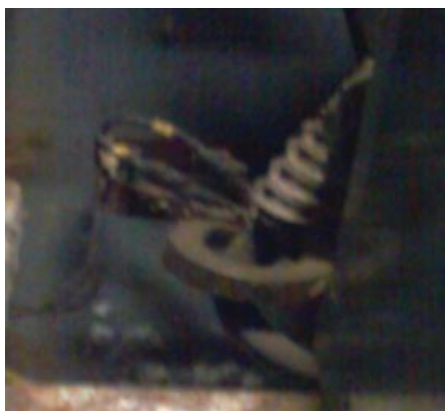
Fig.1.6 Transmisor de presión diferencial ROSEMOUNT DP4.

No	Protección	Valor de Ajuste.	
		Señal	Disparo
1	Diferencial de Presión	$\pm 150 \text{ mmH}_2\text{O}$	$\pm 200 \text{ mmH}_2\text{O}$

1.4.3 Medición de la variable corriente y tensión

Los transformadores de medición de corriente (TC) y de tensión (TT) se emplean En circuitos de corriente alterna con el objetivo de reducir a valores normales y no peligrosos, las características de corriente en un sistema eléctrico con el fin de permitir el empleo de aparatos de Medición y protección normalizadas, por consiguiente más económicas y que pueden manipularse sin peligro.

Cuando se emplean transformadores de medición (Figura: 1.7) no existe unión galvánica entre el circuito y el instrumento (protecciones), esto permite conectar al instrumento o aparato de protección en circuitos aterrados de baja tensión, y, por tanto, aumentar la seguridad del personal de operaciones y mantenimiento, así como simplificar la construcción de los mismos.



Transformador Corriente.



Transformador Tensión SHUNT.

Figura: 1.7 Transformadores de Corriente y Tensión

1.4.4 Medición de la composición de los gases: analizadores de gases

La característica esencial de estos sensores (Figura: 1.8) es la membrana de difusión que limita el paso del gas al electrodo sensible y asegura que la cantidad que entra en contacto con este electrodo no exceda su actividad electroquímica. La elevada reserva de actividad electroquímica de cada censor le proporciona una larga vida y una buena estabilidad térmica. Funcionan bajo el principio electroquímico, precisan dos electrodos (uno sensible y otro contador) separados por una fina capa de electrolito. El gas que se difunde al electrodo sensible reacciona en su superficie por oxidación o reducción. Esta reacción produce un aumento o disminución de su potencial respecto al electrodo contador. Conectando una resistencia entre los dos electrodos se genera una corriente que puede ser detectada y utilizada para determinar la concentración de gas.

Estos sensores han sido diseñados para ser altamente específicos al gas a medir, habiéndose minimizado el efecto de interferencia de otros gases. Esto se ha conseguido con la combinación de diferentes técnicas basado en electrodos catalizadores, controlando el potencial del electrodo sensible y finalmente utilizando filtros para eliminar gases interferentes.



Figura: 1.7 Analizadores de Gases.



CAPÍTULO 2

Arquitectura del Sistema de Medición a implementar

2.1 Introducción

En este capítulo aparece la estructura del sistema de medición experimental, implementado en la planta de producción de hidrógeno. Se incluyó en este sistema las principales variables. Se presentan de forma minuciosa los detalles del software de control y de supervisión, así como sus potencialidades para esta aplicación específica. En el caso del hardware se describen las interacciones entre los elementos del sistema, desde el sensor hasta la validación de las magnitudes. La conformación de este sistema se puede extrapolar para el estudio de otras plantas de hidrógeno. A partir de los resultados obtenidos se pueden establecer estrategias y variantes de solución que disminuyan el consumo de portadores energéticos en estos sistemas.

2.2 Nuevos criterios de selección de las variables para la medición

Como se expresó anteriormente el proceso de producción de hidrógeno en una empresa termoeléctrica es indispensable ya que este gas es el encargado de la refrigeración de los generadores y su falta pudiera significar la salida de línea de estos generadores o la no entrada a tiempo después de un mantenimiento o reparación capital.



2.3 Características de las variables seleccionadas

Las variables que caracterizan en su totalidad los procesos de producción de hidrógeno se relacionan a continuación en la tabla 2.1:

Tabla 2.1. Principales variables presentes en el proceso de producción de hidrógeno

Nº	Nombre de la variable	Identificador	Unidad
1	Corriente salida del rectificador 1	CorrientR1	A
2	Tensión salida del rectificador 1	TensR1	V
3	Temperatura del rectificador 1	TempR1	° C
4	Presión de agua enfriamiento a los rectificadores 1	Pres TR	Atm
5	Temperatura del electrolito frío en el electrolizador 1	Tempelec1	° C
6	Temperatura de los gases de hidrógeno en el electrolizador 1	TempH ₂ .1	° C
7	Temperatura de los gases de oxígeno en el electrolizador 1	TempO ₂ .1	° C
8	Diferencial de presión entre H ₂ y O ₂	DIFPRE1	Mm H ₂ O
9	Presión general de la instalación	Pres GI	Atm
10	Análisis de hidrógeno en el local	Ana H ₂ L	%
11	Análisis de hidrógeno en el oxígeno	Ana H ₂ .O ₂	%
12	Análisis de oxígeno en el hidrógeno	Ana O ₂ -H ₂	%
13	Presión de hidrógeno en el tanque #1	Ptk1	Atm
14	Presión de hidrógeno en el tanque #2	Ptk2	Atm
15	Presión de hidrógeno en el tanque #3	Ptk3	Atm
16	Presión de hidrógeno en el tanque #4	Ptk4	Atm



Presión diferencial: El control de esta variable es importante, ya que tiene la función de proteger al electrolizador en servicio de la diferencia de presión entre los gases de hidrógeno y oxígeno, ya que las mezcla de estos gases son explosivos entre 2,6--95%, la toma de presiones se ubica en los reguladores de presión. Tiene como elemento censor un ROSEMOUNT y dispara la instalación al llegar la Diferencia de presión (vista en forma de nivel de agua) a $\pm 200\text{mm}$ de agua, ($\pm 200\text{mm H}_2\text{O}$).

Presión absoluta: Su importancia radica en mantener la presión general de la instalación, la presión del agua de enfriamiento al rectificador y las presiones en cada tanque de almacenamiento.

Análisis de gases: Los análisis de gases en plantas de electrolisis son de vital importancia ya que mediante ellos se conoce los valores permisibles de los gases. La mezcla de hidrógeno en el aire se hace explosiva para contenidos entre 3.3 y 81.5 %, la mezcla de hidrógeno y oxígeno se hace explosiva para contenidos entre 2.6 y 95 %.

Temperatura: Su vigilancia y control permite la correcta explotación del proceso ya que al cumplirse estos regímenes, existe un buen régimen térmico en la pila y la pureza del gas es de calidad, la producción de hidrógeno logra su máxima efectividad.

Mediciones eléctricas: Su control permite que el electrolizador realice con efectividad la electrolisis de agua para separar los gases de hidrógeno y oxígeno con efectividad.

Medición de nivel: Importante su control en las columnas separadoras para lograr una buena separación de los gases y un buen por ciento de concentración en el hidrógeno y oxígeno.



2.4 Estructura del hardware a implementar

Las pretensiones fundamentales de esta estructura de hardware consiste en lograr las mediciones de las variables que ha medida de las posibilidades reales de implementación en este sistema así lo permitan. Concretamente se desea medir las variables que inciden con más importancia en el proceso de producción de hidrógeno. Además de la medición de las variables se incorpora un controlador en el autómatas que manejará todos los disparos del interruptor principal por causa tecnológica. En la figura 2.2 se aprecia el diagrama de bloques de la aplicación.

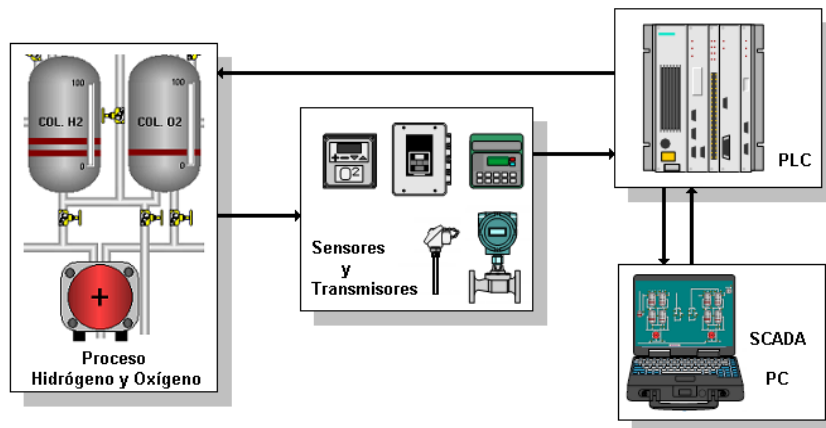


Fig.2.2 Diagrama en bloques del hardware

El sistema está compuesto por un dispositivo controlador fabricado por la firma Checoslovaca (figura: 2.3), este sistema utiliza la serie probada de módulos de entradas y salidas de las estaciones descentralizadas ZAT-D, el rasgo principal de esta serie es la gran universalidad de los módulos E/S, sus reducidas dimensiones, bajo consumo y alta resistencia a las interferencias, posee además 4 termoresistencias PT-100 para las mediciones de temperaturas; convertidores para mediciones de presión, 1 transmisor de presión diferencial ROSEMOUNT, 4 de presión absoluta para los TK de almacenamiento, 1 para la presión general de la instalación, 3 analizadores de gases. Las mediciones tomadas por el sistema serán monitoreadas en la computadora por el SCADA INTOUCH.



Tareas que se ejecutan para el montaje físico de la instrumentación.

- ☐ Cableado de las señales a medir y controlar.
- ☐ Montaje del autómata en el panel.
- ☐ Montaje y alambrado de los instrumentos de medición.
- ☐ Montaje y alambrado del autómata.
- ☐ Comprobación del alambrado.
- ☐ Conexión de los dispositivos de comunicación del autómata con la PC.
- ☐ Instalación de la PC y de la aplicación diseñada con el SCADA.
- ☐ Comprobación del control desde el computador.

2.5. Autómata utilizado

El procesador del autómata utilizado en esta aplicación es el VM42 de la firma ZAT-D. Los productos de ZAT-D son modulares. Para que una tarjeta de entrada/salida sea funcional es preciso que esté equipada con una tarjeta de procesador. Estas tarjetas gestionan los datos procedentes de los sensores de campo y controlan los accionadores digitales.

Este autómata incluye componentes básicos fáciles de encajar en distintas posibilidades para formar o no automatismos descentralizados.

Los componentes son los siguientes:

- ☐ Tarjetas de entradas/salidas analógicas y digitales.
- ☐ Tarjetas de comunicación. D-VDP
- ☐ Tarjetas de procesador. VM42
- ☐ Módulos convertidores de PT100 a 0--2.5 V. DAI 002
- ☐ Módulos convertidores de 4-20mA a 0--2.5 V. DAI 003
- ☐ Módulos básicos de comunicación. DKM 001
- ☐ Módulos de fuente de alimentación de potencia estándar. DZD 001
- ☐ Módulos para la conexión de señales de corrientes activas. DAI 005
- ☐ Módulos para la conexión de señales digitales de 24 V. DLI 001
- ☐ Módulos para la conexión de señales de entradas digitales. DLI 003
- ☐ Módulos para contactos de salidas de potencia normalmente abierto DLO 003

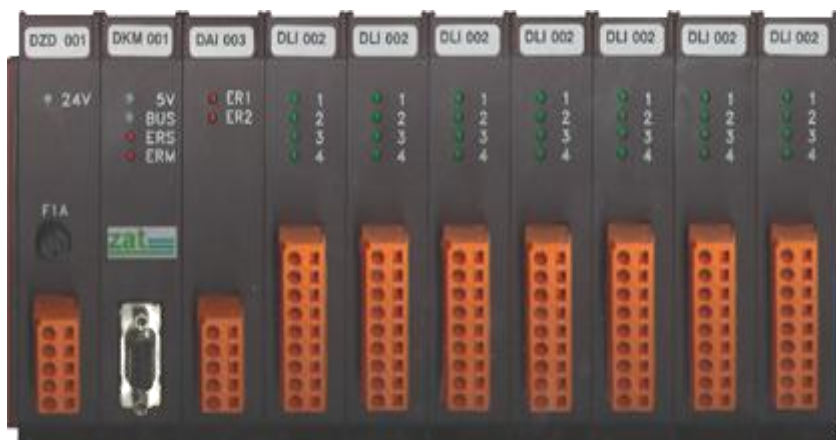


Fig. 2.3: Ejemplo de composición de la estación descentralizada de E/S ZAT-D.

Cada estación ZAT-D contiene alimentación de potencia, módulo de comunicación, además de hasta 8 módulos de E/S, los cuales se comunican a través de un bus paralelo interno.

La conexión con procesadores centrales superiores es a través de un bus serie de comunicación, que dispone del protocolo de comunicación PROFIBUS DP. La longitud de este bus puede extenderse hasta 10 Km (cable metálico) o hasta 100 Km (cable óptico).

En la gama de módulos de entrada y de salida se encuentran los convertidores binarios y analógicos.

Los convertidores analógicos están equipados con procesadores RISC y realizan la conversión A/D, diagnóstico, linealización de las características del sensor y la conversión D/A de los datos a unidades físicas. Los datos de entrada convertidos y modificados son concentrados en un microprocesador en el módulo de comunicación y juntos con los resultados del diagnostico son transferidos por el bus serie desde la estación periférica ZAT-D a la estación central de proceso VM42 para su procesamiento. La estación de control puede realizar selección remota del rango de medición o de las características de conversión de las entradas mediante el envío de un mensaje de parametrización durante el arranque cuando la validación de la configuración del sistema es realizada.



-Clasificación de los módulos de la estación ZAT-D.

☐ DKM 001

Es el módulo básico de la estación ZAT-D, es el módulo de comunicación. Se comunica con otros módulos por el bus serie PROFIBUS DP. Los LEDS indican la presencia de alimentación a los módulos, la actividad en el bus, fallos en la estación y fallos en el módulo. Contienen circuitos para la conexión al bus PROFIBUS DP por el conector D-SUB 9 F (DIN 19245, parte III). Usan el procesador 80C32 y el juego de pastillas ASIC SPC (Controlador SINEC PROFIBUS).

☐ DZD 001

Es la fuente de alimentación de potencia estándar para todos los tipos de módulo. El voltaje de entrada es 24 V-DC.

☐ DAI 002

Es el módulo de la estación ZAT-D para la conexión de dos ó más termo resistencias tipo PT100 o Ni 1000 de 4 hilos, las cuales pueden ser configuradas por programa. Los datos de entrada son convertidos con una resolución de 16 bits, con linealización y auto calibración de los canales de entrada durante cada período de medición. Un procesador PIC 16C57 RISC realiza todas las funciones del módulo, incluyendo auto calibración. Los circuitos de entrada son separados galvánicamente del potencial común. Los LEDS indican los fallos de los sensores.

☐ DAI 003

Es el módulo de la estación ZAT-D para la conexión de dos ó más señales normalizadas - lazo de corriente (4 a 20mA) con separación galvánica de la fuente de potencia para los lazos de alimentación. Los datos de entrada son convertidos con una resolución de 16 bits. Los LEDS indican los fallos del lazo de medición. Un procesador PIC 16C57 RISC realiza todas las funciones del módulo. Los circuitos de entrada son separados galvánicamente.



❑ DAI 005

Es el módulo de la estación ZAT-D para la conexión de dos ó más señales de corriente activas normalizadas del tipo 0 a 20mA. Los datos de entrada son convertidos con una resolución de 16 bits. Los LEDS indican los fallos del lazo de medición. Un procesador PIC 16C57 RISC realiza todos las funciones del módulo. Las entradas son separadas galvánicamente.

❑ DLI 001

Es el módulo de la estación ZAT-D para la conexión de señales digitales de 24 V DC. Los LEDS indican la presencia de señal. Los circuitos de entrada son separados galvánicamente.

❑ DLO 003

El módulo contiene contactos de salida de potencia normalmente abiertos (NO). Los LEDS indican el estado activo de las salidas.

- Nivel de control directo o procesamiento

El nivel de procesamiento es donde se insertan las estrategias para el control, los sistemas de redundancia y diseños de tolerancias a fallas, es donde son procesados los programas del control del proceso como, secuencias lógicas, protecciones y lazos de regulación.

Realiza la conexión con el proceso a través de un sistema de interfaces de entradas y salidas inteligentes y eventualmente desde el equipamiento inteligente de proceso al bus de comunicación abierto PROFIBUS DP (normas DIN 19245, EN 50170). La información de datos en forma digital es transmitida a través del medio de comunicación (cable trenzado, fibra óptica) al procesador central VM42 (CPU) para el procesamiento en el algoritmo de control. Los algoritmos son procesados en modo cíclico o en modo de tiempo real (es usado un sistema operativo de tiempo real) en las unidades procesadoras (32 bits) con características de cálculo de 100 Millones de Instrucciones por segundos (MIPS).



El sistema posibilita el diseño de configuraciones redundantes para tecnologías con necesidad de disponibilidad y seguridad en el control. Las principales características del hardware del sistema están multiplicadas con el fuerte soporte del original software de ZAT. Este software es ampliamente utilizado desde 1988 y fue mejorado progresivamente. La última versión, la cual es usada en el sistema ZAT 2000 y en el ZAT 2000 MP posibilita la ejecución de todas las operaciones del área industrial y la automatización de procesos sin profundos conocimientos de programación. Es posible configurar y parametrizar el sistema remotamente con ayuda del servicio del nivel de comunicación.

-Subsistema de CPU

Está basada en utilizar arquitectura multiprocesadores que asegura diferentes tiempos de procesamiento y capacidad de comunicación en comparación con la solución tradicional. Esto garantiza una perspectiva a largo plazo durante la extensión futura de la tecnología controlada.

El rack de procesadores es el elemento básico del conjunto. Es usado un montaje mecánico estándar construido de 19" para montar tarjetas de tamaño europeo pequeño (3U). Son conectadas las tarjetas de procesamiento VM42 y las tarjetas de comunicación para la red PROFIBUS DP y si se quiere usar otro tipo de protocolo de comunicación podemos poner el tipo de tarjeta para el mismo. Las tarjetas son equipadas con plugs industriales DIN 41612 y son conectadas a las tarjetas del bus del sistema (back plane). Es posible conectar hasta 7 tarjetas en un bus.



- Estación de procesamiento. CPU VM42 (A)

Una computadora con bus VME en una tarjeta incorpora las altas características de los procesadores de 32 bits MC68040 con frecuencia de reloj de 33 MHz, la capacidad de memoria alcanza hasta 16 MB de DRAM y 4 MB de Flash EPROM; la memoria de reserva de doble acceso tiene capacidad de 256 KB ó 1 MB. Los servicios de comunicación los asegura el controlador de comunicación MC68EN360 cuyo núcleo de 32 bits junto con los servicios del sistema operativo ofrecen posibilidad de interconexión con los protocolos ETHERNET, PROFIBUS, HDLC/SDLC, etc., siendo posible obtener una razón de transferencia de hasta 200 Mbyte/s en el bus VME cuando se configura con la pastilla opcional AUTOBAHNTM.

Los canales de comunicación pueden ser usados para la conexión directa a terminales, módem, bus de operación o RED, o como comunicación interna en sistemas redundantes, la tarjeta está disponible para rango de temperatura estándar 0 - 70 °C y para rango de temperatura industrial -40 a +85 °C. Su capacidad permite la conexión y servicio a más de 8192 E/S, lo que representa a más de 256 estaciones de E/S de ZAT-D, que son conectadas a través de 2 tarjetas de procesadores de comunicación D-VDP. Es posible utilizar un número mayor de E/S pero es más ventajoso el uso de otro procesador.

- Procesadores de comunicación PROFIBUS DP (DVDP).

Son los encargados de la comunicación de la red PROFIBUS DP. Contienen tarjetas (Véase Fig. 2.4) probadas de procesadores de comunicación SIEMENS CP5480-DP (PROFIBUS DP), asentados en la unidad de formato 3U. Esta última contiene los circuitos de activación de la línea RS485, incluida la separación galvánica y la sección de interfaz de alimentación interna de sistema.



Fig. 2.4: Tarjeta CPU VM42 y tarjetas de comunicación PROFIBUS.

- Creación de algoritmo y programación de estación de procesamiento.

Para la carga e inicio de la estación de procesamiento son usados unas series de programas que permiten el trabajo, funcionamiento de la CPU y los procesadores de comunicación. Los mismos son los siguientes:

-Sistema operativo OS9.

El sistema operativo en tiempo real OS9, hecho por MICROWARE COMPANY es el manager del sistema de control(memoria, tiempos, entrada/salida, manejos de las interrupciones), está formado por un paquete de los principales comandos para el control del procesador. El sistema operativo realiza varias tareas en particular:

- ☐ Media el contacto con el usuario.
- ☐ Manejo de los ficheros.
- ☐ Corre los programas de aplicaciones y los llama de forma cíclica.
- ☐ Presta los servicios de estados de errores.



1. Firmware.

El Firmware es un software almacenado en la memoria del procesador VM42.

Estos microprogramas corren bajo el sistema operativo OS9, son creados por la firma ZAT a. s y realiza tareas en ambiente común que el OS9.

Asegura un chequeo mutuo de la operación de 2 ó 3 procesadores en redundancia.

Asegura el inicio de los drivers para la comunicación PROFIBUS DP.

2. Configuración Máster o Esclavo.

Los ficheros **MASTER.CFG** y **SLAVE.CFG** definen cual procesador es el Máster o el Esclavo en la redundancia.

3. Configuración de la comunicación PROFIBUS DP.

Es un fichero con extensión BUS (fichero.bus), con el cual se define la configuración de la comunicación de la estación y la tabla de las conexiones lógica con el resto de las estaciones integrante de la red PROFIBUS DP.

4. Drivers para la comunicación PROFIBUS.

Es un fichero con extensión FW (fichero. FW), donde están definidos los drivers para la comunicación PROFIBUS DP, si se quisiera usar otro tipo de protocolo se define en este fichero.

La memoria de la CPU se segmenta en 64 segmentos de 64k, donde se predefinen los 7 primeros segmentos para estos SW y otros equipos especiales, a partir de 8 segmentos se cargan los programas de aplicaciones del proceso tecnológico.

5- Software de trabajo. Paquete de SW PERTINAX.

PERTINAX es SW el básico de trabajo con el sistema de control, está integrado por unas series de programas que comprenden toda la gama de funciones del sistema, programación, librería de bloques funcionales, compilación, diagnostico del HW y el SW y servicio de mensaje de errores. El paquete PERTINAX se instala en la estación de ingeniería desde donde se realiza el trabajo con las estaciones de procesamiento a través de la red PROFIBUS DP.



Esta información mencionada anteriormente fue consultada en la ayuda del sistema de programación PERTINAX y los catálogos para este autómatas.

A continuación se muestra una imagen del autómatas a instalar en la planta:

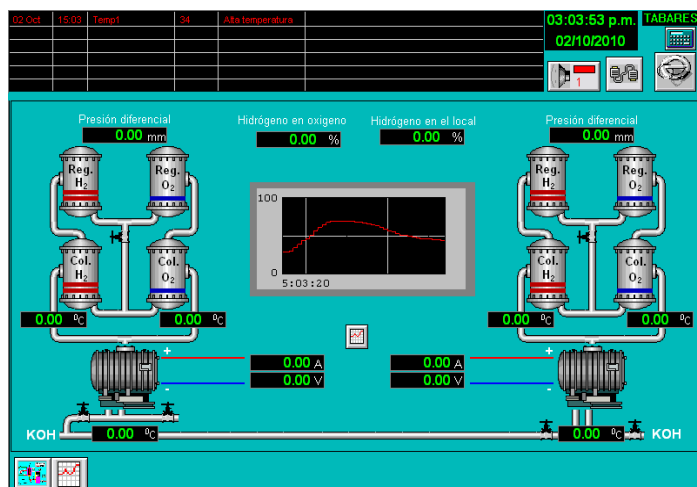


Fig.2. Visualización de la Pantalla emplazada en el lugar.

Para realizar la automatización del proceso de adquisición de los datos y las señales de respuestas (salidas digitales), fue necesario programar el autómatas con el sistema de programación PERTINAX. Con este software se prefijaron todas las variables de entradas y salidas y se diseñó el control para imponer los valores de disparo del interruptor general. Esto brinda una potencialidad de explorar las respuestas del sistema ante diferentes situaciones de explotación.



2.5.1 Configuración en el Software de programación del Hardware

El software de programación PERTINAX permite asignar las funciones tanto de entradas como de salidas del sistema. Para esto inicialmente fue necesario asignar a cada variable un identificador. En las siguientes tablas (2.2 y 2.3) aparecen cada uno de los identificadores.

Tabla. 2.2. Entradas Analógicas en el autómeta

Nº	Descripción	Nomenclatura
1	Corriente de salida del rectificador	CorrientR1
2	Tensión de salida del rectificador	TensR1
3	Diferencial de presión de O ₂ y H ₂	DIFPRE1
4	Temperatura del rectificador	TempRect1
5	Temperatura del electrolito frío	TempElec1
6	Temperatura del electrolito lado H ₂	TempElectH ₂
7	Temperatura del electrolito lado O ₂	TempElectO ₂
8	Contenido de O ₂ en el H ₂	Ana-O ₂ -H ₂
9	Contenido de H ₂ en el O ₂	Ana-H ₂ -O ₂
10	Contenido de H ₂ en el local	Ana-H ₂ -L
11	Presión de hidrógeno en el TK#1	Ptk#1
12	Presión de hidrógeno en el TK#2	Ptk#2
13	Presión de hidrógeno en el TK#3	Ptk#3
14	Presión de hidrógeno en el TK#4	Ptk#4



Tabla.2.3. Entradas digitales en el autómeta

Nº	Descripción	Nomenclatura
1	Fundido 1 ó 2 fusibles del rectificador	FF1-FF2
2	Falla del electrolizador 1	FE1
3	Interruptor conectado-desconectado (Interruptor 1)	IC1-ID1
4	Rectificador preparado	RP1
5	Protección de sobre corriente 1	SI1
6	Desconexión por emergencia	DE1
7	Baja presión agua de enfriamiento del rectificador	BPER
8	Máxima presión de hidrógeno en la instalación	MPH ₂ I
9	Pérdida de tensión de control en el rectificador 1	PVCR1
10	Avería en el rectificador 1	AR1
11	Pérdida de tensión de control en el interruptor 1	PVCI1
12	Bajo aislamiento barra de corriente directa	BACD
13	Cortocircuito en barra de corriente directa	CCCD
14	Desorden de secuencia de operación	DSO
15	Emergencia en el rectificador 1	ER1
16	Conectado interruptor de corriente directa 01 Q1	CI01Q1CD
17	Desconectado interruptor de corriente directa 01 Q1	DI01Q1CD
18	Abierta-cerrada cuchilla de corriente directa 01 QS1	AC-CC01QS1CD
19	Abierta-Cerrada cuchilla de corriente directa 01 QS3	AC-CC01QS3CD



Tabla.2.4. Salidas digitales en el autómata

Nº	Descripción	Nomenclatura
1	Conectado/desconectado interruptor ODP01	I/O-ODP01
2	Conectado/desconectado protección análisis de H ₂ en el O ₂	I/O-PH ₂ .O ₂
3	Conectado/desconectado protección análisis de O ₂ en el H ₂	I/O-PO ₂ -H ₂
4	Conectado/desconectado protección análisis de H ₂ en el local	I/O-PH ₂ L
5	Desconexión por emergencia del rectificador1	DER1



Tabla.2.5. Listado de señales para el INTOUCH

Señal	Rango
Bajo aislamiento barra CD	17V diferencia Relé KH5-On
Pérdida de control ODP01	0V Relé K1-On
ODP01 Conectado	ON Relé K3-On
ODP01 Desconectado	OFF Relé K2
Perdida de tensión de control en el rectificador 1	0V Relé KH1-On
Avería en el rectificador 1	Relé KH21-On
Diferencial de presión 1er limite	±150 mmH ₂ O (señaliza)
Diferencial de presión 2do limite	±200 mmH ₂ O (Disparo)
Contenido de H ₂ en O ₂ 1er limite	1.5% (señaliza)
Contenido de H ₂ en O ₂ 2do limite	1.7% (Disparo)
Contenido de O ₂ en H ₂ 1er limite	0.6% (señaliza)
Contenido de O ₂ en H ₂ 2do limite	0.8% (Disparo)
Contenido de H ₂ en Local 1er limite	1.6% (señaliza)
Contenido de H ₂ en Local 2do limite	1.8% (Disparo)
Corto circuito barra de CD	Rele KH4—On
Desorden de secuencia de operación	Rele KH3--On
Emergência en El retificador	Rele KH2--On
Conectado Interruptor 01-Q1	Rele auxiliar--On
Desconectado Interruptor 01-Q1	Rele auxiliar--Off
Cerrada Cuchilla01-QS1	Rele auxiliar--On



Abierta Cuchilla01-QS1	Rele auxiliar--Off
Cerrada Cuchilla01-QS3	Rele auxiliar--On
Abierta Cuchilla01-QS3	Rele auxiliar--Off
Fundido 1 fusible en el rectificador	Rele On
Fundido 2 fusibles en el rectificador	Rele On
Falla del electrolizador 1	Rele On
Protección de sobrecorriente	Rele KA1—On
Desconexión por emergência	Rele auxiliar—On
Baja presión de H ₂ O de enfriamiento al rectificador	2.8 atm Rele (disparo)
Máxima presión de H ₂ en la instalación	10.3 atm Rele (disparo)
Alta temperatura en el rectificador	48 ° C (señaliza)
Alta temperatura en el rectificador	50 ° C (disparo)
Alta temperatura de los gases H ₂ salida	75 ° C (señaliza)
Alta temperatura de los gases O ₂ salida	75 ° C (señaliza)
Alta temperatura del electrolito frio	55 ° C (señaliza)
Alta presión de hidrógeno en el TK#1	10,3 atm (señaliza)
Alta presión de hidrógeno em el TK#2	10,3 atm (señaliza)
Alta presión de hidrógeno em el TK#3	10,3 atm (señaliza)
Alta presión de hidrógeno em el TK#4	10,3 atm (señaliza)

Tabla 2.5: Continuación.



Configuración de las entradas digitales.

En el editor de variables del PERTINAX se configuraron todas las entradas digitales que el PLC procesará y a su vez ejecutará las tareas asignadas a estas variables ejemplo: señalización de fallas o disparo de los interruptores, indicación de fuera de servicio la planta y otras que se muestra en la tabla 2.3. En total se declararon 23 entradas digitales.

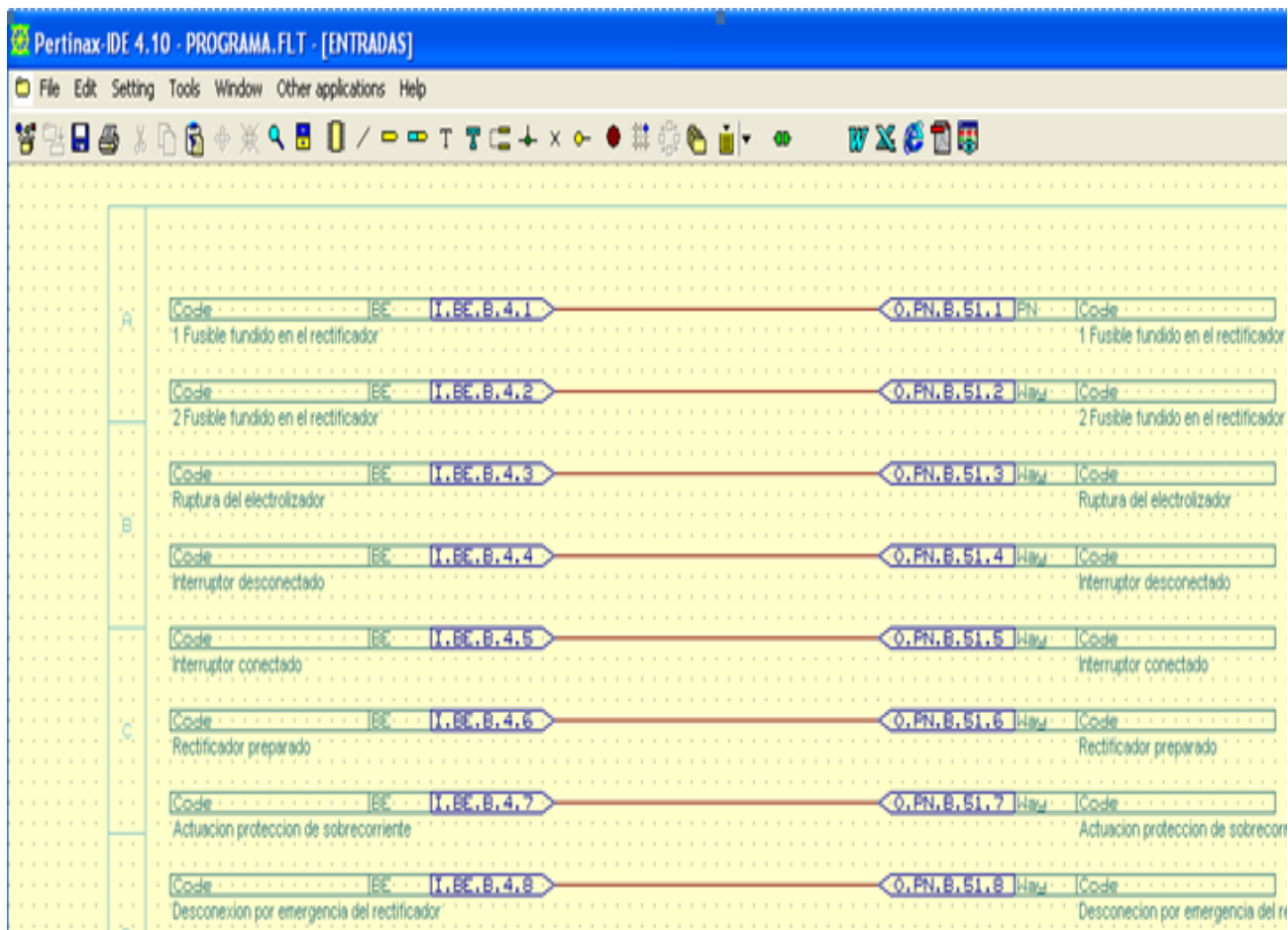


Fig.2.9 Programa de señales entradas digitales.



Configuración de las entradas analógicas

En el editor de variables se configuraron todas las entradas analógicas para enlazar las señales provenientes de la instrumentación de campo que intervienen en el proceso para que el autómatas procese la información y ejecute las tareas.

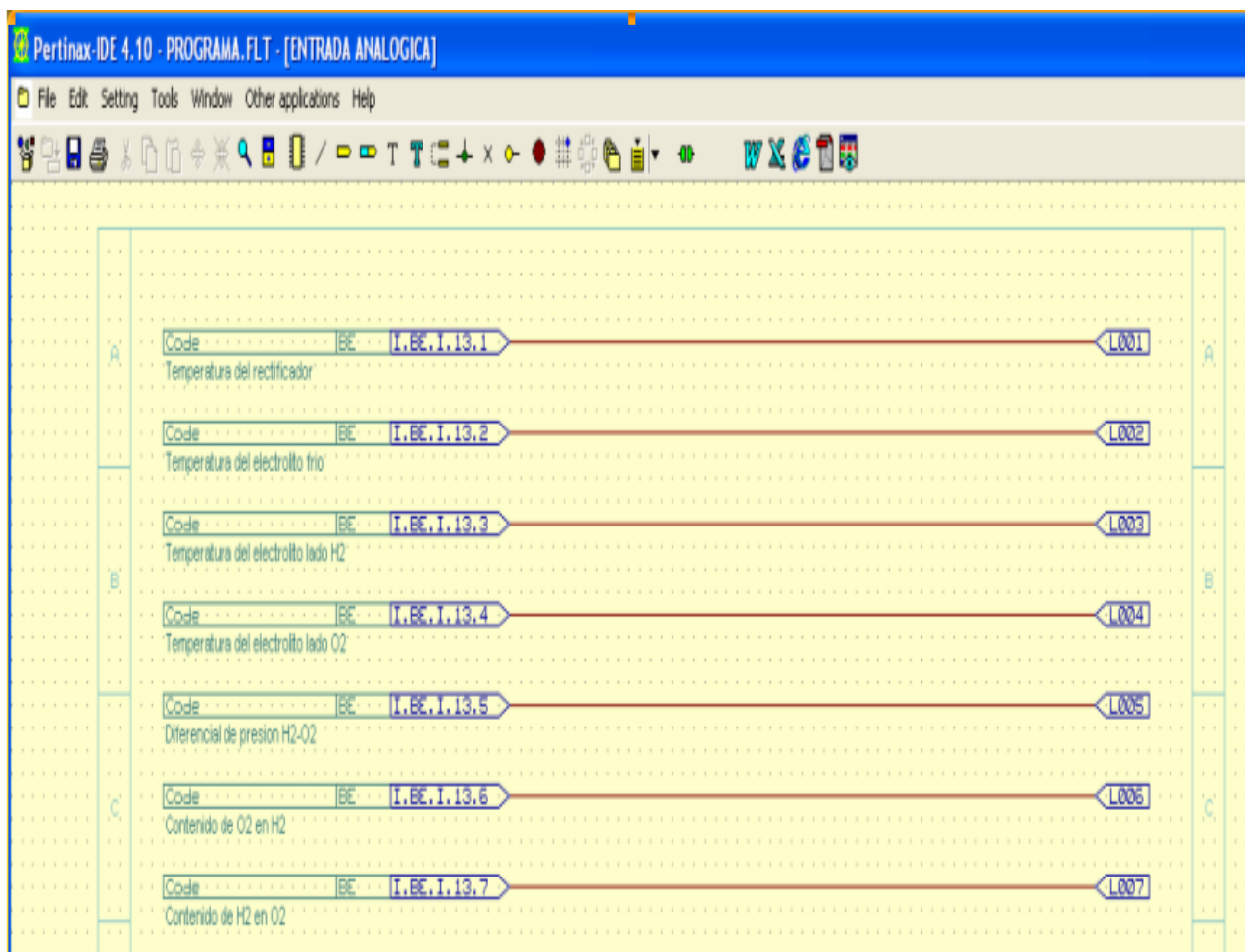


Fig.2.10 Programa de señales entradas analógicas.



Configuración de las protecciones

El editor PERTINAX es una herramienta que está destinada para programar a través de un entorno gráfico los algoritmos del control del proceso del tipo lógico secuencial, de lógica combinacional, de protecciones, de regulación ON-OFF. Usando una muy amplia biblioteca predeterminada de bloques funcionales (FB) se nos facilita la conformación de las tareas de programación. Los programas de aplicación surgen estableciendo el algoritmo direccional de los bloques funcionales predefinidos.

A través de este editor se puede hacer cualquier programación o modificación sobre los programas ya antes definido. Posteriormente a estos programas se le realiza una primera compilación mediante el compilador del editor PERTINAX quedando a punto para realizar una segunda compilación con el programa PERKLAD, útil este para la carga de los programas en los CPU del sistema.

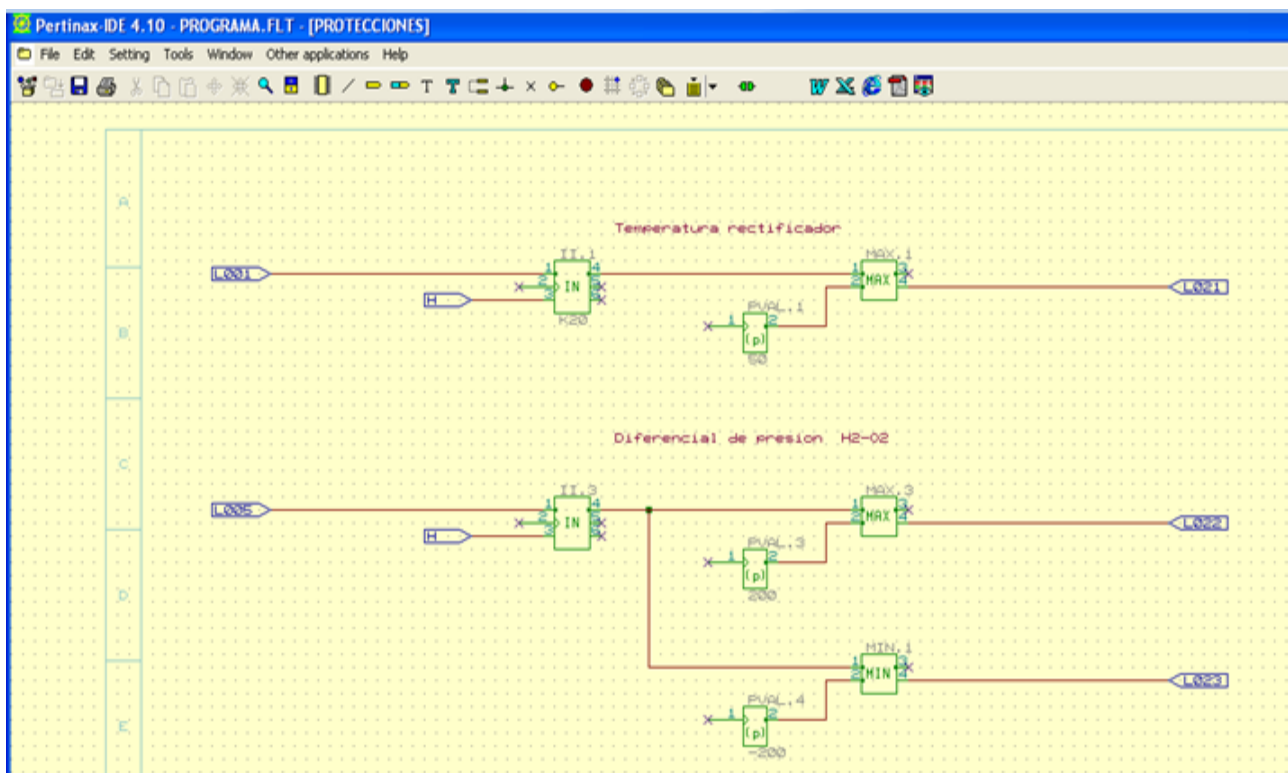


Fig.2.11 Programa de las protecciones.



Configuración de las salidas digitales

Las salidas digitales se programaron en el PERTINAX para poder seleccionar desde el supervisor la acción de conectar y desconectar las protecciones de los analizadores de gases ya que esta acción no puede estar en servicio en el arranque de la planta por no poseer la pureza necesaria el gas, también el disparo por emergencia del interruptor principal para sacar fuera de servicio la planta por una falla eminente.

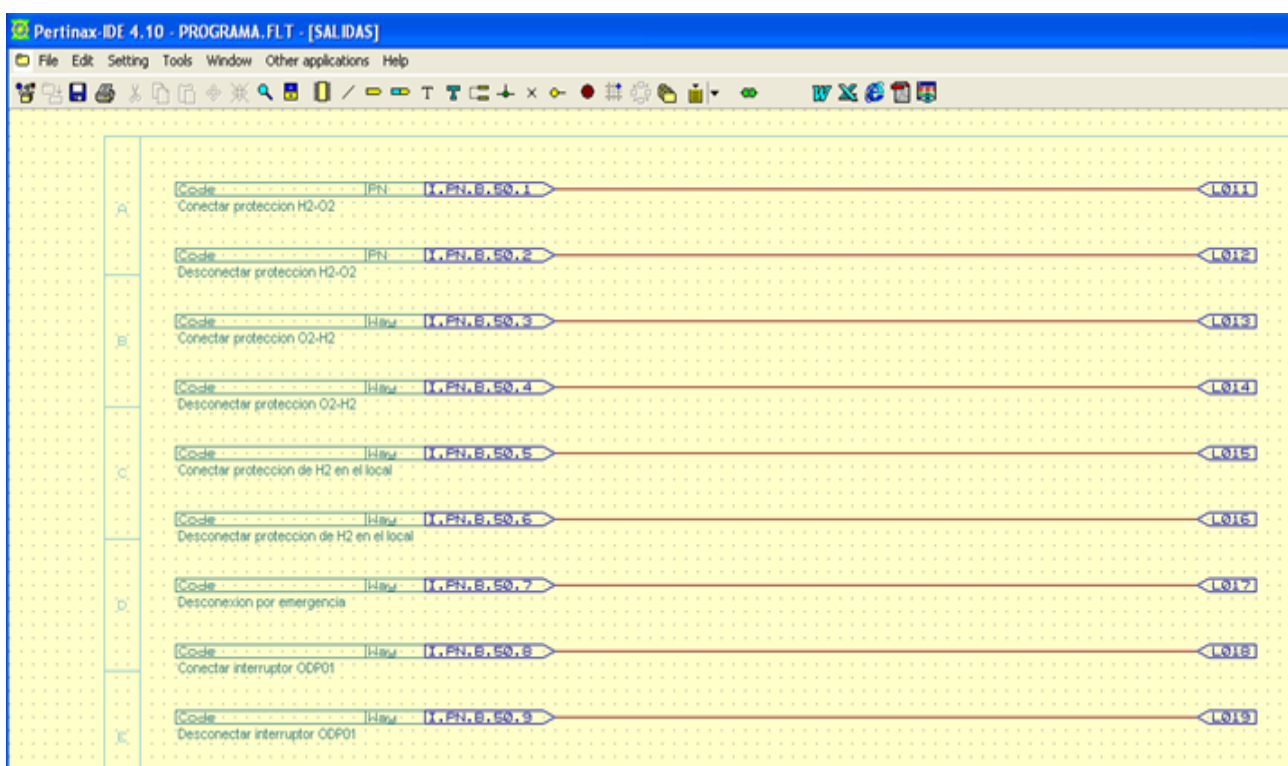


Fig.2.12 Programa de señales salida digitales.

La realización económicamente óptima de las variadas tareas de las técnicas de accionamientos, así como también de control y regulación, presupone la aplicación de herramientas de proyectos de altas prestaciones. Para el proyecto efectivo de instalaciones ofrece PERTINAX una plataforma de proyectos unificada bajo las consideraciones de las disposiciones de la norma internacional IEC 1131.



El sistema de ejecución en el controlador lógico programable (PLC) ofrece reacciones rápidas a modificaciones en el proceso (tiempos cortos de ciclo), simulación de sensores, indicaciones online de estados de señales, modificaciones online de parámetros y del programa. Se ha elegido una arquitectura de software abierta, para posibilitar la unión con sistemas de otros fabricantes a través de interfaces estándar.

Para comenzar la instalación del sistema es necesario tener en cuenta varios aspectos. Para ello se elaboraron tablas (2.4 y 2.5) las cuales describen el canal asignado a la variable a medir así como la localización de los instrumentos de medida en el campo, el tipo de sensor y el número de conductor que lo alimenta.

Leyenda.

LC: Local de control.

LA: Local de análisis.

LP: Local de proceso.

IT: Transmisor de temperatura.

PT: Transmisor de presión.

I: Transformador de corriente.

V: Transformador de potencial.

AG: Analizador de gases

TAG: Etiqueta.



Tablas (2.4 y 2.5) Localización de los instrumentos de medida en el campo

CANAL	ÁREA	TIPO	NÚMERO	TAG N ⁰	VARIABLE	sensor
1	LC	I	1-2	LC-I-1.2	Corriente del rectificador 1	Transformador corriente
2	LC	V	3-4	LC-V-3.4	Tensión del rectificador 1	Transformador potencial
3	LC	IT	5-6	LC-IT-5.6	Temperatura del rectificador 1	Termo resistencia
4	LA	PT	7-8	LA-PT-7.8	Presión diferencial 1	Transmisor presión diferencial
5	LA	AG	9-10	LA-AG-9.10	Análisis de H ₂ en el local	Analizador de gases
6	LA	AG	11-12	LA-AG-11.12	Análisis de H ₂ en O ₂	Analizador de gases
7	LA	AG	13-14	LA-AG-13.14	Análisis de O ₂ en H ₂	Analizador de gases
8	LP	IT	15-16	LP-IT-15.16	Temperatura Elec. frío 1	Termo resistencia
9	LP	IT	17-18	LP-IT-17.18	Temperatura gases de H ₂ -1	Termo resistencia
10	LP	IT	19-20	LP-IT-19.20	Temperatura gases de O ₂ -1	Termo resistencia



Las señales provenientes de los instrumentos de medición que se encuentran emplazados en el campo (Figura: 2.13) llegan a módulos que convierten señales de resistencia eléctrica y corriente en señales binarias. Estas señales son enviadas a las tarjetas de entradas montadas en la bañera que conforma el PLC por el BUS DP.

El autómata, conectado a la computadora mediante un bus, envía las mediciones de las señales a través del protocolo de comunicación Ethernet las cuales son registradas y monitoreadas por el SCADA instalado para esta función (INTOUCH).

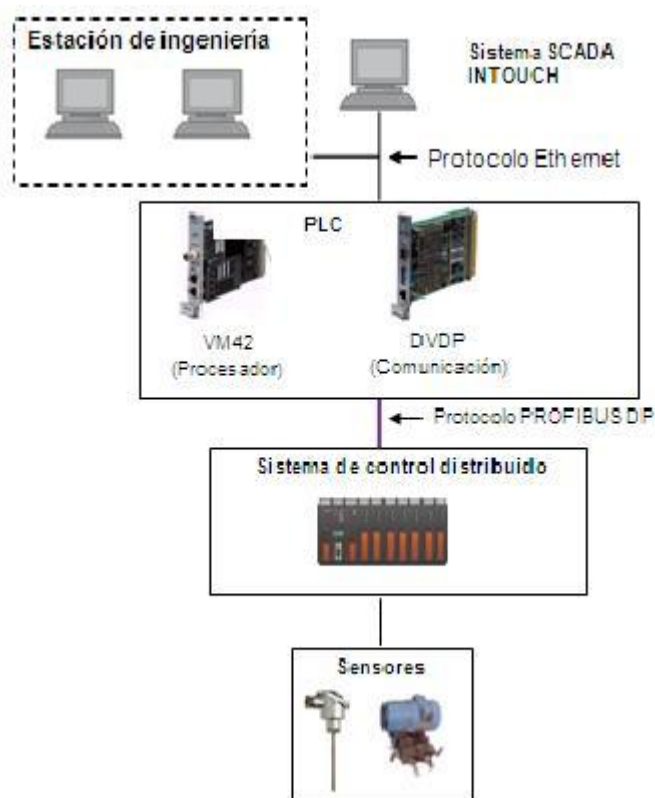


Fig.2.13. Comunicación y formato de las señales.

Para el montaje de los instrumentos de medición, se seleccionaron termo resistencias con longitud de inmersión de 100Mm ya que es la medida que se ajusta al proceso, se calibraron y verificaron por el Departamento de metrología de René Ramos Latour los convertidores de temperaturas para rangos de 0-600 °C y 0-100 °C, los transmisores de presión absoluta para rangos de 1-15 bar.

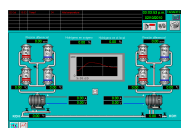


2.6 Requerimientos técnicos

El sistema de medición y control instalado requiere de las siguientes características técnicas:

Sistemas operativos		
■ Windows 2000 Professional SP4	■ Windows XP Professional SP1 y SP2	

Software de ingeniería			
Mínimo		Recomendado	
■ Procesador ■ RAM ■ Espacio en H.D	Pentium 4 512 MB > 1 GB	>= Pentium 4, 2.0 1GHz >= 1 GB > 1 GB	

Software de runtime			
Mínimo		Recomendado	
■ Procesador ■ RAM ■ Espacio en H.D	Pentium II, 233 MHz 128 MB >= 100 MB	>= Pentium 4, 3.2 GHz >= 1 GB > 40 GB	

Autómata.

Se puede utilizar cualquier tipo de autómata siempre y cuando se tenga el manejador o driver, el software de programación, y utilice las entradas y salidas analógicas.

Instrumentos de medición.

Para el caso de los instrumentos de medición no se necesita un procedimiento específico, teniendo en cuenta que debe ser un instrumento analógico.



CAPÍTULO 3

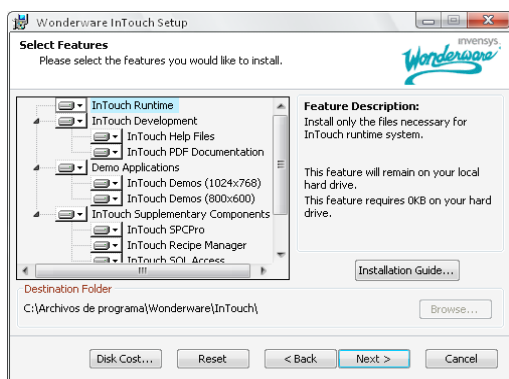
Generalidades de la aplicación SCADA INTOUCH y valoración técnica económica del sistema.

3.1 Introducción

En este capítulo se explican las generalidades del SCADA utilizado. El sistema de supervisión y control **INTOUCH** tiene una difusión exitosa a nivel mundial, caracterizado por varias empresas productoras en las que se automatizan tareas complejas. Se abunda sobre la interface hombre-máquina y el tratamiento de las variables, configuración de las mismas para el respectivo enlace con el hardware. Se abunda sobre el registro de los datos de vital importancia para las investigaciones que se realizan en estos sistemas. Se presentan las ventanas originales del sistema que brindan una idea de las especificaciones de la aplicación. Finalmente se exponen resultados simulados en laboratorio del monitoreo real de las variables y breve valoración técnico económica.

3.2 Configuración del Sistema de Supervisión INTOUCH

Teniendo comprado el programa y licencia de INTOUCH (Figura: 3.1) se procede a la instalación de sus ficheros. Para su instalación es necesario ejecutar el fichero Setup.exe apareciendo el navegador de instalación del sistema dónde nos permitirá seleccionar las aplicaciones necesarias para nuestro proyecto así como la unidad de disco duro dónde se instalarán los archivos. Siguiendo con las indicaciones del navegador el sistema quedará instalado en el PC.



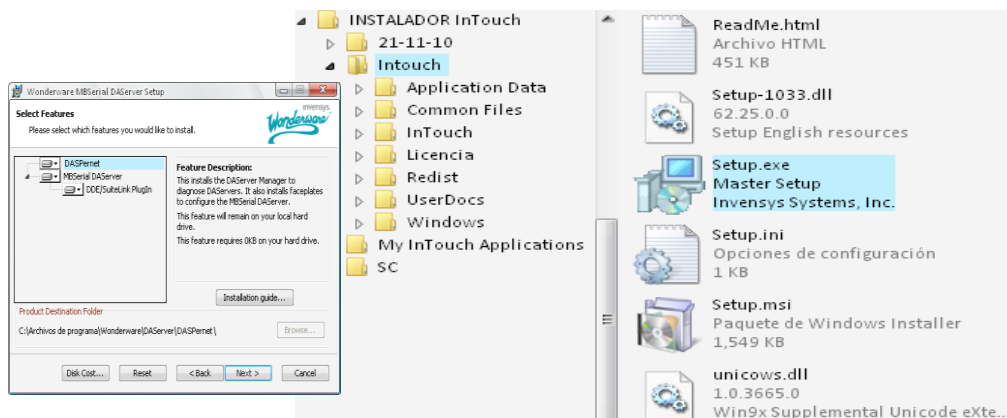


Fig.3.1 Instalación del programa INTOUCH.

Con el sistema ya instalado (Figura: 3.2) es necesario instalar el manejador o driver que enlazará el sistema de supervisión con el controlador lógico programable (PLC). No es más que un fichero ejecutable, **DASPerNet.exe**. Al igual que con el sistema este instalador también posee un navegador de instalación similar al del sistema. Siguiendo con las indicaciones para la instalación el manejador quedará instalado e incluido en el sistema.

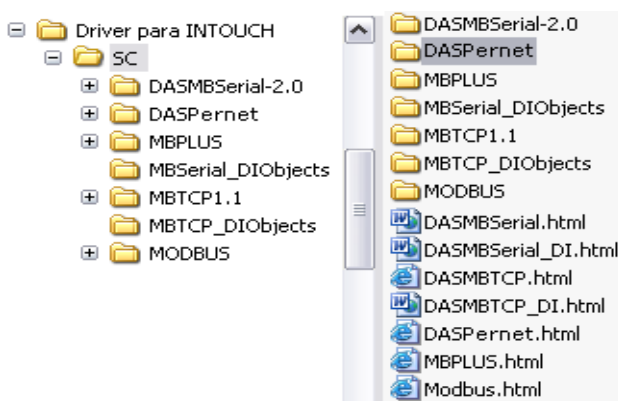


Fig.3.2 Instalación del manejador DASPernet.



3.2.1 Configuración de la Consola de Gerencia del Sistema

Estando el manejador instalado es necesaria su selección en el sistema de supervisión. Esta acción se lleva a cabo en la consola de gerencia del sistema (Figura:3.3) a la cual se accede mediante el icono  ubicado en el menú inicio.

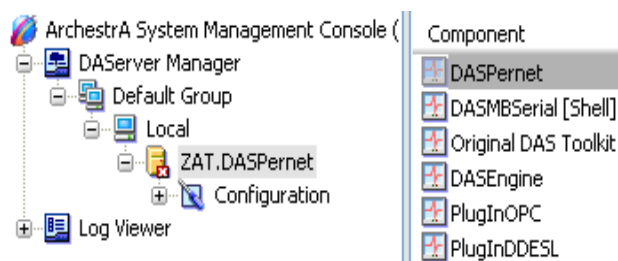


Fig.3.3 Selección del manejador DASPernet.

Seleccionado el manejador (Figura: 3.4) se configuran los parámetros del puerto por dónde se establecerá la comunicación, para este caso el puerto Ethernet.

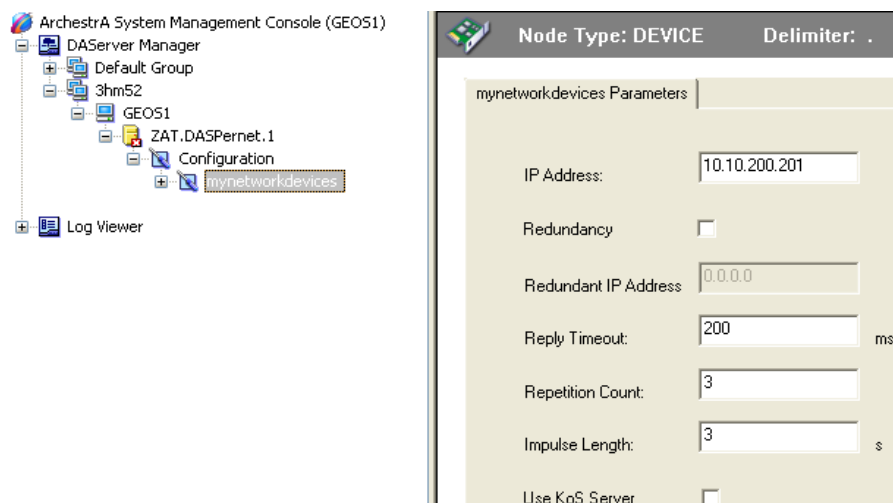


Fig.3.4 Configuración del dispositivo de comunicación.



IP Address: Se rellena con una dirección de red 10.10.200.201

Reply timeout: Es el tiempo de actualización del dispositivo 200 milisegundos

Repetition Count: Conteo de repetición para la comunicación 3

Impulse Length: Longitud del Impulso 3 segundos

Se selecciona la estación (Figura: 3.5) (**VM42 _STATION_000**) y se configuran sus parámetros

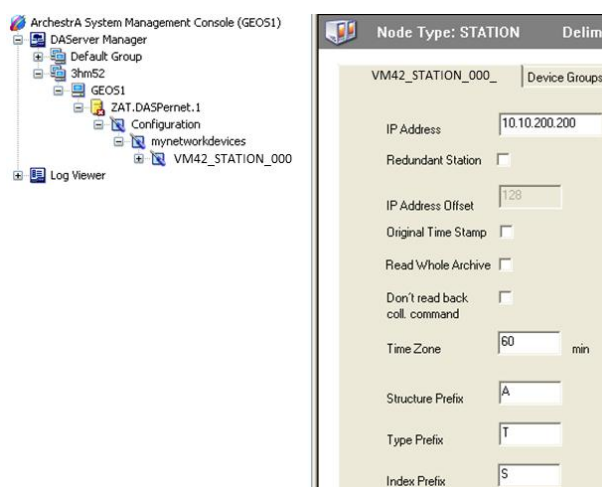


Fig.3.5 Configuración de la estación o controlador.

En la pestaña **Device Groups** (grupos de dispositivos) se crea un grupo (Figura: 3.6) para el controlador (**VM42-ESTACIÓN- #000**) y se selecciona el tiempo de actualización (1000 ms.).

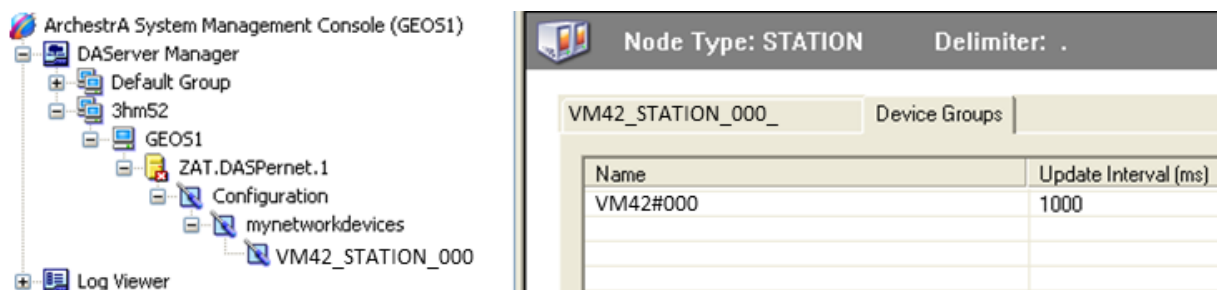


Fig.3.6 Configuración del grupo de la estación.



Teniendo todos los parámetros debidamente configurados el sistema (Figura: 3.7) queda en condiciones para establecer la comunicación con el controlador teniendo en cuenta que para el inicio de esta es necesario activar el manejador, en la barra de herramientas de la consola hay un icono  verde que indica activar y para desactivarlo el mismo icono  pero en otro estado y color.



Fig.3.7 Activación del manejador.

3.2.2 Protocolo de comunicación ETHERNET

En calidad de bus de planta y RED de OS (bus de terminales) para sistemas multipuestos, en arquitectura Client-Server se emplea Industrial Ethernet, una potente red de área y célula para uso industrial conforme con la norma internacional IEEE 802.3 (Ethernet).

Aplicable universalmente:

- ☐ En todas las industrias
- ☐ En despachos y entornos industriales
- ☐ Seguridad para las inversiones gracias a desarrollos siempre compatibles



Rápida puesta en marcha por:

- ☐ Simple sistema de cableado
- ☐ Conectorización In Situ con el sistema de cableado Fast Connect en combinación con conectores RJ45.
- ☐ Inmunidad a interferencias electromagnéticas si se usan fibras ópticas.
- ☐ Vigilancia permanente de los componentes de red por esquemas de señalización sencillos y eficaces.
- ☐ La sincronización horaria a nivel de sistema permite etiquetar cada evento con la hora y la fecha exactas.
- ☐ Componentes de red modernos y con proyección al futuro.

3.2.3 Inicio del sistema de supervisión INTOUCH en Windows XP 2000.

Cuando el software **INTOUCH v.9.0 (Figura: 3.8 y 3.9)**, se encuentra instalado en el PC existen accesos que nos permiten ejecutarlo, ejemplo, se puede ejecutar mediante el **menú inicio /todos los programas/WONDERWARE/INTOUCH** o si se desea se crea un icono  en el escritorio del PC de acceso al programa.

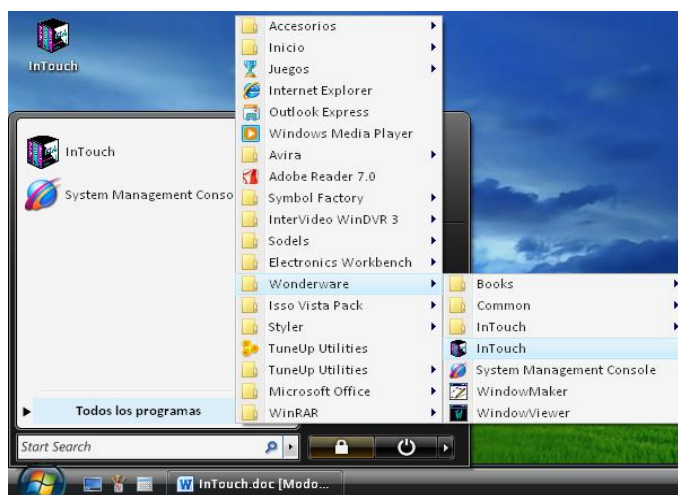


Fig.3.8 Accesos al programa INTOUCH.

Al ejecutar el acceso directo al programa aparecerá la ventana que indicará que el programa está siendo cargado, así como la compañía que está haciendo uso del producto y si está correctamente registrado.



Fig.3.9 Ventana de inicio del INTOUCH.

Estando el programa ya cargado es necesario crear una aplicación nueva (Figura: 3.10) para empezar a desarrollar el proyecto de supervisión. Para ello mediante el comando **FILE/NEW (archivo/nuevo)** en la barra de herramientas o el icono señalado se crea una nueva aplicación definiéndole la ruta de acceso y la resolución en pantalla.

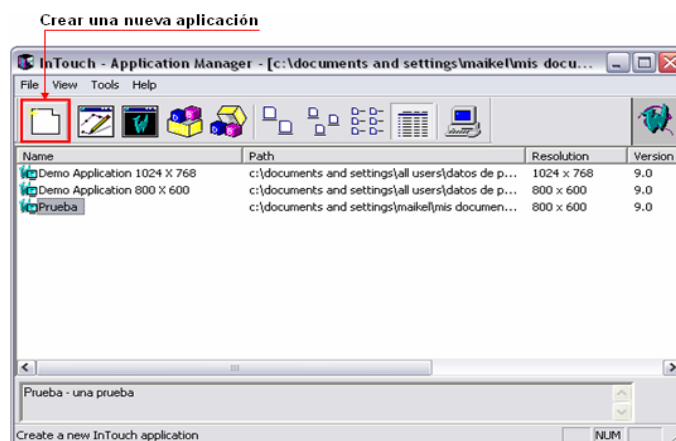


Fig.3.10 Crear una nueva aplicación.

3.3 Interface hombre-máquina

La interface hombre-máquina en una implementación no debe ser compleja, ya que quedarían insatisfechos tanto operadores como proyectistas diseñadores del control.

Aplicada a la automatización de procesos se refiere al entorno operativo en el que trabaja el ser humano teniendo en cuenta las distribuciones de mímicos de SCADA y las respuestas, reacciones y comportamiento humano.



Un buen diseño aprovecha plenamente las capacidades del hombre y su máquina (sistema de control) logrando el máximo de sus capacidades para la toma de decisiones.

En 1971 HANSEN emitía en "USER ENGINEERING principales For Interactive Systems los primeros principios acerca del diseño:

- ☐ Conocer al usuario (operador).
- ☐ Minimizar la memorización.
- ☐ Optimizar las operaciones.
- ☐ Considerar los errores.

El diseño de una interfaz gráfica debe considerar los siguientes aspectos recogidos por Marcus (1995, p. 425):

- ☐ Una imagen mental comprensible (una metáfora).
- ☐ Una organización apropiada de los datos, funciones, tareas y roles.
- ☐ Un esquema de navegación eficiente entre los datos y las funciones.
- ☐ Una secuencia efectiva de interacción.

Los sistemas de automatización avanzados bajo los denominados SW SCADA en su Interface Hombre-Máquina mantienen en su modelación el peso del operador humano.

El diseño de las ventanas de operación tiene que ser multilingüe, ergonómico, ordenado y estar claramente estructurado. El operador puede mantener constantemente una visión de conjunto del proceso y navegar rápidamente entre diversas vistas de la planta.



Para la representación tecnológica de una planta se dispone de una vista estándar y de una vista de servidor cuyas vistas panorámicas de las áreas son distintas. Ambas vistas contienen, entre otras cosas:

- ☐ Línea de mensajes para el último entrado con orden de visualización configurable (clase de mensajes superior o prioridad superior).
- ☐ Fecha, hora y nombre del operador.
- ☐ Sinóptico general con hasta 36/49/64 áreas.
- ☐ Área de trabajo para gráficos y ventanas libremente desplazables para FACEPLATES, curvas.
- ☐ Teclas de funciones del sistema.

El INTOUCH es un software gráfico para la creación de aplicaciones complejas

SCADA en la automatización de la industria, el monitoreo, el control y la Supervisión de los procesos tecnológicos. Facilita de forma sencilla y rápida la representación gráfica de cualquiera de los procesos en el monitor de la computadora, su operación y animación dinámica. Para la animación existe una escala amplia de posibilidades para aumentar el efecto real de la representación. Puede procesar hasta 32767 informaciones y el número de fotografía es ilimitada.

3.4 Herramientas de INTOUCH

El sistema de supervisión INTOUCH (Figura: 3.11) lo conforman dos potentes herramientas, WINDOW MAKER y WINDOW VIEWER.

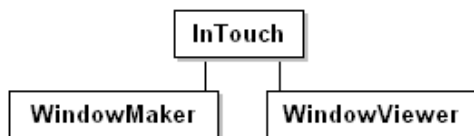


Fig.3.11 Herramientas de INTOUCH.



El WINDOW MAKER es una herramienta de generación de aplicaciones que utiliza gráficos orientados a objetos en lugar de gráficos de caracteres o píxeles utilizados por otros paquetes de software.

El WINDOW VIEWER es la herramienta dónde el operador supervisa y opera el proceso a través de los gráficos desarrollados en WINDOWMAKER.

3.4.1 Desarrollo de la aplicación en el editor WINDOWMAKER

Mediante el comando **FILE/WINDOWMAKER (archivo/WINDOWMAKER)** o el icono señalado (Figura: 3.12) se accede al entorno de diseño donde se construyen las ventanas para la conducción del proceso permitiendo la navegación por las vistas de la planta.

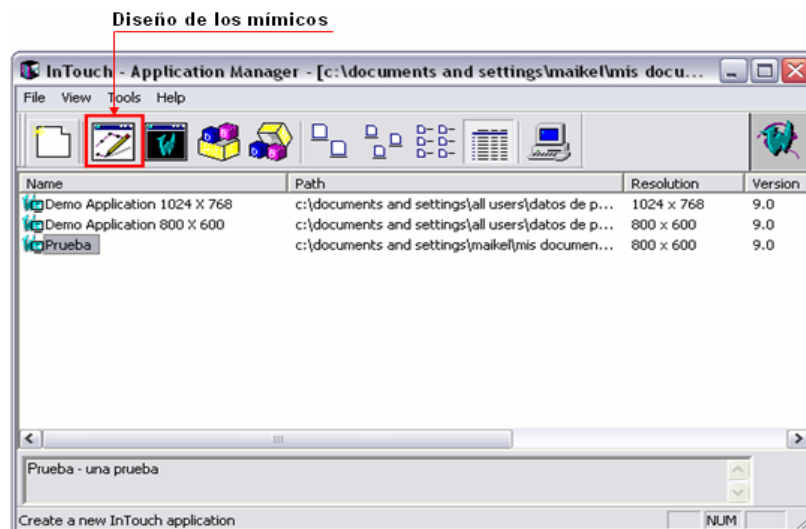


Fig. 3.12 Inicio a Windows Maker.

Dentro del entorno de diseño WINDOW/MAKER (Figura: 3.13) el comando **FILE/NEW WINDOW (archivo/nueva ventana)** permite crear las vistas con un ambiente más agradable y con la información necesaria para mantener la supervisión y el control apoyándose en las herramientas de dibujo del mismo.

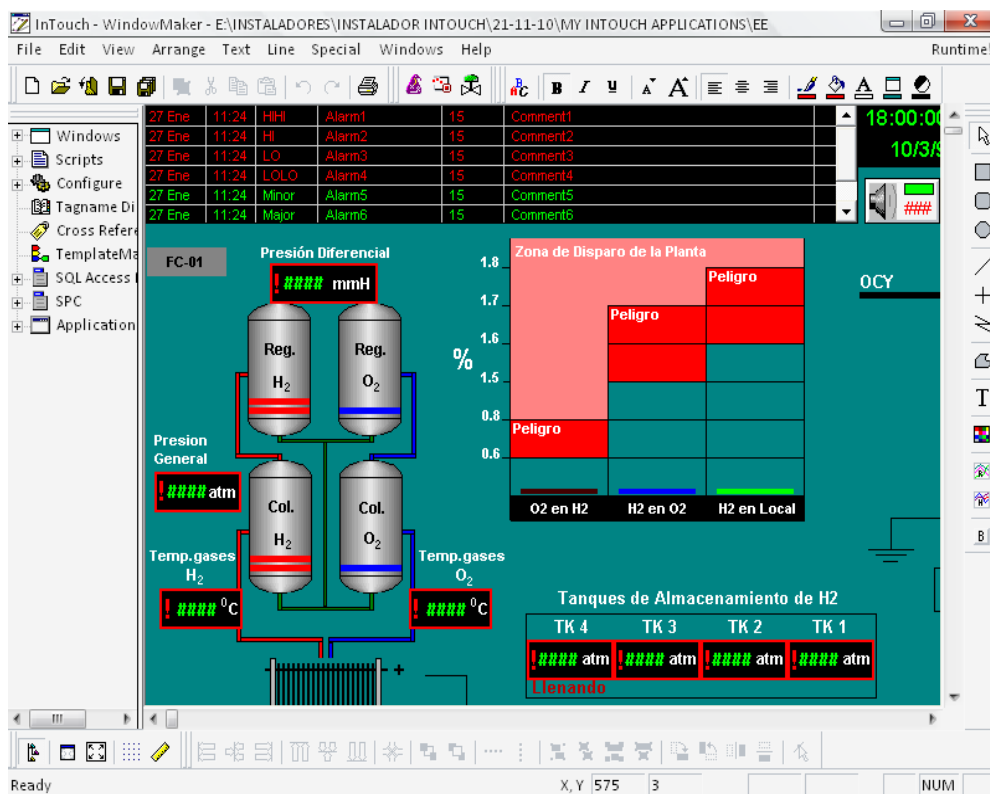


Fig.3.13 Diseño de la aplicación con WINDOWMAKER.

A la izquierda de la ventana de trabajo de WINDOWMAKER (Figura: 3.14 y 3.15) se encuentra el árbol raíz de archivos que muestra todos los vínculos a las aplicaciones que enlazan los gráficos con el proceso real.

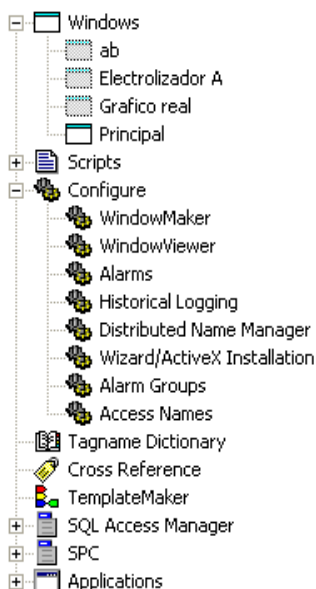


Fig.3.14 Árbol raíz de archivos.

La aplicación **Access Name** configura el programa de entrada de los datos.

Access: Nombre que se le dará al programa de entrada (**HIDRÓGENO**)

Node Name: Nombre del nodo, es el mismo que se declaro en la consola de gerencia

Aplicación Name: Nombre de la aplicación, (DASPERNET) nombre del manejador

Topic Name: Nombre del asunto, (D-VDP_STATION_000) igual que en la consola.

Wic protocol to use: Protocolo que usa INTOUCH para leer los datos (SUITE LINK).

When to advise Server: Se deja por defecto.



Modify Access Name

Access: OK

Node Name: Cancel

Application Name:

Topic Name:

Which protocol to use:

☐ DDE ☒ SuiteLink ☐ Message Exchange

When to advise server:

☐ Advise all items ☒ Advise only active items

Fig.3.15 Configuración del Access Name

La aplicación **Tagname Dictionary** (Figura: 3.16) permite declarar las variables de entradas y salidas analógicas, digitales, configurando los rangos de medición de los dispositivos y el tipo de linealidad. Se selecciona el **Access Name** a emplear y el canal ocupado en el PLC. Las alarmas se configuran de acuerdo el tipo y la variable que por operación lo requiera.

Tagname Dictionary

Main Details Alarms Details & Alarms Members

New Restore Delete Save << Select >> Cancel Close

Tagname: Type:

Group: ☒ Read only ☐ Read Write

Comment:

☒ Log Data ☒ Log Events Priority: ☐ Retentive Value ☐ Retentive Parameters

Initial Value: Min EU: Max EU:

Deadband: Min Raw: Max Raw:

Eng Units: Log Deadband: Conversion: ☒ Linear ☐ Square Root

Access Name: Use Tagname as Item Name

Item:

Fig.3.16 Configuración del Tagname de una variable analógica.



La figura anterior muestra el **Tagname** de una variable analógica donde se configuran los siguientes parámetros Ver fig: 3.16.

New: Nuevo, crea un nuevo Tagname.

Tagname: Define el nombre (Temp1).

Type: Define el tipo de dato de la variable (I/O Integer).

Group: Define el grupo de las alarmas, INTOUCH ya trae configurado (\$System).

Read only / Read Write: Permite lectura/escritura o sólo lectura del registro.

Log Data: Graba el valor del tag al fichero de históricos cuando varía más que lo especificado en *Log Deadband*.

Log Events: Activa la grabación de eventos para ese tag.

Retentiva Value: Valor current del registro sea retentivo.

Retentiva Parameters: Retener los cambios del registro de cualquier campo de límites de alarmas.

Inicial Value: Valor inicial del registro.

Min EU: Valores en unidades de ingeniería del registro equivalente al mínimo recibido.

Max EU: Valores en unidades de ingeniería del registro equivalente al máximo recibido.

Dedband: Define cuánto debe cambiar el valor de un registro para ser actualizado en pantallas.

Min Raw: Valor mínimo en el rango de valores enteros del valor I/O.

Max Raw: Valor máximo en el rango de valores enteros del valor I/O.

Access Name: Selecciona el programa de acceso.

Especificado Conversión: Seleccionar conversión lineal o de raíz cuadrada.

Used Tagname as Item Name: Opción para displayar el Tagname como nombre del Item I/O.

Item: Es el canal de entrada o salida físico en el PLC que tomara la variable.



Log deadband: Define cuánto debe cambiar el valor de un registro para ser grabado en el fichero.

La opción alarms, al seleccionarla (Figura: 3.17) nos brinda la posibilidad de configurar una alarma a esta variable.

Alarm Value: Valores límite de la alarma. 4 niveles.

Minor/Major Deviation: Se utiliza para detectar cuándo el valor analógico es una desviación mayor o menor del valor en Target.

% Deviation: Porcentaje de desviación permitido al Tagname con respecto al Target para que se produzca una alarma por desviación mayor o menor.

Target: Valor de referencia para los porcentajes mayor/menor de desviación.

Rate of Change: Este tipo de alarma detecta cuándo el valor de la alarma varía en exceso de acuerdo a una cantidad de tiempo.

LoLo: Muy baja.

Low: Baja.

High: Alta.

HiHi: Muy alta.

Pri: Prioridad de la alarma.

Fig.3.17 Configuración de alarma para una variable analógica.



La figura siguiente (3.18) muestra el **Ttagnames** de una variable digital y los parámetros a configurar.

New: Nuevo, crea un nuevo Tagname.

Tagname: Define el nombre (INTERRUPTOR 380V).

Type: Define el tipo de dato de la variable (I/O Discrete).

Group: Define el grupo de las alarmas, INTOUCH ya trae configurado (\$System).

Read only / Read Write: Permite lectura/escritura o sólo lectura del registro.

Log Data: Graba el valor del Tag al fichero de históricos cuando varía más que lo especificado en *Log Deadband*.

Log Events: Activa la grabación de eventos para ese Tag.

Retentiva Value: Valor current del registro sea retentivo.

Inicial Value: Valor inicial del registro.

Access Name: Selecciona el programa de acceso.

Input conversión: Seleccionar conversión Direct.

Used Tagname as Item Name: Opción para displayar el Tagname como nombre del ítem I/O.

Item: Es el canal de entrada o salida físico en el PLC que tomará la variable.

Fig.3.18 Configuración del Tagname de una variable digital.



El dato define el tipo de variable (analógica, digital, registro interno) por lo que es muy importante conocerlo, la siguiente tabla (3.1) relaciona los tipos de datos y su significado.

Variables de Entrada Analógica: Son señales que se miden en los dispositivos y su magnitud puede variar de forma continua en el tiempo y tomar cualquier valor dentro del rango definido (ej. Flujos, Temperaturas, Presiones, etc.).

Variables de Entrada Discretas: Son señales que se miden en los dispositivos y su magnitud solo puede tener 1 de 2 valores o estados (ej. Apagado/Encendido, Trabajando/Parado, etc.).

Registros Analógicos: Son localizaciones de memoria dentro de los dispositivos que generalmente no están asociadas a canales físicos, en los cuales se almacenan valores analógicos.

Registros Discretos: Son localizaciones de memoria dentro de los dispositivos que generalmente no están asociadas a canales físicos, en los cuales se almacenan valores discretos.

Variables de Salida Analógicas: Son aquellas que generalmente están asociadas a canales físicos de los dispositivos mediante las cuales se envían señales analógicas a los elementos de acción final.

Variables de Salida Discretas: Son aquellas que generalmente están asociadas a canales físicos de los dispositivos mediante las cuales se envían señales discretas a los elementos de acción final.



Tabla.3.1 Tipo de datos

DATOS	Significado
MEMORY	Tags registros internos de INTOUCH.
I/O	Registros de enlace con otros programas.
INDIRECT	Tags de tipo indirecto.
GROUP VAR	Tags de los grupos de alarmas.
HISTTREND	Tag asociado a los gráficos históricos.
TagID	Información acerca de los Tags que están siendo visualizados en una gráfica histórica.
Discrete	Puede disponer de un valor 0 ó 1.
Integer Tagname	De 32 bits con signo. Su valor va desde -.147.483.648 hasta 2.147.483.647.
Real Tagname	En coma flotante. Su valor va entre $\pm 3.4e38$. Todos los cálculos son hechos en 64 bits de resolución, pero el resultado se almacena en 32 bits.
Message Tagname	Alfanumérico de hasta 131 caracteres de longitud.

La mayoría de los objetos que visualizan las mediciones y estados de las variables (Figura: 3.19) se encuentran accediendo al icono  del Wizard Selección ubicado en la barra de herramientas de Windows MAKER

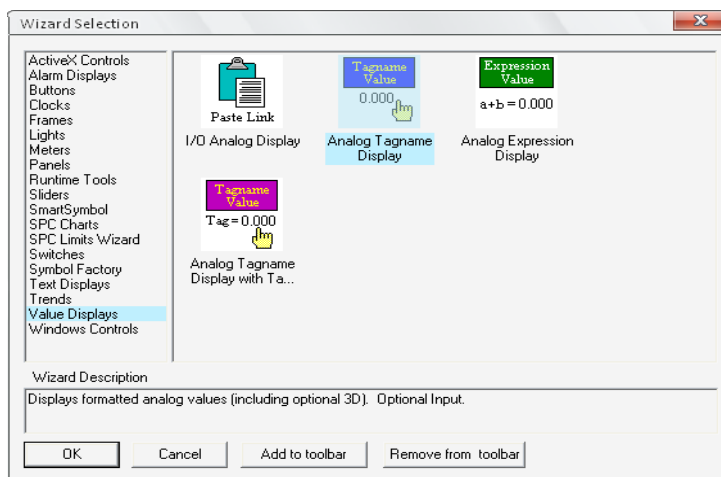


Fig.3.19 Ventana del Wizard Selection.

Con la opción **Animation Link** de los objetos visualizadores  se realiza el enlace con el Tagname. En la pantalla de Animation Link, en el campo **Value Display** se accede a la opción **Analog** y dentro de esta opción (Figuras: 3.20, 3.21, 3.22) se selecciona la expresión analógica de salida eje: (Temp1).

Fig.3.20 Enlace de un Tagname mediante Animation Link.

En **Animation Link** se crea el botón pulsador  de reconocimiento de alarmas. Usando el campo **Touch PushButtons / Action** se accede al entorno de programación de Script.

El script que realizará la función de reconocer todas las alarmas del grupo System es:

Ack\$System: Significa que todas las alarmas de este grupo serán reconocidas.

Ack: Función matemática para el reconocimiento de alarmas.

\$System: Es el grupo denominado para las alarmas.

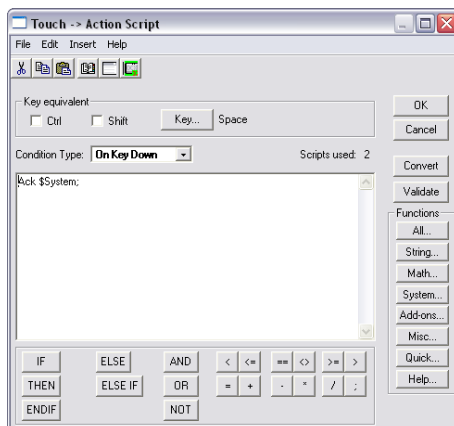


Fig.3.21 Entorno de los Script.

El botón de reconocimiento visualiza la cantidad de alarmas en cola. Un objeto de visualización **###** insertado en el botón con una programación la cual se establece mediante el **Animation Link** y el campo **Value Display / Analog**.

\$System.AlarmTotalCount: Contar todas las alarmas activas en este grupo.

\$System: Grupo de alarmas utilizado.

AlarmTotalCount: Instrucción matemática para el conteo de alarmas en cola.

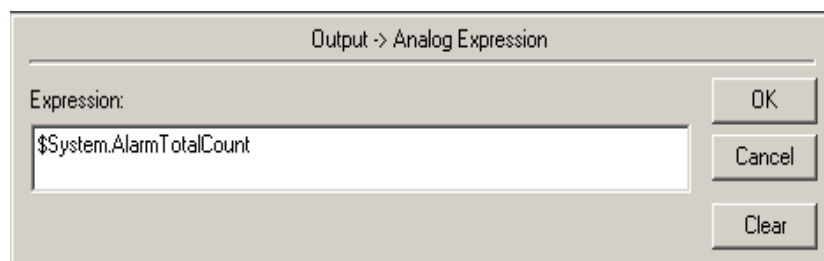


Fig.3.22 Configuración de cantidad de alarmas en cola.



3.4.2 Operación con WINDOW VIEWER

En la ventana de WINDOWMAKER (Figura: 3.23), en la parte superior derecha existe un vínculo **Runtime** que nos lleva al VIEWER del sistema INTOUCH.

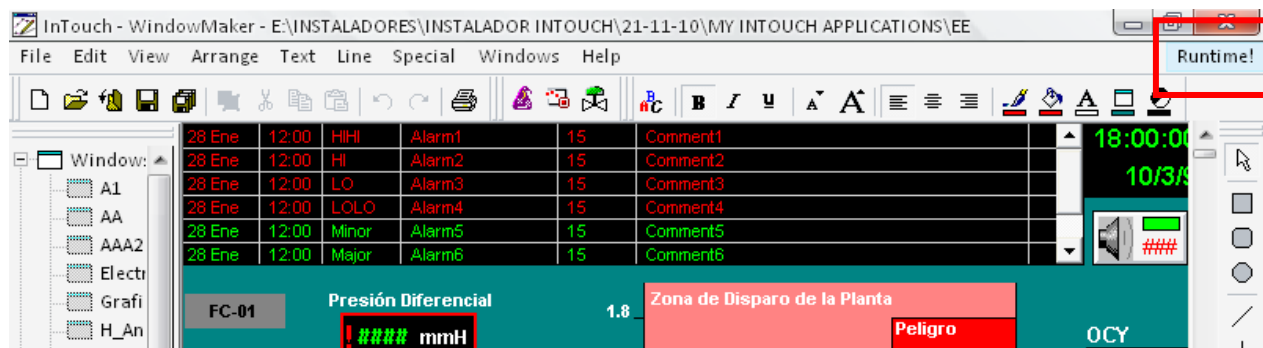


Fig.3.23 Ejecución del Runtime de INTOUCH.

Estando ya corriendo el programa WINDOW VIEWER el sistema (Figura: 3.24) comienza a medir las variables y operar el proceso. Si los objetos visualizadores de las mediciones se encuentran encerrados en un cuadro rojo **0 °C** significa que el manejador o driver no se ha activado aun. Al darle un click en cima del objeto aparecerá una ventana que nos dará esta información.

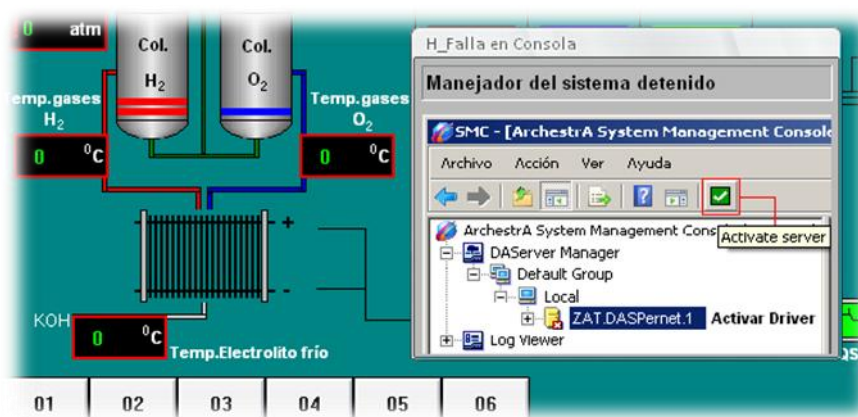


Fig.3.24 Ventana informativa del manejador desactivado.



Estando en operación (Figura: 3.25) si aparece dentro del cuadro del objeto visualizador de la medición un signo de exclamación en rojo **!** 0 mmH significa que ocurrió una falla en ese sensor. Al darle un click en cima nos aparecerá una ventana informado el tipo de sensor y la falla que presenta. Además de reflejarse en el display de alarmas.

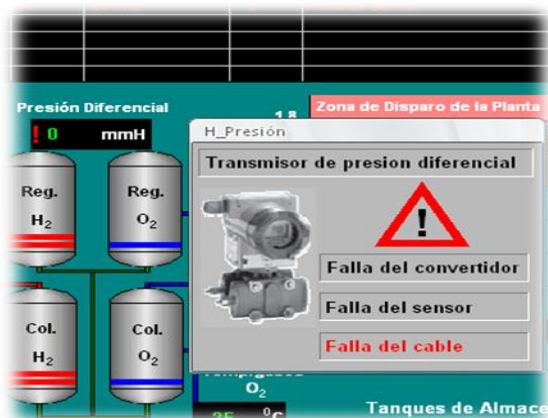


Fig.3.25 Ventana informativa del sensor en falla.

Para el caso de los dispositivos eléctricos aparecerá una pequeña **F** **E** (Figura: 1.26) en un cuadro amarillo indicando que existe falla. Al hacer click en cima del dispositivo aparecerá la ventana de control del mismo indicando la falla. Además de visualizarse también en el display de alarmas.



Fig.1.26 Información del interruptor en falla



El display de alarmas (Figura: 3.27) visualiza, informa y alerta al operador de todos los eventos ocurridos en el proceso. En él se van visualizando todas las alarmas activadas por el sistema mostrando la fecha, hora, Tagname, valor y comentario. Al ocurrir una alarma esta aparecerá tomando el color rojo, al operador reconocerla se pondrá en verde. Si la alarma no se resuelve permanecerá ya reconocida visible en el display.

28 Ene	08:25	DSC	VE4	ON	Abierta valvula alimentar Tanque 4
28 Ene	08:25	DSC	VSP	ON	Abierta valvula de salida principal
28 Ene	08:26	HI	DIFPRE	201	Falla de Sensor
28 Ene	08:27	DSC	interruptor380V	OFF	Apertura interruptor ODP-01

Fig.3.27 Display de alarmas.

Todos los eventos y alarmas son guardados por el sistema (Figura: 3.28 y 3.29) en un registro histórico al cual podemos acceder de forma visual mediante otro display que nos brindará toda la información necesaria. La información del momento en que ocurre la alarma tomará el color rojo y se denomina UNACK, luego se van registrando eventos cada segundo que pasa tomando el color azul claro y se denominan EVENT, cuando la alarma es reconocida toma el color verde y se denomina ACK y cuando ya es resuelta adquiere el color blanco y la denominación es ACK_RTN.

Date	Time	State	Class	Type	Name	Value	Comment
31 Ene	09:22	UNACK	VALUE	HI	DIFPRE	201	Falla de Sensor
31 Ene	09:22		EVENT	DDE	DIFPRE	201	Falla de Sensor
31 Ene	09:22		EVENT	OPR	\$System.Ack	ON	\$System
31 Ene	09:22		EVENT	OPR	DIFPRE.Ack	ON	Falla de Sensor
31 Ene	09:22	ACK	VALUE	HI	DIFPRE	201	Falla de Sensor
31 Ene	09:22	ACK_RTN	VALUE	HI	DIFPRE	26	Falla de Sensor
31 Ene	09:22		EVENT	DDE	DIFPRE	35	
31 Ene	09:22		EVENT	DDE	DIFPRE	36	

Fig.3.28 Display de registros históricos.



Tabla.3.2 Evento-condición de las alarmas

Evento	Condición.	Color
ACK	Se ha reconocido una alarma.	verde
ALM	Se ha producido una alarma.	rojo
EVT	Se ha producido un evento.	azul
RTN	El Tagname ha vuelto a su estado normal desde el estado de alarma.	blanco
SYS	Evento de sistema.	
USER	Ha cambiado \$ Operador.	
DDE	Un cliente DDE ha hecho un POKE sobre un Tagname.	
LGC	Una Quick Script ha modificado el valor de un Tagname.	
OPR	Un operador ha modificado el valor de una Tagname usando un Value Input (entrada de teclado)	

Descripción de la pantalla del PC

En la parte superior aparece un listado de señales de fallas existentes que se encuentran fijas (señales de fallas de todo el sistema controlado por ZAT), tabla donde salen las señales:

FECHA	HORA	GRUPO	CÓDIGO	FC	DESCRIPCIÓN	¿?	¿?
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)

- ☐ El software registra la fecha en que sale la señal.
- ☐ El software registra la hora en que sale la señal.
- ☐ El software registra el grupo (importancia) al que pertenece la señal.
- ☐ El software registra el código de la señal.
- ☐ El software registra el FC al que pertenece la señal.
- ☐ El software registra la descripción escrita de la señal.
- ☐ El software registra si es una falla o estado.
- ☐ El software registra si es una falla o estado.



Las señales de falla que salen provocan una señal acústica a través de las bocinas, al salir una señal debe ser reseteada, al resetearla pasa al histórico además de quedar registrada según se describió anteriormente, mientras se mantenga fija, en el extremo derecho de la tabla anterior aparece una barra de desplazamiento si el número de fallas fijas es mayor que la cantidad de líneas de la tabla anterior. Las señales son registradas en orden según su salida.

En la parte superior del botón donde aparece dibujada la bocina, aparece la hora y la fecha, aparecen los detalles de la comunicación del sistema ZAT, la ayuda del sistema (desde donde se accede a varias informaciones) y el panel de acceso para introducir el PASSWORD:

Los colores para mostrar eventos, alarmas etcétera (Figura: 3.29) se selecciona mediante la opción **Alarm Configuration** del objeto Wizards y se fijan de acuerdo a normas operativas.

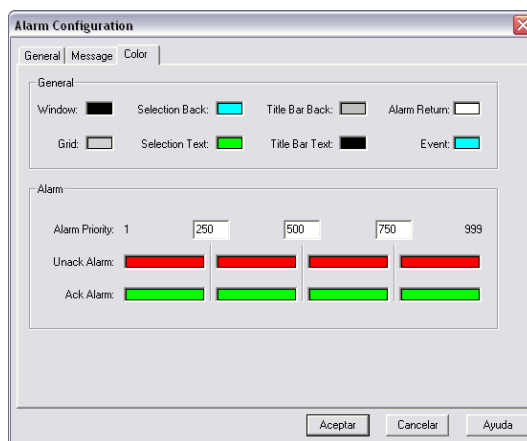


Fig.3.29 Configuración de colores de alarmas y eventos.



3.5 Formato data

Las mediciones realizadas (Figura: 3.30 y 3.31) son guardadas en ficheros históricos que contienen la información de todas las variables durante el día de operación que está delimitado por la hora de inicio del día definida en la configuración y esta información está estructurada de la siguiente manera:

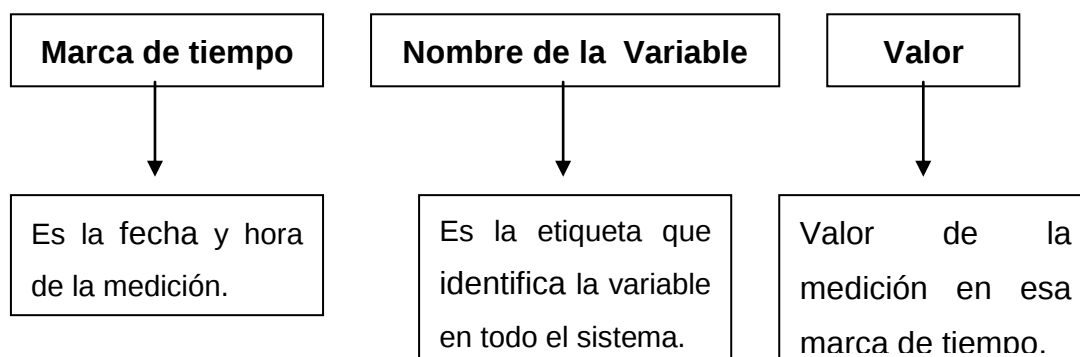


Fig. 3.30 Características del formato data.



Fig.3.31 Imagen del fichero histórico.

3.6 Frecuencia de muestreo del sistema

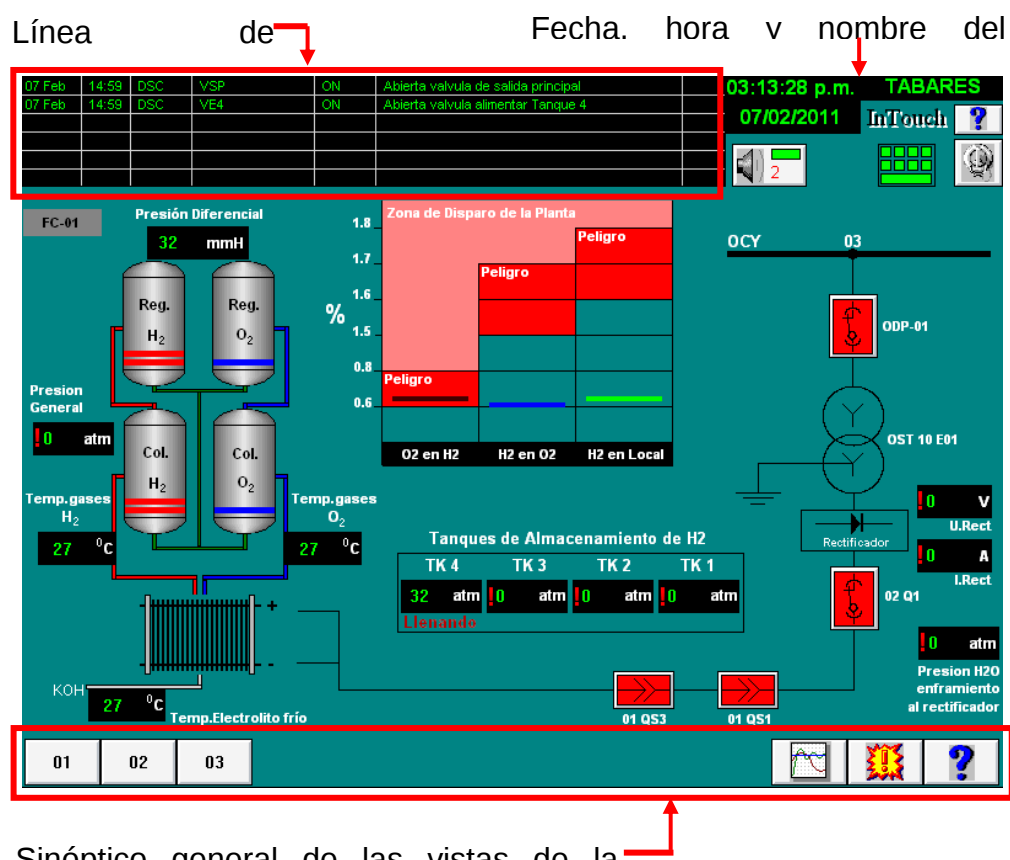
Especifica el tiempo entre dos solicitudes sucesivas al driver en cuestión, el mínimo está limitado por el período de muestreo principal del sistema y por supuesto está relacionado con las posibilidades del dispositivo y/o del bus.



En este sistema se ha definido una frecuencia de muestreo de 5 segundo (5000ms) para realizar las mediciones de todas las variables que se encuentran en la configuración ya que con esta frecuencia se garantiza lograr la trazabilidad en los datos necesarios.

3.7 Ventanas específicas de la aplicación

Para la operación del sistema (Figura: 3.32) se construyó una ventana principal con la mayoría de la información y accesos a otras vistas de la planta.



Sinóptico general de las vistas de la

Fig.3.32 Ventana principal de la aplicación.



3.8. Valoración Técnico-Económico del sistema

Tomando como punto de partida que para la realización de trabajos similares a este se ha contratado para su instalación y ejecución a personal extranjero, podemos realizar el cálculo del ahorro por concepto de asistencia técnica.

Para el cálculo de la asistencia técnica que sería necesaria para la realización de este proyecto se tomaron como referencia los datos de un proyecto similar que se contrató con la Empresa Real Control SA.

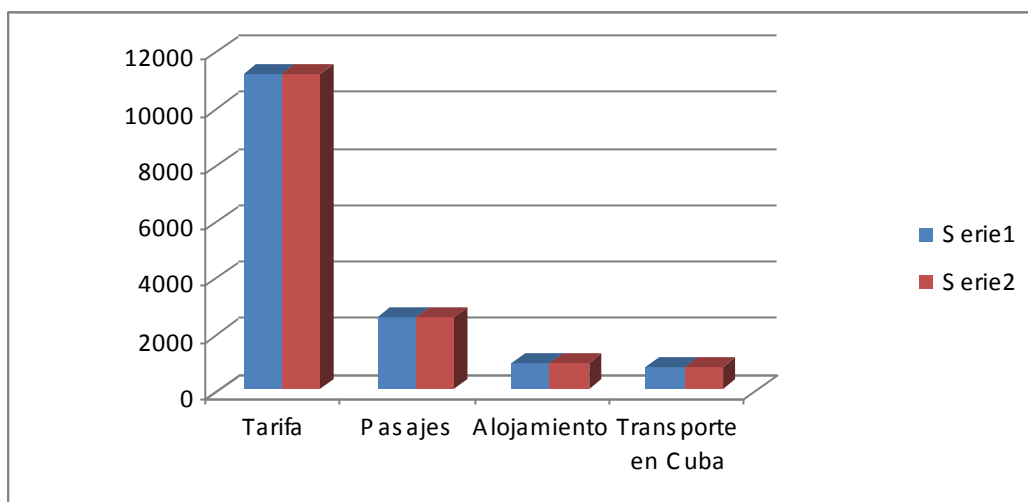


Figura: 3.33 Asistencia Técnica

Donde:

Tarifa: 747.50 USD /día calendario por especialista.

Pasajes: Pasaje Praga-Habana-Praga.

Alojamiento: 62.50 USD /día por especialista.

Transporte en Cuba: El precio del transporte de dos Especialistas fue 53.50 USD / día

Total per cápita: 15490.00 USD

Total Asistencia técnica: 30980.00 USD

Total Asistencia técnica + Costo de la realización del proyecto: 46470.00 USD

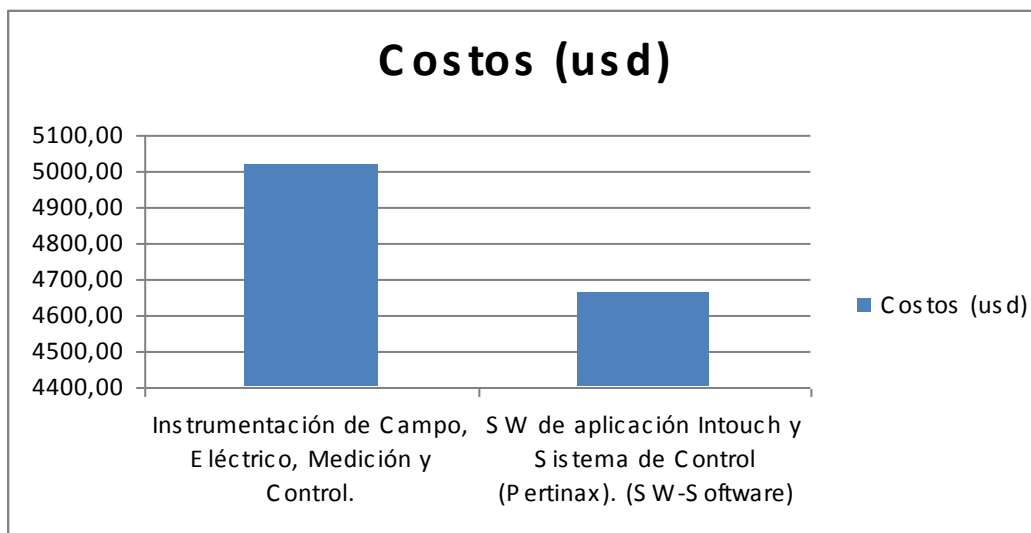
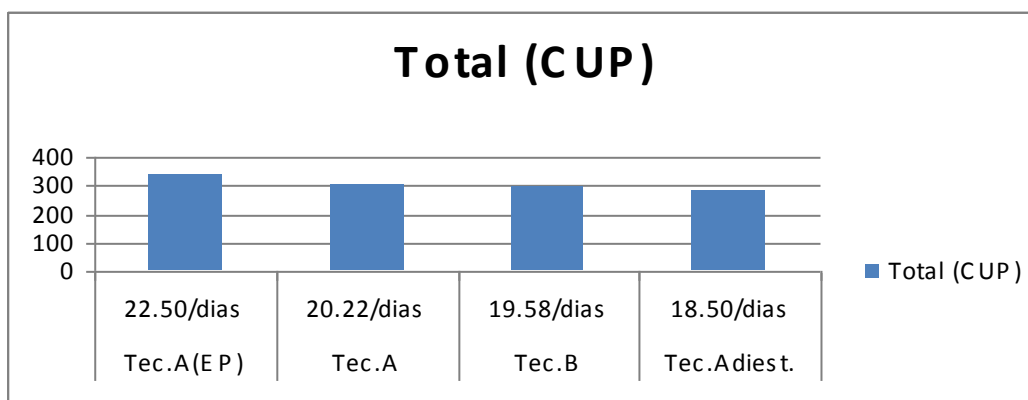


Figura: 3.34 Costo de Realización

Instrumentación de campo, Eléctrico, Medición y Control: 5017.50 USD

Software de aplicación INTOUCH y Sistema de Control (PERTINAX) (SW-Software): 4660.00 USD

Total: 9677.50 USD



Total: 1212.00 CUP

Figura: 3.35 Gastos por concepto de salario de 4 técnicos durante 15 días

Pos	Días	Tarifa (CUP)	Total (CUP)
Téc A (Exp)	15	22.50/Días	337.50
Téc A	15	20.22/Días	303.30
Téc B	15	19.58/Días	293.70
TécAdiet	15	18.50/Días	277.50

Ahorro Total: 46470.00 - 1212.00= 45258.00



CONCLUSIONES

A modo de conclusión podemos decir que:

En el presente trabajo se abordan de forma explícita ciertas características del sistema de control implementado en la planta de producción de hidrógeno de la Empresa Termoeléctrica “Lidio Ramón Pérez” de Felton, cuyo objetivo esencial es garantizar el incremento de la confiabilidad de la operación y poder tener pieza de repuesto para el Mantenimiento.

Reflejándose esto en las continuas interrupciones de la planta de hidrógeno. Una vez puesta en marcha esta tecnología se podrá ver un notable mejoramiento en este aspecto y es por ello que se ha trabajado en aras de reducir las interrupciones por fallas en los sistemas de control.

La documentación elaborada puede ser utilizada como manual de operaciones por los trabajadores de servicio técnico en la E.T.E que se encuentra implementado.

La posibilidad ofrecida con la implementación de este sistema de control a base de fibra óptica hace que el manejo de las variables a controlarse en el proceso tenga facilidades de ser monitoreadas en tiempo real a través de estaciones de operación, lo cual da posibilidad de incrementar la velocidad del procesamiento de ejecución de cualquier operación a efectuarse.

La versatilidad de este sistema ha posibilitado su utilización en disímiles ramas de la industria y de aquí su aplicación en un sin número de las esferas de la vida cotidiana.



Recomendaciones

Capacitar a los trabajadores que interactúan directamente con el sistema, utilizando como referencia de este trabajo que está elaborado con el objetivo de servir como manual de operaciones.

El presente trabajo sea tomado como base para poder rescatar otros aspectos de interés que por razones de los objetivos trazados no fue necesario profundizar.



BIBLIOGRAFÍA

- ¡Error! Referencia de hipervínculo no válida.. Using Wonderware® In Touch™ with the Hach MOD I/O PLC/DCS Interface.
- [http:// www.rosemount.com](http://www.rosemount.com). Rosemount Multivariable™ Mass Flow Transmitter with HART® or FOUNDATION™ Fieldbus Protocol.
- [http:// www.sensotran.com](http://www.sensotran.com). Detector de gases tóxicos SENSOTOX 420 TOX.
- Instrumentación Industrial. Primera parte.[Libro de Texto]. 332 p.
- Lage Cuello, Jorge A. Sistemas de Control con Microprocesadores. Jorge A. Lage Cuello y Miriam M Pascual Moreno. La Habana: Editorial Científico Técnica, 1989. Capítulo 10, Pág., 153/172.
- Harriott, Peter. Process Control. La Habana: Editorial Revolucionaria, 1969. Capítulo 13, Pág., 257/283.
- Manual de operación. Sistema de programación **Pertinax**. Software de programación para Plataforma de automatización ZAT--D.
- Manual del usuario Sistema de supervisión y control de procesos **InTouch v.90**. WONDERWARE CORPORATION.
- Núñez Estenoz, Maikel y Yosvani Rodríguez Rodríguez. Tesis. Sistema Automático de Medición para variables termo hidráulicas en la Climatización Centralizada del Hotel Blau Costa Verde. Tutores: M.S.c Reineris Montero Laurêncio, Ing. Victor Manuel Peña Sosa. Moa: Instituto Superior Minera Metalúrgico, 2009. 85 p.
- Vargas Ramos, Pedro Luis. Tesis. Sistema de medición para variables en un enfriador de mineral reducido a escala piloto. Tutores: M.S.c Ever Góngora Leyva, ing. Maikel Núñez Estenoz, ing. Yosbani Rodríguez Rodríguez. Moa: Instituto Superior Minero Metalúrgico, 2010. 89 p.