



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO-METALÚRGICO
DR. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ
FACULTAD DE METALÚRGIA ELECTROMECAÁNICA
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA

TRABAJO DE DIPLOMA

En opción al Título de Ingeniero Eléctrico

Tema: Sistema Automático de Medición para variables termohidráulicas en la Climatización Centralizada del Hotel Blau Costa Verde.

Autores: Maikel Nuñez Estenoz.

Yosvani Rodríguez Rodríguez.

Tutores: M.Sc. Reineris Montero Laurencio.

Ing. Victor Manuel Peña Sosa.



2009

“Año 50 del Triunfo de la Revolución”

Declaración de autoridad

Maikel Nuñez Estenoz y Yosvani Rodríguez Rodríguez, autores de este trabajo de diploma titulado: “Sistema Automático de Medición para variables termohidráulicas en la Climatización Centralizada del Hotel Blau Costa Verde”, certificamos su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, el cual podrá hacer uso del mismo para fines docentes y educativos.

Autor:
Maikel Nuñez Estenoz.

Autor:
Yosvani Rodríguez Rodríguez.

Tutor:
MSc. Reineris Montero Laurencio.

Tutor:
Ing. Victor Manuel Peña Sosa.

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.

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 Automático de Medición para variables termohidráulicas. Estas variables están relacionadas con la impulsión de agua fría de una zona habitacional en un hotel con climatización centralizada. El sistema también mide las principales temperaturas del Sistema de Agua Caliente Sanitaria.

Como SCADA se empleó el EROS el cual ha probado su confiabilidad en varios sistemas tecnológicos. Este sistema supervisor permite la medición continua de las magnitudes, de esta forma los operadores del hotel reciben las informaciones oportunas las cuales no se tenían por haber colapsado el sistema automático anterior. Además de un conjunto de sensores para la medición de temperaturas y presiones se logró el enlace de los mismos con la computadora mediante el autómata Modicon. Se realizaron todas las configuraciones correspondientes de hardware y de software, comprobándose el estado del sistema por varios días continuos. Se incorporó un lazo de control PID parametrizable desde la computadora. De esta forma se comprobó el comportamiento de las variables ante los cambios del valor deseado en la presión de envío del agua fría de la climatización.

Con las facilidades de experimentación que se tienen con esta aplicación, se pueden identificar los modelos matemáticos de los sistemas. Los resultados obtenidos con esta implementación sirvieron de apoyo a otras investigaciones referidas al comportamiento energético de los accionamientos implicados, de conjunto con las perturbaciones incidentes y las diferentes condiciones operacionales.

ABSTRACT

In this work an Automatic Measurement System for thermo hydraulics variables is implemented. All these variables are related to the impulse of cold water from an area in a residential hotel, with a centralized air conditioning facility. The system also measures all the temperatures of the Sanitary Hot Water System.

EROS SCADA is used as a supervisory system because of its proven reliability and adaptability in several technological processes. This SCADA allows the continuous measurement of the magnitudes allowing the operators to know right in time the actual information of the process which had not been possible before.

In addition to a set of sensors for measuring temperatures and pressures, the link between the SCADA personal computer and the Modicon PLC was done. Also, all the configuring steps related with the software and hardware were done and checked during several days in run mode as well as PID control loops. In this way, the behaviour of all the variables was checked referring to the different desired values in pressures of the Cold Water System.

With the ease of experimentation that has been built with this application, mathematical models of systems can be identified. The results obtained from this implementation served as support to other investigations referred to the energetic behaviour of the involved driving, together with the incidental disturbances and the different operating conditions.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN GENERAL	I
CAPÍTULO 1	4
Aspectos teóricos de interés y particularidades de los sistemas de impulsión de la Climatización Centralizada de hoteles	4
1.1 Introducción	4
1.2 Energía y Sistemas de Climatización Centralizada por Agua Helada.....	4
1.2.1. Sistema de impulsión Agua Fría	4
1.2.2 Sistema de Impulsión Agua Caliente	6
1.3 Principales insuficiencias en el monitoreo y control del Sistema de Impulsión de Agua Fría y Agua Caliente en hoteles con Climatización Centralizada	7
1.4 Marco conceptual de las características de las variables y de los sensores correspondientes	8
1.5 Sensores y transmisores empleados para variable temperatura	10
1.5.1 Principio de funcionamiento de la termoresistencia	11
1.5.1.1 Construcción	11
1.5.2 Principio de funcionamiento del convertidor de temperatura	12
1.5.2.1 Construcción mecánica.....	12
1.6 Sensores y transmisores empleados para variable presión.....	13
1.6.1 Principio de funcionamiento de este transmisor de presión	13
1.6.2 Construcción	14
1.7 Sensores y transmisores empleados para variable caudal.....	14
1.7.1 Funcionamiento de este transmisor	15
1.7.2 Construcción	15
1.8 Calidad de Energía referida al empleo de los variadores de velocidad en estos sistemas, en el caso específico del agua fría.....	16
1.9 Estructura del Software Supervisor EROS 5.8 para la aplicación específica.....	17
CAPÍTULO 2	20
Arquitectura del Sistema de Medición propuesto	20
2.1 Introducción	20
2.2 Reseña histórica del Sistema Automático de Medición anterior en el hotel.....	20
2.2.1 Problemática	22

2.3 Nuevos criterios de selección de las variables para la propuesta de medición	23
2.4 Características de las variables seleccionadas	25
2.5 Estructura del hardware.....	29
2.5.1 Autómata utilizado	31
2.5.2 Configuración en el Software de programación del Hardware	35
2.5.3 Variador de velocidad (para objetivo en sistema).....	45
2.5.4 Sistema de control proporcional-integral-derivativo (PID).....	48
2.6 Requerimientos técnicos.....	51
CAPÍTULO 3	52
Generalidades de la aplicación SCADA EROS y valoración técnica económica del sistema	52
3.1 Introducción	52
3.2 Procesamiento de datos en el Software Supervisor EROS 5.8	52
3.2.1 Protocolo de comunicación MODBUS	54
3.2.2 Formato data	55
3.2.3 El Registrador de Variables	55
3.2.3.1 Pié de Gráfico	59
3.3 Resolución para la visualización de las variables medidas en el registrador.....	61
3.4 Exportar datos del registrador a Excel	62
3.5 Configuración del SCADA.....	62
3.6 Frecuencia de muestreo del sistema.	76
3.7 Verificación del funcionamiento del monitoreo.....	76
3.7.1 Verificación del funcionamiento del Sistema de Impulsión de Agua Fría.....	76
3.7.2 Verificación del funcionamiento del Sistema de Impulsión de Agua Caliente Sanitaria.....	77
3.8 Valoración técnico económica del sistema.	78
CONCLUSIONES.....	81
RECOMENDACIONES	82
BIBLIOGRAFÍA	83
ANEXOS	85

INTRODUCCIÓN GENERAL

Los Sistemas de Impulsión de Agua Fría (SIAF) y Agua Caliente (AC) en hoteles poseen características similares siempre y cuando el sistema de climatización sea centralizado. Estos sistemas centralizados consumen como promedio el 60% de la energía eléctrica del hotel. No solo se consume electricidad, sino también otro portador energético como es el caso del Gas Licuado Propano (GLP). El GLP se emplea en los equipos de calentamiento auxiliar asociado al Agua Caliente Sanitaria (ACS). En el caso de impulsión de Agua Fría (AF) se manifiestan que en la mayoría de los hoteles con Climatización Centralizada (CC) el flujo de agua helada es a caudal constante en más del 90% de los hoteles en Cuba.

Mediante una revisión de la literatura y de las normas cubanas referidas a la CC no existe un procedimiento único que indique la manera de implementar la supervisión y el control. Es por tanto que cualquier acción que implique el mejor conocimiento de las magnitudes permitirá realizar propuestas de mejoras en la explotación de los sistemas y la consecuente disminución del consumo energético.

A partir de la comprensión de la alta dirección de las diferentes cadenas hoteleras, se comenzó un proceso de automatización de los hoteles, aproximadamente hace 10 años, en el cual han participado diferentes empresas especializadas en estos servicios y las soluciones han incluido Sistemas de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA) menos o más integradores, pero siempre con la misma idea de que los resultados de monitoreo y supervisión permitan interactuar con los sistemas en función de disminuir los portadores energéticos.

Se ha demostrado en diferentes diagnósticos energéticos realizados, la incidencia de la automatización en el uso racional de la energía. De forma general, los hoteles que no tienen sistemas automáticos presentan marcos de calidad en cuanto a los portadores energéticos más deteriorados.

En la actualidad existe desconocimiento de la interrelación entre las variables inherentes al trabajo de los SIAF y AC en hoteles con CC. Esto impide la realización de trabajos de investigación que permitan enfocar estos sistemas desde la óptica multivariable. Además impide que se pueda generalizar el empleo de los variadores de velocidad en estos accionamientos con procedimientos acordes a toda una dinámica de las variables que participan. Un reconocimiento exhaustivo de estas magnitudes permitirá utilizar técnicas de investigación avanzada en busca de un comportamiento energético óptimo.

Por lo antes referido se declara como ***problema de la investigación:***

Necesidad de un sistema de medición que permita la experimentación en el sistema de impulsión de agua fría y caliente, de la climatización centralizada del hotel Blau Costa Verde.

Como **objeto de estudio** de la investigación se plantea:

Sistema de impulsión de agua fría y caliente, de la climatización centralizada del hotel Blau Costa Verde.

Campo de acción:

Instrumentación y control de procesos.

Sobre la base del problema a resolver se establece la siguiente ***hipótesis:***

Con un sistema automático de medición se puede realizar un reconocimiento exhaustivo de las variables termohidráulicas presentes en el sistema de impulsión de agua fría y caliente, de la climatización centralizada del hotel Blau Costa Verde como base de nuevas estrategias de operación en función de reducir el consumo energético.

Teniendo en cuenta la hipótesis planteada, se define como **Objetivo del trabajo:**

Implementar un Sistema Automático de Medición en la impulsión de agua fría y caliente, de la climatización centralizada en el hotel Blau Costa Verde.

Objetivos específicos:

1. Caracterización de las variables presentes en los SIAF y AC de la CC de los hoteles.
2. Implementación del Sistema Automático de Medición a partir del diseño conceptual que permita verificar las disímiles características termohidráulicas del objeto de estudio.
3. Implementación de un lazo de control programable desde el computador, que permita el estudio de la dinámica de las variables en la impulsión a flujo variable de AF en la zona habitacional número 6 del hotel Blau Costa Verde.

Tareas:

1. Diseñar conceptualmente el sistema.
2. Trabajo de campo previo a la implementación del sistema.
3. Montar el sistema (sensores, transmisores, cableado, autómatas, etc).
4. Programar el autómata y el supervisor.
5. Puesta a punto del sistema.
6. Confeccionar la documentación del sistema.
7. Elaborar el informe final.

CAPÍTULO 1

Aspectos teóricos de interés y particularidades de los sistemas de impulsión de la Climatización Centralizada de hoteles

1.1 Introducción

En este capítulo se presentan los aspectos generales relacionados con la energía asociada a la impulsión de AF y AC en hoteles con CC. Se resaltan algunas especificaciones de los instrumentos de medición utilizados y los objetivos de su empleo mediante la iteración con los sistemas. Se aborda la estructura del SCADA a utilizar en la investigación. En este caso se emplea el sistema de supervisión de procesos EROS. Se comentan las posibilidades de ahorro de energía mediante la aplicación de los variadores de velocidad con el objetivo de ajustar a la demanda, el trasiego de agua hacia las diferentes instalaciones del hotel. Se hace referencia además a los aspectos teóricos de cada uno de los elementos que forman parte de los SIAF y ACS.

1.2 Energía y Sistemas de Climatización Centralizada por Agua Helada

Empleando un Diagrama de Pareto, el cual sigue el principio conocido como pocos vitales y muchos útiles o Ley 80 – 20, se puede reconocer que en los procesos hay unos pocos elementos o causas realmente importantes (20%) que generan la mayor parte del efecto (80%). En los hoteles la CC representa entre el 60% y el 80% del consumo de energía eléctrica y las bombas del circuito secundario de AF situadas en este sistema, entre el 10% y 12%. En otras palabras: los esfuerzos por disminuir la facturación eléctrica deben ir centrados en mejorar la eficiencia de los subsistemas que forman parte de la climatización, y en específico en aquellos con mayor oportunidad de adaptarse a cambios tecnológicos con inversiones racionales.

1.2.1. Sistema de impulsión Agua Fría

La impulsión del AF hacia las enfriadoras y hacia la carga térmica se logra a través del circuito primario y el circuito secundario respectivamente. Por lo general siempre se le da mayor importancia a los Circuitos Secundarios de Agua Fría (CSAF), debido a que,

en varios diseños estructurales el mismo circuito que impulsa el agua hacia las edificaciones también tiene la función de retornarla al evaporador de las enfriadoras.

Esta funcionalidad es la misma, independientemente de que se regule a través de válvulas de estrangulamiento o con variadores de velocidad el caudal que debe ir al evaporador. Este flujo debe estar en correspondencia con la potencia de enfriamiento de cada equipo en particular.

Para enfocar de manera energética y desde el punto vista operacional la impulsión de AF en los Sistemas de Climatización Centralizada por Agua Helada (SCCAH) existen tres subsistemas cuyas interacciones definen la eficiencia de instalación:

1. Subsistema de potencia.
2. Subsistema termohidráulico.
3. Perturbaciones y regímenes de explotación de los espacios térmicos.

En el subsistema de potencia se impone los parámetros de trabajo del motor y la bomba en función de una variable de referencia, en este caso la presión en la descarga. Al definir el valor de set point (valor deseado) de la presión y de conjunto con su control se impone un régimen racional satisfaciendo las necesidades del fluido ante los estados cambiantes de la red y el evaporador según las necesidades de la carga térmica.

En los subsistemas termohidráulicos presentes en los SIAF de forma reducida se puede decir que las componentes que más inciden en las características hidráulicas son la ocupación de las zonas habitacionales y las configuraciones de las redes hidráulicas para cada una de las situaciones de ocupación. Para el caso de las propiedades térmicas, decide, las características de las cargas térmicas asociadas a la estructura física de la edificación, el estado del aislamiento térmico de las tuberías y las infiltraciones de calor adicional en los espacios térmicos.

Las perturbaciones y regímenes de explotación de los espacios térmicos están en dependencia de:

- ☐ Dinámica de la red hidráulica y su equilibrio.
- ☐ Características climáticas de la región.
- ☐ Bioclima de la edificación.

- ☐ Ganancia de calor adicional.
- ☐ % ocupacional.

El control de las bombas se hace a través de variadores de velocidad, estos facilitan que las bombas varíen su velocidad respondiendo a la curva de requerimientos del sistema. Se consigue un ahorro de energía importante en las bombas y las enfriadoras al bombearse solamente la cantidad de agua necesaria para cubrir la carga térmica instantánea. Cuando se emplean variadores de velocidad en los CSAF se hace necesaria la presencia de válvulas de dos vías en los fancoil de los locales. Al cerrarse las válvulas, aumenta la presión en la entrada del sistema, el control del variador de velocidad se encarga de corregir esta variable hasta un valor fijo que garantice una explotación hidráulica adecuada.

1.2.2 Sistema de Impulsión Agua Caliente

El caso de transporte del AC en hoteles mediante los circuitos de bombeo, representa un consumo de energía eléctrica entre el 4 y el 8 % del total. Las bombas que garantizan la impulsión del agua operan durante todo el año, las 24 horas del día.

Existe un consumo de otros portadores energéticos, fundamentalmente el GLP que garantiza el parámetro de temperatura del AC de servicio cuando es insuficiente la recuperación de calor en los condensadores de las enfriadoras. Para las condiciones de Cuba el consumo de GLP en el calentamiento de agua en hoteles representa entre el 10 y el 25 % del GLP total.

Los sistemas de ACS que tradicionalmente existen en los hoteles con CC están compuestos por ocho elementos fundamentales:

- ☐ Fuente primaria de obtención o recuperación de calor (condensadores de las enfriadoras).
- ☐ Bombas del circuito primario de agua caliente (CPAC).
- ☐ Calentadores o calderas de apoyo.
- ☐ Intercambiadores de calor de placas (IC).
- ☐ Bombas del circuito secundario de agua caliente (CSAC).
- ☐ Tanques de almacenamiento.
- ☐ Bombas del circuito de recirculación (CR).

☐ Redes de tuberías.

De manera general se puede definir las funciones de los circuitos de impulsión de AC de la siguiente forma:

CPAC: Mediante la recirculación del agua recupera el calor de los condensadores de las enfriadoras y envía el agua hacia una de las placas del intercambiador de calor.

CSAC: Circula un volumen de agua a contraflujo, por la otra placa del intercambiador de calor, proveniente del Agua a Temperatura Ambiente (ATA) que se resarce en el sistema de ACS, más un por ciento del volumen de agua del servicio que retorna.

CR: Favorece la recircularon del AC por toda la red de tuberías de servicio.

Todos lo hoteles en Cuba con SCCAH impulsan a caudal constante el AC en cada uno de sus circuitos, a pesar de que los caudales pudieran ser variables, en función de la capacidad de condensación de las enfriadoras.

1.3 Principales insuficiencias en el monitoreo y control del Sistema de Impulsión de Agua Fría y Agua Caliente en hoteles con Climatización Centralizada

En ocasiones no se hace un análisis exhaustivo de la necesidad de incorporar determinada instrumentación. Se plantea que el alto costo de los instrumentos es una variable de decisión importante a la hora de las inversiones, pero las potencialidades en cuanto a su incidencia a la hora mejorar la eficiencia energética en los sistemas, se aborda de forma superficial.

Para poder conocer el estado de los sistemas tecnológicos se necesitan estudios minuciosos en los que juegan un papel fundamental la instrumentación. Un caso específico de alto costo en materia de mediciones de variables no eléctrica lo constituye el caudal. Esta variable en el objeto de estudio es realmente significativa debido a que representa la caracterización fundamental de la sustancia de trabajo, tanto de la climatización como del servicio de ACS.

Después de realizar una revisión en el hotel caso de estudio (Hotel Blau Costa Verde) y compararlo con sistemas similares se concluye: que las variables a las que se le dedica mayor importancia son las temperaturas, las cuales reflejan una idea del

compartimiento térmico de los fluidos que intervienen en el intercambio térmico inherente a la climatización; en el caso del AC la temperatura refleja los procesos de intercambio térmico en los condensadores, en las enfriadoras, en los intercambiadores de placa, en los tanques de almacenamiento, en el proceso auxiliar de calentamiento, y lo más importante la temperatura de agua de servicio, así como de esta agua. Como los accionamientos de estos fluidos (AF y AC) se realizan mediante bombas centrífugas, es importante conocer la presión de succión y presión de descarga, pues brindan una idea de la energía que le transmite a la sustancia de trabajo de conjunto a la dinámica y las especificidades técnicas de las redes hidráulicas correspondientes. Un aspecto en que se debe mejorar es en la medición de los flujos, que como se mencionó anteriormente no está implementada su aplicación.

Realizando un compendio de los sistemas de monitoreo y control existentes en los hoteles con CC se observa que las variables incorporadas a estos sistemas SCADA son las relacionadas con el trabajo de las enfriadoras y no sucediendo así con las variables propias de trabajo de las bombas presentes en los circuitos de impulsión.

Se ha notado que se compran las enfriadoras y no se le incorpora a esta inversión al menos los drivers que permitan el enlace de la automática con el SCADA propio del hotel. Esto implica la inversión en sensores adicionales que responda a la automática global de las salas de máquinas.

1.4 Marco conceptual de las características de las variables y de los sensores correspondientes

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 FI 01 2006. Instrumentación de campo para la automatización de procesos de SIEMENS.

a) Medición de 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.)

b) Medición de 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 760 mm (29.9 pulgadas) de mercurio absolutos o 14.7 psia (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.

c) Medición de caudal

En la mayor parte de las operaciones realizadas en los procesos industriales y en las efectuadas en el laboratorio y en plantas pilotos es muy importante la medición de los caudales de líquidos o de gases.

Medidores volumétricos:

Los medidores volumétricos determinan el caudal en volumen del fluido, bien sea directamente (desplazamiento), bien indirectamente por deducción (presión diferencial, área variable, velocidad, fuerza, tensión inducida, torbellino).

La medida de caudal volumétrico en la industria se efectúa principalmente con elementos que dan lugar a una presión diferencial al paso fluido. Entre estos elementos se encuentran las placas – orificios o diafragma, la tobera y el tubo de Venturi.

1.5 Sensores y transmisores empleados para variable temperatura

Para la medición de esta variable se emplearon termorresistencias Pt 100 con convertidor en el cabezal, rango de medición: 0 a 100°C., longitud de inmersión: 100mm, toma de proceso: 1/2 npt, con racor deslizante y termopozo de 10 mm de diámetro incorporado, salida: 4-20mA.

1.5.1 Principio de funcionamiento de la termoresistencia

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 termoresistencia 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 10 mA 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.

1.5.1.1 Construcción

La resistencia de los cables internos está indicada en la unidad de medida, siempre que sea mayor que $0,2 \Omega$. Las unidades de medida están rellenas de un polvo aislante térmico el que cubre tanto la resistencia de medida como los cables internos y proporciona una alta resistencia a las vibraciones (para temperaturas hasta 600°C ó 1112°F). El arrollamiento está encapsulado en un cuerpo cerámico. Si las vibraciones en el punto de montaje superan los valores habituales, entonces convendrá utilizar las unidades de medida con la especial resistencia a las vibraciones (para temperaturas hasta 450°C (842°F)). En éstas, la resistencia está encapsulada en un cuerpo de vidrio fundido y homogéneo. En la figura 1.1 se muestra una imagen física de una termoresistencia.

Componentes principales:

- ☐ Unidad de medida con resistencia de medida.
- ☐ Tubo con placa soporte.
- ☐ Zócalo de conexión con resortes y 2 ó 3 cables internos de alambre revestido de Cu-Ni por cada resistencia de medida Pt100.



Fig.1.1 Termoresistencia.

1.5.2 Principio de funcionamiento del convertidor de temperatura

La señal suministrada por la termoresistencia Pt100 (sensor de temperatura) (conexión a 3 hilos) se amplifica en la etapa de entrada. La tensión proporcional a la magnitud de entrada se digitaliza a continuación en el convertidor analógico-digital (1) (figura 1.2), el microprocesador (2) se encarga de convertir las señales en función de la característica del sensor y de otros parámetros (amortiguación, resistencia del cable, etc.). En el convertidor digital-analógico (3), la señal preparada se transforma en una corriente continua de 4 a 20 mA independiente de la carga. La fuente de alimentación auxiliar (4) se encuentra en el circuito de salida.

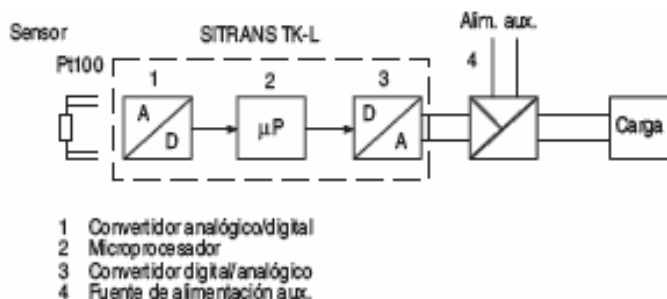


Fig.1.2. Esquema del convertidor de temperatura.

1.5.2.1 Construcción mecánica

Su peso es de 50 g (0.11 lb) y están contruidos de material plástico, encapsulado. En la figura a continuación se muestra una imagen física del convertidor (a) y sus respectivas conexiones (b y c).

Grado de protección

- ☐ Caja IP40.
- ☐ Bornes IP00.

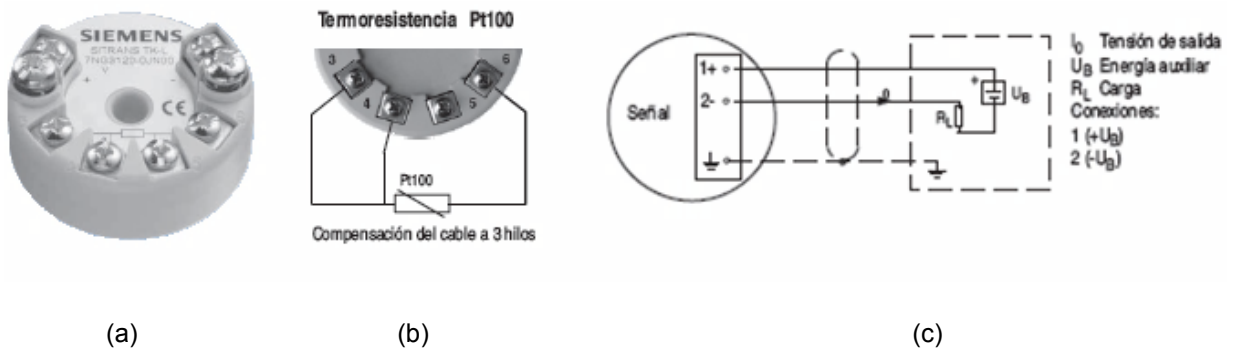


Fig.1.3. (a) Convertidor de temperatura, (b) Conexión del sensor al convertidor, (c) Conexión del convertidor.

1.6 Sensores y transmisores empleados para variable presión

El transmisor SITRANS P, Modelo DS III, Tipo: 7MF-4433-1DA00-1AA1-Z, Rango -1- 15 bar mide la presión absoluta y el nivel de líquidos y gases.

1.6.1 Principio de funcionamiento de este transmisor de presión

El funcionamiento del transmisor de presión depende del rango de medida. Rango de medida < 1 bar g (< 14.5 psi g). La célula de medida de silicio del transmisor de presión está dotada de un puente de resistencias piezoeléctricas, al cual la presión de servicio "p" se transmite por aceite de silicona y una membrana de acero inoxidable. La tensión de salida de la célula de medida se conduce hacia el amplificador y se transforma en una señal de salida tipo corriente de 4... 20 mA. La corriente de salida es linealmente proporcional a la presión de entrada. Rango de medida ≥ 1 bar g (≥ 14.5 psi g). La célula de medida de película fina dispone de un puente de resistencias de película fina, al cual la presión de servicio "p" se transmite a través de una membrana cerámica. La tensión de salida de la célula de medida se conduce hacia el amplificador y se transforma en una señal de salida tipo corriente de 4... 20 mA o en una tensión de salida de 0... 10 V DC. La corriente y la tensión de salida son linealmente proporcionales a la presión de entrada. Ver figura 1.4.

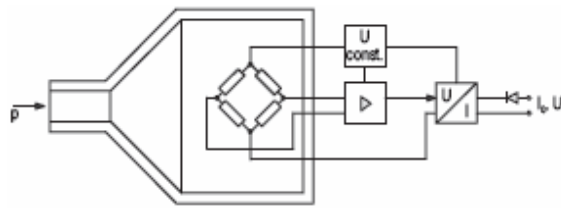


Fig.1.4 Esquema del sensor de presión absoluta.

1.6.2 Construcción

Este instrumento está compuesto por componentes principales como:

- ❑ Caja de acero inoxidable con célula de medida en cerámica y módulo electrónico. La célula de medida en cerámica con compensación de temperatura tiene una galga extensométrica de película fina, la cual está alojada en una membrana cerámica. La membrana cerámica puede utilizarse también con fluidos corrosivos.
- ❑ Conexión al proceso de acero inoxidable en diversas variantes.
- ❑ Conexión eléctrica mediante conectores de enchufe según DIN 43650 con pasacables M16x1,5, ½-14 NPT o con conectores macho redondos M12. El transmisor de presión con el rango nominal de medida de $\geq 1 \text{ bar g}$ ($\geq 14.5 \text{ psi g}$) está disponible con y sin protección contra explosiones. En la siguiente figura se muestra una imagen del transmisor de presión absoluta.



Fig.1.5 Transmisor de presión absoluta.

1.7 Sensores y transmisores empleados para variable caudal

Para la medición de caudal se utilizó transmisores de presión diferencial SITRANS P, Modelo DS III, Tipo: 7MF-4432-1DA00-1AA1-Z, Alcance de medida: 0-200 mbar; salida 4-20mA.

1.7.1 Funcionamiento de este transmisor

A través de la membrana separadora y el líquido de relleno, la presión se transmite al sensor de presión de silicio. La presión actuante provoca la deflexión de la membrana de medida. En consecuencia, las cuatro piezoresistencias implantadas en la membrana, conectadas en puente, modifican su valor de resistencia. Esta variación de resistencia origina una tensión de salida del puente proporcional a la presión de entrada, aumentada en un amplificador y convertida directamente en la corriente de salida de 4 a 20 mA. Los transmisores con alcances de medida de ≤ 63 bar g (≤ 914 psi g) miden la presión de entrada contra la atmósfera. El transmisor con el alcance de medida de 160 bar g (2320 psi g) efectúa la medición contra el vacío.

1.7.2 Construcción

El transmisor está compuesto de diferentes componentes según las especificaciones del cliente. Las posibilidades de composición se pueden consultar en las instrucciones de pedido. Los componentes especificados a continuación son los mismos en todos los instrumentos. En la parte lateral del transmisor se encuentra, entre otras cosas, la placa de características con la referencia. La referencia indicada lo especificado en las instrucciones de pedido es posible definir tanto los detalles de diseño opcionales como el posible rango de medida (propiedades físicas del elemento sensor incorporado). En el lado contrario se encuentra la placa de homologación. La carcasa es de fundición inyectada de aluminio o de fundición de acero inoxidable. En cada una de las partes frontal y posterior de la caja se encuentra una tapa redonda destornillable. La tapa delantera puede estar dotada de una mirilla que permite la lectura directa de los valores medidos en el indicador digital. Lateralmente, a elección, a la izquierda o a la derecha, se encuentra la entrada de cable para la conexión eléctrica. La abertura no utilizada está cerrada con un tapón ciego en el lado opuesto. En la parte posterior de la carcasa se encuentra el Terminal de conexión del conductor de protección. Destornillando la tapa posterior se obtiene acceso a las conexiones eléctricas para la alimentación auxiliar y la pantalla. En la parte inferior de la carcasa se encuentra la célula de medida con la conexión al proceso. La célula de medida está protegida contra giro mediante un tornillo de retención. La estructura modular permite el cambio independiente de la célula de medida y de la electrónica. Al hacerlo se mantienen los datos de parametrización

ajustados. En el lado superior de la carcasa está la tapa de plástico, bajo la cual se encuentran las teclas integradas. La figura 1.6 muestra el transmisor de presión diferencial utilizado.



Fig.1.6 Transmisor de presión diferencial.

1.8 Calidad de Energía referida al empleo de los variadores de velocidad en estos sistemas, en el caso específico del agua fría

Es prudente considerar adoptar diversos planes que nos ayuden a disminuir el consumo energético de equipos e instalaciones. Instalando variadores de velocidad para controlar bombas de agua helada, aseguramos que los sistemas de climatización solo provean lo que es necesario de acuerdo a la demanda ocupacional.

Las condiciones de competitividad actual demandan una mayor eficiencia en la operación de los Hoteles, siendo además de otros parámetros el más importante la relación entre costo/utilidad del edificio. El consumo de energía en Hoteles es muy significativo así como también el precio de la energía eléctrica, la cual se torna cada vez más cara.

El tiempo de retorno de la inversión es generalmente menor a 24 meses, gracias a los ahorros de hasta un 50% del consumo de energía eléctrica. Muchos de los sistemas existentes operan al 100% de su capacidad durante día y noche. Esto es independientemente de que la demanda este variando. Usualmente los sistemas son dimensionados para cumplir con el peor caso de la demanda que suele ser la máxima ocupación en los días más calurosos.

El uso de variadores de frecuencia en aplicaciones de bombeo, presenta las siguientes ventajas:

- ❑ *Disminución del costo de vida de la bomba:* Los principales costos (ordenados de mayor a menor) asociados a un sistema de bombeo son la energía consumida, inversión inicial y su correspondiente mantención. La disminución de la energía consumida por las bombas se reflejará directamente en la cuenta eléctrica de la industria.
- ❑ *Menor costo de mantención y reparación:* Al usar variadores de frecuencia se pueden reducir los costos de mantención y reparación de las bombas, según:
 1. Reducción del estrés mecánico de la bomba.
 2. Reducción de riesgos de cavitación.
 3. Reducción de daño en bomba debido a cambios bruscos de flujo, asociados a la partida de ésta.
- ❑ Permite la aplicación de bombas en paralelo (redundantes), controladas según la demanda de flujo solicitada.

1.9 Estructura del Software Supervisor EROS 5.8 para la aplicación específica

Antes de definir la estructura del supervisor, es necesario hacer una reseña de su desarrollo. En el año 1973 se introduce por primera vez por el Grupo SAD-PT de la ECRRL la Computación a la supervisión de los Procesos Tecnológicos, acoplando una minicomputadora a un equipo de adquisición de datos.

Luego en 1993 se crea en la entonces Unión del Níquel un grupo de trabajo para la aplicación de los medios superiores de cómputo en la tarea de supervisión de procesos tecnológicos.

A finales de 1993 sale a la luz la primera versión del SCADA EROS, soportada en el sistema operativo DOS, que se instala en la Planta de Lixiviación y Lavado de la Empresa Ernesto “Che” Guevara. En 1994 se comienza un trabajo conjunto con el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, representado por la figura del Doctor en Ciencias Rafael Trujillo Codorníu.

A partir de la instalación de este Sistema y pasado un período de evaluación se comenzó a trabajar en la versión 2.0, la cual presentó en lo fundamental mejoras sustanciales en el Software de alto Nivel, pues aunque también estaba soportada sobre DOS, se programó en Turbo Pascal, lo que le dio muchas facilidades visuales y nuevas funciones tales como:

- ☐ Posibilidad de trabajo en una RED a través de un servidor Novel.
- ☐ Posibilidad de almacenamiento de la historia del proceso, sólo limitada por la capacidad del disco duro de la PC.
- ☐ Alta capacidad de tratamiento interno de las variables del proceso (estadísticas y determinísticas).

Ya en 1998 surge la versión 3.0 presentando cambios esenciales:

- ☐ Estaba soportada sobre Windows95 que acababa de llegar al Níquel.
- ☐ Se le incorpora un manejador de RED que facilita la conectividad entre estaciones y un procesamiento distribuido de las variables, eliminándose el servidor aprovechando la facilidad de Windows.
- ☐ La programación es orientada a objetos.
- ☐ Permite la comunicación con autómatas, a través de los cuales comenzaba a controlar y aplicar el mando a distancia desde la computadora.

En el año 2000 surge la versión 4, la cual va a poseer mayor robustez que las anteriores y posee las siguientes mejoras:

- ☐ Está soportado en ambiente Windows95/98/NT/2000 lo cual permite utilizar todas las posibilidades del mismo.
- ☐ La frecuencia de medición de las variables es versátil y amplia por lo que se puede medir con mayor precisión.
- ☐ Los mímicos son configurables por el usuario y usan la herramienta OLE.

Producto de la experiencia y sugerencias en el año 2002 surge la versión 5 con los siguientes cambios:

- ☐ Mejoras sustanciales en la Configuración de la Aplicación.
- ☐ Se introducen los registros internos como un nuevo tipo de variable.
- ☐ Cambio total en el diseño y configuración de los Mímicos.

- ❑ Facilidades para la integración con otras aplicaciones mediante la interfase ErosNet.

Actualmente se trabaja con la versión 5.8 producto de todos los ajustes necesarios, la cual se encuentra instalada en variadas esferas de la economía de nuestro país:

- ❑ MINBAS(Cubaníquel, UNE y Geominera, CUPET)
- ❑ MINAZ
- ❑ MINAL (Sorbetos)
- ❑ CITMA (CENPALAB)
- ❑ MIP (Crianza de camarones y peces)

Actualmente este SCADA posee la estructura siguiente:

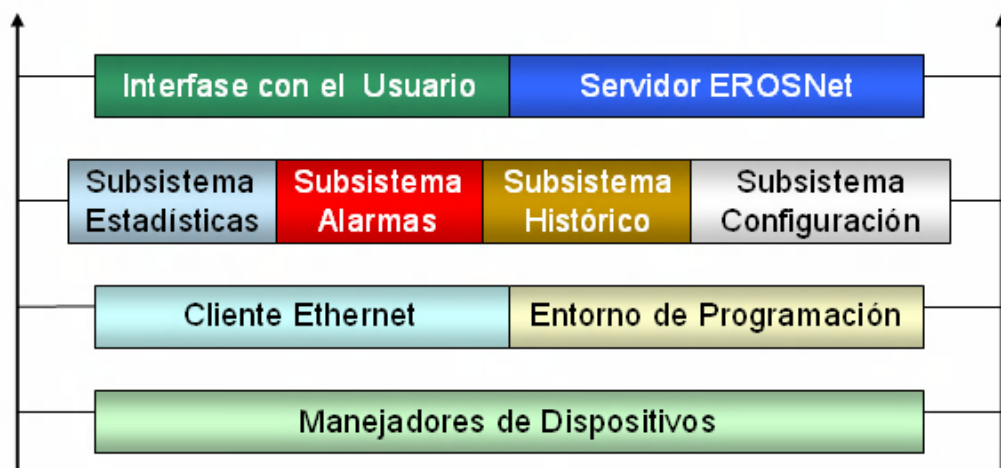


Fig.1.7 Estructura del SCADA EROS.

Como se aprecia, el sistema está organizado en capas. En la capa más cercana al hardware están los manejadores de dispositivos. Los sistemas de Supervisión necesitan comunicarse con autómatas e instrumentos de diversos fabricantes. Para añadir flexibilidad, el EROS interacciona con los dispositivos a través de manejadores o drivers. El objeto final del sistema es mostrar y/o controlar los valores de las mediciones que se realizan por los dispositivos físicos de la red industrial.

Esta información fue tomada del manual de operaciones del sistema de supervisión y control de procesos EROS.

CAPÍTULO 2

Arquitectura del Sistema de Medición propuesto

2.1 Introducción

En este capítulo aparece la estructura del sistema de medición experimental, implementado en el hotel Blau Costa Verde. Se incluyó en este sistema las principales variables del ACS y las de la impulsión de AF para climatización, en específico de la zona habitacional número 6. Se presentan de forma minuciosa los detalles del software de supervisión y sus potencialidades para esta aplicación específica. En el caso del hardware se describen las iteraciones 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 otros hoteles. Se incluye un controlador digital en el supervisor. Este controlador proporcional integral derivativo (PID) permite imponer desde el régimen de caudal variable en la impulsión de AF con la ayuda de un variador de velocidad. 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 Reseña histórica del Sistema Automático de Medición anterior en el hotel

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 del hotel 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.
- ☐ Supervisión cíclica automática.

- ❑ Registro automático de los consumos y parámetros.
- ❑ Supervisión sobre los límites permisibles.

La tecnología instalada en todo el “Hotel Blau Costa Verde” corresponde a unos de los sistemas domóticos de LANDIS & STAefa de SIEMENS. El costo de de esta tecnología fue de aproximadamente **“1000CUC/habitación”**. En la figura 2.1 se puede observar la arquitectura actual de la automática del hotel.

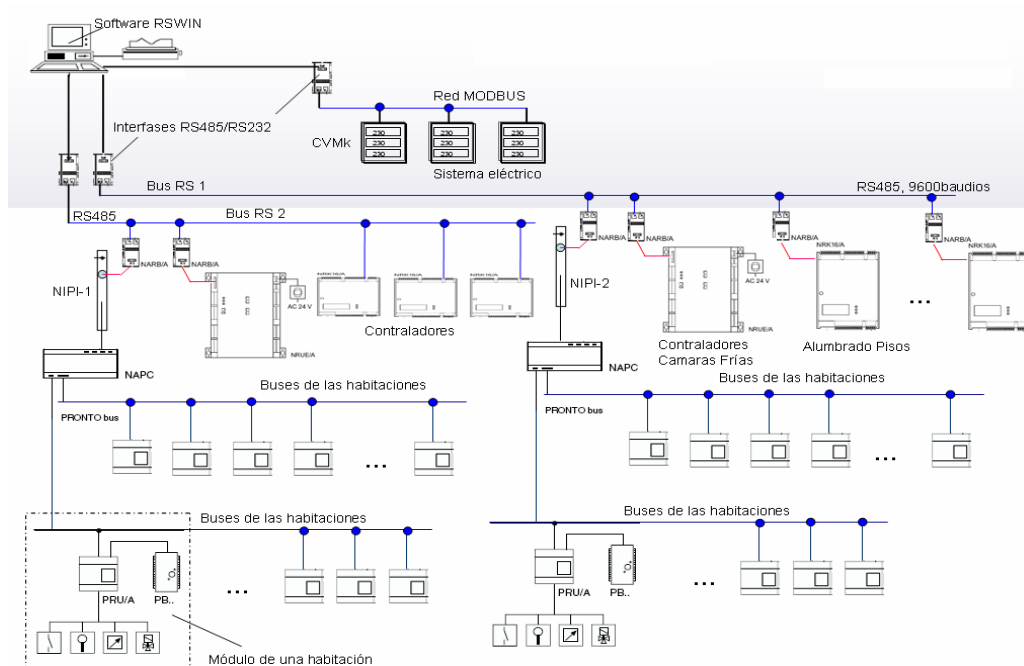


Fig. 2.1 Arquitectura actual de la automática del hotel Blau Costa Verde.

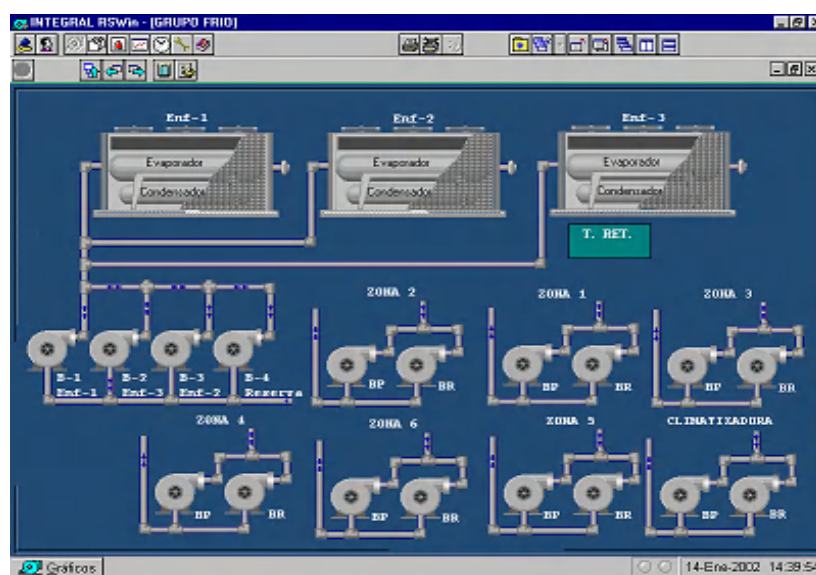


Fig.2.2 Ejemplo de la una ventana del sistema de supervisión anterior.

Antecedentes:

- ☐ Realizado un proyecto “llave en mano” para la automatización del Hotel con la tecnología Landis & Staefa por la firma MICROCLIMA de España.
- ☐ Microclima se retira oficialmente de Cuba y actualmente no posee representaciones comerciales en la Isla.
- ☐ La automática deja de funcionar oficialmente hace un par de años, sólo trabajaban algunas áreas de manera inestable.
- ☐ La dirección de Mantenimiento del Hotel Blau Costa Verde se queda sin la garantía de servicios post venta. Busca soluciones.
- ☐ Algunas empresas de automatización proponen el cambio total de la tecnología por una más moderna y con garantía de repuestos y asistencia técnica.

2.2.1 Problemática

La tecnología Landis & Staefa instalada se encuentra en mal estado técnico, los problemas detectados se centran en:

Las comunicaciones:

- ☐ Solo dos cables del bus RS485 conectados, falta el GROUND.
- ☐ Las interfases RS485/RS232 en mal estado, fallas en la conexión por clavijas, el dispositivo no dispone de señales que indiquen funcionamiento, transmisión, etc.
- ☐ Aterramiento no adecuado. Se requiere un único punto de aterramiento certificado por APCI y que no se mezcla con el aterramiento eléctrico de la instalación.
- ☐ Malas conexiones de los pines en los terminales, regletas y clavijas que posibilitan el falso contacto.

La supervisión:

- ☐ Hardware obsoleto que opera con muchas dificultades (computadora de automática).
- ☐ La tarjeta de comunicaciones empleada no se utiliza en la actualidad en este tipo de aplicaciones.

- ❑ El software RSWIN utilizado como interfase de operación y configuración no nos lleva a las opciones de mantenimiento por lo que no puede ser reparado o actualizado. La [figura 2.2.](#) muestra una imagen del software.
- ❑ Se perdió definitivamente la comunicación entre el software RSWIN, el hardware y los dispositivos de la red.
- ❑ No se dispone de la información necesaria y suficiente para proceder con la reparación del sistema existente.

Las propuestas de soluciones presentadas al hotel por empresas nacionales se enmarcan en dos variantes fundamentales, la variante de rescatar la tecnología actual lo cual implicaría una inversión aproximada de unos **117.2 CUC** por habitación y la variante de sustituir toda la tecnología lo cual implica que el costo de la inversión dependa de los suministros y pudiera oscilar en unos 800,00 y 1000,00 CUC por habitación.

La opinión particular que se presenta en este estudio es que, a partir de la solvencia financiera histórica del hotel, el estudio de las características energéticas de la instalación y el conocimiento de los aspectos específicos de los regímenes operacionales de los diferentes aparatos tecnológicos empleados en la explotación se recomienda iniciar la automatización por partes, haciendo énfasis en la automatización del sistema de CC dónde se decide el 60% del consumo de la energía e invertir en tecnologías como es el caso de la acumulación térmica de hielo que elimina el consumo de las enfriadoras en el horario pico, lo cual representaría una disminución entre el 10 y 15 % aproximadamente de la energía que actualmente se consume. Se recuerda además que con la variación de un grado en los sistemas de climatización se ahorra un 10% de la energía en este equipamiento.

2.3 Nuevos criterios de selección de las variables para la propuesta de medición

Como se expresó anteriormente los SIAF presentes en los hoteles cubanos se realizan preferentemente a caudal constante. Se conoce que es importante una generalización en el sentido de implementar variadores de velocidad en este accionamiento, no obstante las pocas aplicaciones que existen en Cuba no han sido estudiadas a profundidad.

Dada la complejidad termohidráulica de este sistema se hace necesario en la impulsión de AF conocer en lo fundamental los siguientes elementos:

- ☐ La ganancia de calor de la sustancia de trabajo (AF) para las distintas condiciones de operación del edificio.
- ☐ La variación de la impedancia hidráulica de red en malla que suministra el AF hacia la convección forzada en los fancoil.
- ☐ El comportamiento de la temperatura ambiente como principal perturbación en los procesos de carácter térmicos que ocurren en los espacios de climatización.

Se hace difícil una vez que los sistemas a caudal variable estén diseñados, cambiar los parámetros de las variables de consigna de la presión de impulsión, la cual tiene estrecha relación con el caudal y la energía que demanda el sistema. *Es por ello que constituye una pretensión de este trabajo manipular desde el computador los regímenes de operación de la bomba impulsora en correspondencia con los resultados futuros de investigaciones entorno a estos sistemas.*

Los trabajos precedentes indican que existen interacciones entre las variables y otras incidencias que mediante el conocimiento de sus influencias se pueden proponer operaciones más racionales de estos sistemas.

Para el caso de impulsión de AC se observan una variedad de criterios en cuanto a la automatización. Esto implica que el control de temperatura del ACS, en muchos casos se realiza tomando como referencia las temperaturas de envío, en otros hoteles se realiza teniendo en cuenta la temperatura en los tanques de almacenamiento y otras variantes se rigen por la temperatura de CPAC.

Por lo general las variables que van a la automática en relación ACS son las temperatura de envío, la temperatura de retorno y la temperatura en el CPAC. Se miden puntualmente las temperaturas y presiones de entrada y salida en los intercambiadores de calor de placas y en los tanques de almacenamiento presurizados.

Como no se incorporan tampoco a la automatización estas variables mencionadas anteriormente y otras como presiones y caudales en los circuitos de impulsión de AC

(primario, secundario y recirculación) es imposible evaluar online la eficiencia de intercambio térmico en condensadores, enfriadoras, intercambiadores de calor de placas, red distribuida de agua, y la eficiencia de calentamiento de apoyo.

2.4 Características de las variables seleccionadas

Las variables que caracterizan en su totalidad los procesos termohidráulicos presentes en los SIAF y AC en hoteles con CC se relacionan a continuación en la tabla 2.1:

Tabla 2.1. Principales variables presentes en los sistemas de impulsión de la climatización centralizada

Nº	Nombre de la variable	Símbolo	Unidad
1	Caudal de envío del circuito secundario de agua fría	Q_{ecsaf}	°C
2	Presión de envío del circuito secundario de agua fría	p_{ecsaf}	bar
3	Temperatura de envío del circuito secundario de agua fría	T_{ecsaf}	°C
4	Temperatura de retorno del circuito secundario de agua fría	T_{rcsaf}	°C
5	Presión de retorno del circuito secundario de agua fría	p_{rcsaf}	bar
6	Frecuencia del variador en el circuito secundario de agua fría	f_{csaf}	hz
7	Temperatura ambiente	T_{amb}	°C
8	Potencia del accionamiento de agua fría	P_{accsf}	W
9	Temperatura de envío del circuito primario de agua caliente	T_{ecpac}	°C
10	Temperatura de retorno del circuito primario de agua caliente	T_{rcpac}	°C
11	Temperatura de envío del circuito secundario de agua caliente	T_{ecsac}	°C
12	Temperatura de retorno del circuito secundario de agua caliente	T_{rcsac}	°C
13	Temperatura de envío de agua caliente	T_{eac}	°C
14	Temperatura del agua a temperatura ambiente	T_{ata}	°C
15	Caudal del circuito primario de agua caliente	Q_{cpac}	m ³ /h
16	Caudal del circuito secundario de agua caliente	Q_{csac}	m ³ /h
17	Caudal del agua a temperatura ambiente	Q_{ata}	m ³ /h
18	Caudal de envío del agua caliente	Q_{eac}	m ³ /h
19	Temperatura de retorno de agua caliente	T_{rac}	°C

Caudal de envío del CSAF: El conocimiento del caudal de AF que se maneja en los circuitos secundarios es de vital importancia para conocer cual es la masa de agua que se encarga de absorber todo el calor contenido en los espacios térmicos (habitaciones). En el caso de los sistemas que tienen variadores de velocidad este caudal total se

distribuye por toda la batería de los fancoil. El valor puntual del caudal depende fundamentalmente de las disímiles combinaciones que se logran al conectarse y desconectarse la climatización de las habitaciones. Esta variable también está en función del valor de set point de la presión del CSAF que se prefija en el sistema. El rango en que se mueve esta variable está entre 0-42 m³/h.

Presión de envío del CSAF: Esta presión es una manifestación de la variación de impedancia de la red como consecuencia de la conexión y desconexión de los fancoil de las habitaciones. Cuando el sistema trabaja a lazo cerrado las pequeñas variaciones con respecto al set point dependen del controlador que manipula esta variable. No siempre la presión a lazo cerrado es la más racional. En caso del sistema estar trabajando a lazo abierto esta presión se vuelve muy cambiante durante todo el día y esta en dependencia de la ocupación instantánea y el uso de los fancoil. El rango en que se mueve esta variable está entre 2-8 kgf/cm². El set point es 5 kgf/cm².

Temperatura de envío del CSAF: Esta temperatura se puede considerar como una variable de entrada al sistema, aunque también puede considerarse como perturbación pues depende en primer lugar de los parámetros de explotación de las enfriadoras y además del intercambio de fluidos que sucede en el colector. Desde este colector se succiona el agua de envío, a él llegan los caudales de retorno de las zonas habitacionales y además se succiona el agua de circuito primario de agua fría (CPAF). El rango en que se mueve esta variable está entre 5-10 °C.

Temperatura de retorno del CSAF: Esta variable depende fundamentalmente del intercambio térmico que haya tenido el fluido durante su paso a través de la red hidráulica. Esta variable no solo está influenciada por la convección forzada que ocurre en los fancoil sino que también por todos los procesos de transferencia de calor que ocurren a lo largo de la red hidráulica. A pesar que la red hidráulica tiene aislamiento térmico siempre existe un flujo que atraviesa de forma unidireccional hacia el agua y en este proceso está implícito la transferencia de calor por radiación de convección en lo fundamental. El rango en que se mueve esta variable está entre 8-25 °C.

Presión de retorno del SIAF: La presión de retorno es una manifestación del equilibrio hidráulico de la red, además expresa la energía que ha perdido el fluido desde su impulsión hasta el punto donde culmina la red. El rango en que se mueve esta variable está entre 0-1 kgf/cm².

Frecuencia del variador en el CSAF: Como se conoce los variadores de velocidad varían la frecuencia y la tensión para entregar una potencia acorde con el mecanismo al que están instalados. En este caso la frecuencia tiene una relación lineal con el caudal y a su vez es la variable manipulada, tomando como referencia la presión de descarga del sistema. El rango en que se mueve esta variable está entre 0-60 hz.

Temperatura ambiente: Esta variable es considerada por varios autores como la principal perturbación en los sistemas de climatización. A medida que se conozca mejor su comportamiento en el lugar específico que se encuentra la instalación, se podrá determinar con mayor precisión su influencia. El rango en que se mueve esta variable está entre 10-35 °C.

Potencia activa del accionamiento de AF: La potencia que demanda el conjunto motor - bomba es la variable dependiente más significativa pues la eficiencia de la instalación depende que se cumpla los parámetros de confort con los menores consumos energéticos posibles. Esta variable es la información primaria que permite relacionar las operaciones con los costos de explotación. El rango en que se mueve esta variable está entre 0-12.5 kW.

Temperatura de envío del CPAC: Esta temperatura permite conocer los parámetros que tiene el agua que va a intercambiar calor en los condensadores y a la vez es una manifestación del calor que se ha cedido en el intercambiador de placa. El rango en que se mueve esta variable está entre 45-55 °C.

Temperatura de retorno del CPAC: Esta variable refleja en comparación con la anterior la ganancia de calor que ha sufrido el agua que circula en los intercambiadores al mismo tiempo constituye las entradas del fluido caliente en los intercambiadores de calor de placa. El rango en que se mueve esta variable está entre 55-65 °C.

Temperatura de envío del CSAC: Esta temperatura corresponde al agua que va a intercambiar calor como fluido frío y a la vez esta afectada por la cantidad de agua que retorna del sistema y de la cantidad de ATA que se resarce. El rango en que se mueve esta variable está entre 45-60 °C.

Temperatura de retorno del CSAC: Con el valor de esta magnitud se puede conocer en comparación con la anterior la ganancia de calor que es producido en el CSAC. El rango en que se mueve esta variable está entre 35-45 °C.

Temperatura de envío de AC: Esta temperatura es la más importante del sistema de AC ya que, el agua que se suministra a los clientes exige que sea mayor que 50 °C con lo cual se evitan los problemas de proliferación de la bacteria legionela la cual afecta el sistema respiratorio humano. Esta bacteria se desarrolla entre los 40 y 50 °C. El rango en que se mueve esta variable está entre 48-55 °C.

Temperatura del ATA: Esta temperatura se corresponde con el agua que se resarce al sistema de AC la cual es proporcional a la que se consume. Por lo general no tiene una temperatura constante sino que su valor depende de la temperatura ambiente y de la temperatura de los depósitos de suministro. Su comportamiento incide en los procesos de transferencia de calor en el CSAC. El rango en que se mueve esta variable está entre 15-25 °C.

Caudal del CPAC: Su conocimiento permite saber la masa de agua que intercambia calor en los condensadores de las enfriadoras que es el mismo caudal que pasa por el lado del fluido caliente de los intercambiadores de calor de placas. Este caudal es de gran importancia debido a que los procesos de transferencia de calor no solo dependen de las temperaturas sino que también del flujo. No siempre en los sistemas de climatización centralizados funcionan todas las enfriadoras a la vez, sin embargo existe un flujo de agua constante que circula por los condensadores independientemente si están trabajando o no. Esto trae como consecuencia el deterioro primario de los mismos. En los condensadores varía la capacidad de absorber calor y en esto no solo influye la temperatura que alcanza el gas refrigerante después de pasar por el

compresor sino que además influye el caudal de agua prefijado. Un caudal constante en estos circuitos no garantiza la máxima transferencia de calor en los condensadores ni en los intercambiadores de calor de placas.

Caudal del CSAC: Este caudal se puede conjugar con el caudal del circuito primario lográndose un mayor intercambio térmico en el que por supuesto se debe tener en cuenta tanto la temperatura de fluido caliente como el del fluido frío en el intercambiador de calor de placas.

Caudal del ATA: El agua a temperatura ambiente que se incorpora al sistema de ACS es proporcional al AC que se consume, la misma llega a una presión determinada desde la fuente de abasto y esa misma presión es la que introduce al sistema mediante presiones diferenciales que se crean y que permiten establecer la dirección y presión del fluido del agua de suministro del hotel

Caudal de envío del AC: No solo depende de la impulsión que aporta el CSAC sino además depende de regímenes de recirculación que se impone a la bomba y de los niveles de consumo totales de AC.

Temperatura de retorno de AC: Esta temperatura no solo está influenciada por las pérdidas de calor que influyen en el agua a través del intercambio térmico que se produce en las redes ramificadas. En este intercambio térmico también incide la temperatura ambiente y el estado técnico del aislamiento. El rango en que se mueve esta variable está entre 40-50 °C.

2.5 Estructura del hardware.

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 permitieron. Se recuerda que este sistema es de operación continua por lo tanto implica dificultades para el montaje físico de los elementos. Concretamente se desea medir las variables termohidráulicas de una sección de bombeo del CSAF y de las variables fundamentales de sistemas de ACS. Además de la medición de las variables se incorpora un controlador PID en el autómata

al cual se le pueden cambiar sus parámetros desde la computadora donde está instalado el programa supervisor. En la figura 2.3 se aprecia el diagrama de bloques de la aplicación.

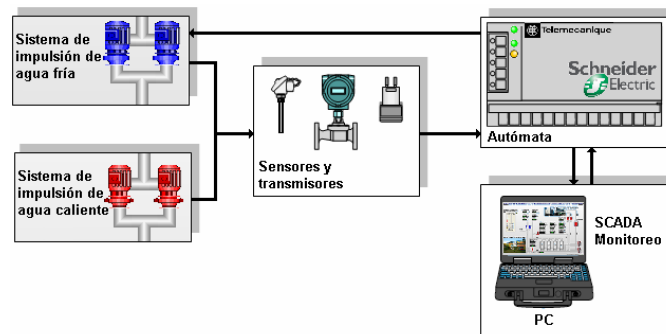


Fig.2.3 Diagrama en bloques del hardware

El sistema está compuesto por un dispositivo controlador Modicon 171 CCS 760 00 de la firma TELEMECANIQUE Schneider Electric; termoresistencias PT-100 y convertidores SITRANS K para las mediciones de temperaturas; transmisores de presión absoluta y diferencial SITRANS P. Todos estos transmisores y sensores pertenecientes a la firma SIEMENS. Las mediciones tomadas por el sistema serán monitoreadas por el SCADA EROS. Este sistema mide las variables antes definidas y automatizara mediante un lazo de control de presión y un variador de velocidad la impulsión de AF en la zona # 6 en la CC del hotel Blau Costa Verde.

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

- ☐ Cableado de las señales a medir y controlar.
- ☐ Montaje del armario del automático.
- ☐ Montaje y alambraje de los instrumentos de medición.
- ☐ Montaje y alambraje del automático Modicon.
- ☐ Comprobación del alambraje.
- ☐ Conexión de los dispositivos de comunicación del automático con la PC.
- ☐ Instalación de la PC y de la aplicación diseñada con el SCADA.
- ☐ Comprobación del lazo de control PID desde el computador.

2.5.1 Autómata utilizado

El autómata utilizado en esta aplicación es el Momentum de la firma Schneider Electric. Los productos Momentum son modulares. Para que una base de entradas/salidas sea funcional es preciso que esté equipada con un módulo de comunicación o un módulo procesador. Los módulos de comunicación y los módulos procesadores Momentum están diseñados para funcionar como módulos funcionales cuando están montados sobre una base de entradas/salidas Momentum. Estas bases gestionan los datos procedentes de los sensores de campo y controlan los accionadores analógicos.

Este autómata incluye 4 componentes básicos fáciles de encajar en distintas posibilidades para formar o no automatismos descentralizados.

Los 4 componentes son los siguientes:

- ☐ Bases de entradas/salidas.
- ☐ Módulos de comunicación.
- ☐ Módulos de procesador.
- ☐ Módulos opcionales.

Base de entrada analógica 170 AAI 140 00

La base de entrada analógica (ver figura 2.4) 170 AAI 140 00 cuenta con 16 canales de entrada analógicos asimétricos no aislados, y puede utilizarse en aplicaciones de vigilancia, medición y control de procesos continuos. La base también cuenta con detección de cables cortados.

La parte frontal de las bases de entradas/salidas 170 AAI 140 000 incluye:

1. Un conector de interfase interno para el módulo de comunicación o el módulo procesador.
2. Un contacto de enclavamiento y de tierra para el módulo de comunicación o el módulo procesador.
3. Pilotos de señalización del estado (la cantidad depende del número de vías).
4. Tres conectores para los borneros desenchufables.
5. Un tornillo de conexión a tierra.
6. Un emplazamiento para la barra de potencial.
7. Dos taladros de fijación para montaje sobre panel.

Características del módulo.

- ☐ Tipo de módulo: 16 Entradas Analógicas.
- ☐ Rango de tensión de entrada $\pm 10\text{ V}$, $\pm 5\text{ V}$.
- ☐ Corriente de entrada 4... 20 mA.

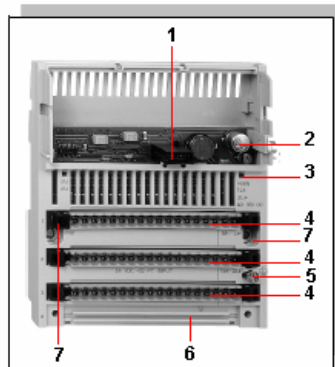


Fig.2.4 Base de entradas analógicas 170 AAI 140 00

Módulo de comunicación 170 INT 110 00

El módulo de comunicación (ver figura 2.5) Interbus-S 170 INT 110 00, montado sobre la base de entradas/salidas Momentum constituye un conjunto funcional de entradas/salidas que se conectan directamente al bus InterBus-S. Esta conexión permite integrar las entradas/salidas Momentum en cualquier arquitectura InterBus-S compuesta por autómatas programables, puestos de control o de supervisión, terminales compatibles PC, variadores y otros equipos.

Cada módulo de entradas/salidas representa un nodo en el bus InterBus cuya dirección se define por la posición física en la red o mediante software. InterBus permite distribuir los módulos de entradas/salidas en distancias largas que pueden llegar a alcanzar hasta 12,6 km con un máximo de 256 equipos o módulos de entradas/salidas conectados mediante un par de cables trenzados:

1. Conector InterBus-S.
2. Emplazamiento para una etiqueta de identificación (suministrada con cada base de entradas/salidas).
3. Pilotos de señalización de estado:
 - ☐ Piloto BA (verde), actividad del bus.
 - ☐ Piloto RC (verde), estado del bus entre estaciones.

- ❑ Piloto RD (rojo), bus entre estaciones inactivo.

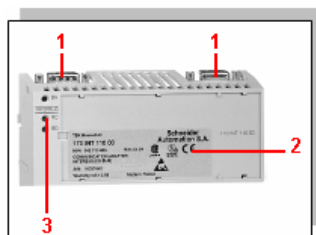


Fig.2.5 Módulo de comunicación 170 INT 110 00

Módulo de procesadores M1 171 CCS 760 00

El módulo procesador trata de una forma rápida e independiente las operaciones lógicas, controla sus propias entradas/salidas locales y se comunica con otras entidades a través de uno de los módulos opcionales de comunicación Momentum (ver figura 2.6). El módulo procesador transforma una base estándar de entradas/salidas en un autómata PID o en un resolver lógico de gran velocidad. Los módulos procesadores M1 están concebidos para ser montados de forma autónoma sobre una base de entradas/ salidas única, según el tipo, aceptan entradas/salidas a distancia a través del Puerto Bus.

1. Conector RJ45 para conexión Modbus o Ethernet.
2. Conector SUB-D hembra 9 puntos para conexión Modbus o bus de entradas/salidas (según modelo).
3. Pilotos de señalización (LED).
4. Etiqueta de identificación.

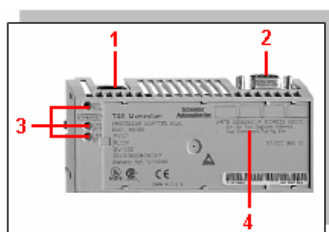


Fig.2.6 Módulo de procesadores M1 171 CCS 760 00

Módulos opcionales

Cada módulo opcional Momentum, montado entre bases de entradas/salidas y el procesador M1, puede utilizarse para mejorar las capacidades de comunicación de los

módulos procesadores. Los módulos opcionales permiten introducir en red los controladores lógicos para constituir un subsistema inteligente en el cuadro de una aplicación más importante; asimismo, es posible hacer una red autónoma compuesta por autómatas locales con entradas/salidas remotas.

Los módulos opcionales disponen de un reloj calendario integrado para la aplicación residente en el módulo procesador (ver figura 2.7). El reloj calendario sirve para programar los sucesos y poner fecha a las operaciones y las exigencias de interfase operador. Además, cada módulo opcional contiene una pila de seguridad que contiene la aplicación y sus variables en caso de pérdida de alimentación en el módulo procesador. El fácil acceso al módulo opcional mediante una puerta lateral permite reemplazar rápidamente las dos pilas de tipo AAA:

1. Conector(es) tipo SUB-D 9 contactos para comunicar con Modbus Plus.
2. Alojamiento para pilas de seguridad (programa y datos de procesador M1).
3. Pilotos de señalización (LED).
4. Interruptores para direcciones Modbus Plus.

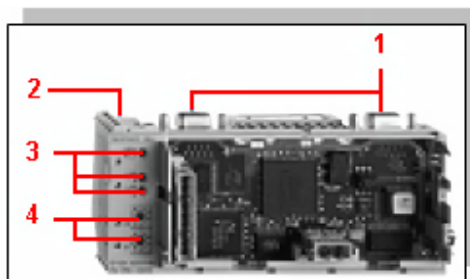


Fig.2.7 Módulos opcionales

Esta información mencionada anteriormente fue consultada en la ayuda del sistema de programación Concept versión 2.2 y los catálogos para este autómata Modicon TSX Momentum Plataforma de Automatización Schneider Electric España, S.A. y TSX Momentum I/O Base User Guide Schneider Electric España, S.A.

A continuación se muestra una imagen del autómata instalado en el hotel:

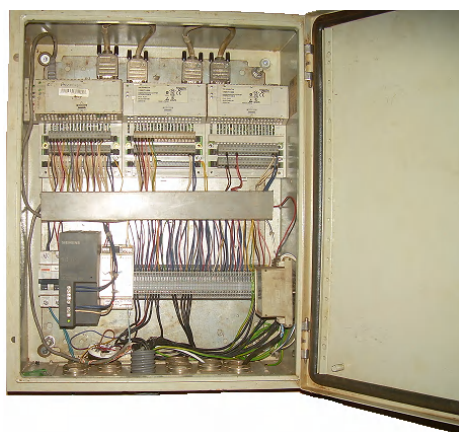


Fig.2.8 *Autómata emplazado en el lugar.*

Para realizar la automatización del proceso de adquisición de los datos y las señales de respuestas (salidas analógicas), fue necesario programar el autómata **MODICON** con el sistema de programación **Concept V 2.2**. Con este software se prefijaron todas las variables de entradas y salidas y se diseñó el lazo de control PID para imponer el valor de set point en la presión de envío de AF. Esto brinda una potencialidad de explorar las respuestas del sistema ante diferentes situaciones de explotación.

2.5.2 Configuración en el Software de programación del Hardware

Software de programación Concept versión 2.2 S SR2 copyright 1995-1999, Schneider Automation GMBH permitió 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 autómata.*

Nº	Descripción	Identificador
1	Temperatura de envío	TempEnvio
2	Temperatura de retorno	TempRetorno
3	Temperatura ambiente	TempAmb
4	Temperatura circuito primario H ₂ O caliente de envío	TempCirPrim H ₂ O CalEnv
5	Temperatura circuito primario H ₂ O caliente de salida	TempCirPrim H ₂ O CalSal
6	Temperatura circuito secundario H ₂ O caliente de envío	TempCirSec H ₂ O CalEnv
7	Temperatura circuito secundario H ₂ O caliente de salida	TempCirSec H ₂ O CalSal
8	Temperatura envío H ₂ O caliente	TempEnv H ₂ O Cal
9	Temperatura H ₂ O temperatura ambiente	Temp H ₂ O TemAmb
10	Temperatura de retorno H ₂ O caliente	TempRetor H ₂ O Cal
11	Presión de envío de H ₂ O fría	PresEnvio H ₂ O Fria
12	Presión de retorno de H ₂ O fría	PresRetor H ₂ O Fria

13	Presión de envío de H ₂ O caliente	PresEnv H ₂ O Cal
14	Presión Dif Circ primario y secundario de H ₂ O caliente	PresDifCirPrimSal H ₂ O Cal
15	Caudal de H ₂ O fría de envío	Caudal H ₂ O FriaEnv
16	Caudal de H ₂ O temperatura ambiente	Caudal H ₂ O TempAmb
17	Caudal de envío H ₂ O caliente	CaudalEnvio H ₂ O Cal
18	Caudal Circuito primario H ₂ O caliente	CaudalCirPrim H ₂ O Cal
19	Caudal Circuito Secundario H ₂ O caliente	CaudalCirSec H ₂ O Cal

Tabla.2.3. Salidas Analógicas en el autómata.

Nº	Descripción	Identificador
1	Salida De control 4-20mA	SalidaControl4_20mA
2	Salida De control 0-10V	SalidaControl0_10V

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 Concept 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 interfases standard.

Selección de un procesador M1

Para emprender este proyecto fue necesario elaborar una aplicación en el software Concept para el manejo del autómata a utilizar. Para esto se creó un fichero mediante las opciones del mismo **Fichero- Nuevo proyecto** y después se seleccionó en **configurador de proyectos**. Al seleccionar estas opciones aparece una ventana de indicación como se muestra en la figura 2.9 que brinda un panorama general de los elementos de configuración. Seleccionando la opción **configurar** del menú principal y la opción **Tipo de PLC** del menú desplegable. Aparecerá la ventana Selección de PLC donde se definió el PLC a utilizar para esta aplicación. El controlador empleado para esta aplicación es de la familia MOMENTUM.

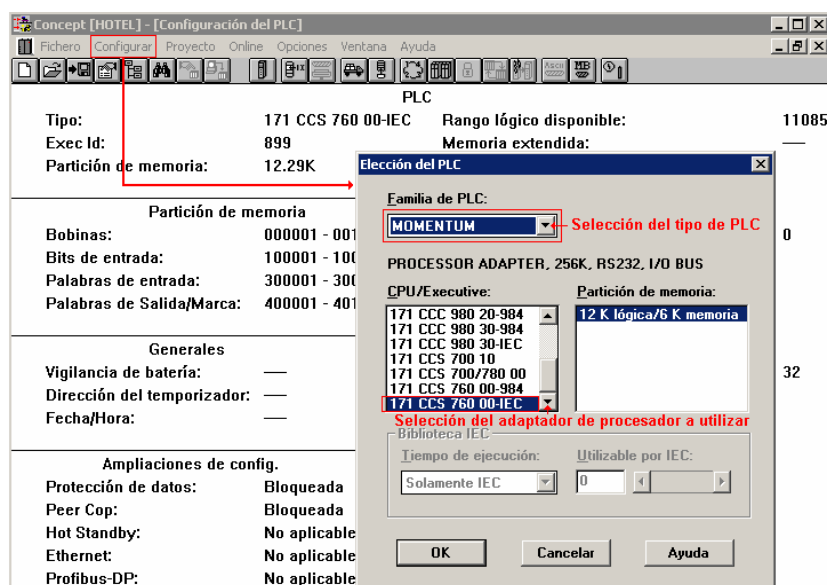


Fig.2.9 Selección del procesador a utilizar

El software posee los datos del tipo de controlador de lógica programable, del tamaño de memoria del tipo seleccionado. Estos números se refieren a la cantidad de memoria de usuario del controlador de lógica programable. La memoria de usuario es la parte de la memoria RAM en la que se almacenan los diagnósticos de suma de verificación, valores de configuración, datos de mapa de E/S, programas cargables, la tabla de bloques STAT y el programa de la aplicación de usuario.

Mapa de entradas y salidas E/S

Mediante la opción **configurar** del menú principal (ver figura 2.10) se obtiene acceso a la pantalla Mapa de E/S. Aparecerá un cuadro de diálogo Mapa de E/S. El rótulo del campo Tipo de la pantalla lo identifica como Tipo:

E/S MOMENTUM. Esta pantalla siempre se utiliza para asignar la E/S sólo a la base de E/S local. No es posible asignar la E/S de ninguna otra base de E/S en esta primera pantalla.

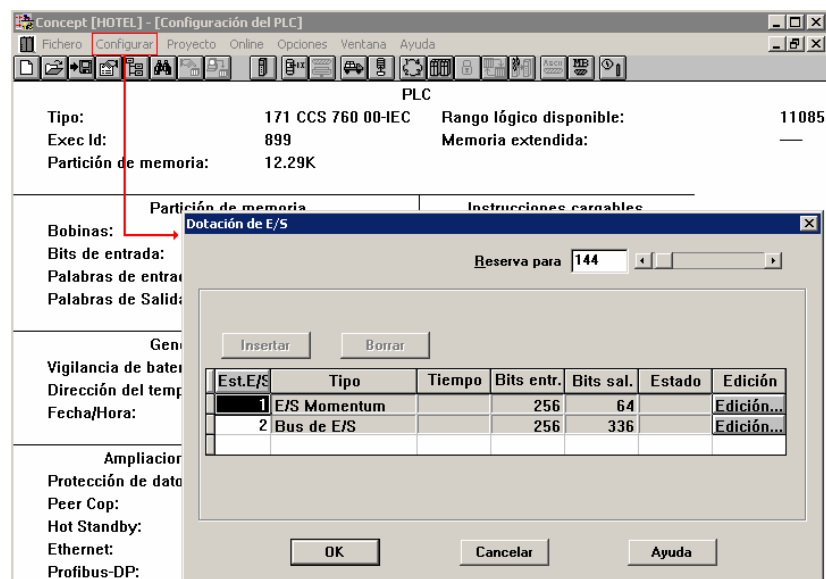


Fig.2.10 Configuración del mapa E/S

Los puntos de E/S locales son aquellos que residen en la base de E/S sobre la que se monta el adaptador de procesador M1. Como parte del proceso de configuración, se creo un mapa de E/S para la E/S local. El mapa de E/S asigna el rango y tipo de valor de referencia correspondiente (0x, 1x, 3x o 4x) del RAM de estado de la CPU a los puntos de entrada y/o salida de la base local.

Declaración de variables.

Mediante la opción **proyecto** del menú principal o simplemente por el icono que se muestra en la figura 2.11 se accede a la ventana de declaración de variables donde las variables a medir son configuradas dentro del software en un editor de variables en forma de tabla. El editor de variables presenta un determinado número de campos para introducir:

- ☐ El nombre simbólico (como se conoce la variable en el Concept)
- ☐ El tipo de datos (si es una variable o una constante).
- ☐ La dirección directa (es la dirección del canal autorizado en el autómata).
- ☐ El comentario (breve características técnicas de la variable).
- ☐ La identificación como variable de Interfase Hombre/Máquina (IHM), para los intercambios de datos.

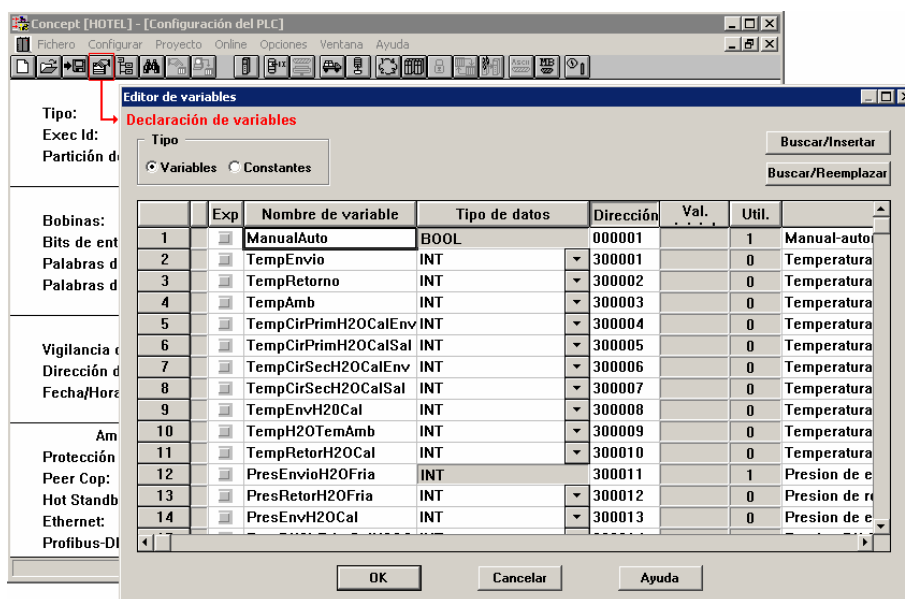


Fig.2.11 Declaración de variables

Programación del lazo de control

Para el desarrollo del lazo de control se programó en el Concept con el tipo de lenguaje de bloques funcionales (FBD). El lenguaje de bloques funcionales, contemplado por la norma IEC 1131-3, corresponde a una combinación de funciones elementales, bloques funcionales elementales (EFB) y bloques funcionales derivados (las siglas FFB designan indistintamente a los tres tipos de bloques) asociados a variables en una sección FBD. Tanto los FFB como las variables se pueden comentar y se puede insertar texto libremente en el gráfico. Numerosos FFB ofrecen la posibilidad de ampliar el número de entradas.

Mediante la opción del menú principal fichero-nueva sección se accede a la ventana que posibilita seleccionar el lenguaje de programación (ver figura 2.12), el espacio de trabajo y asignarle un nombre a nuestro programa (Lazo).

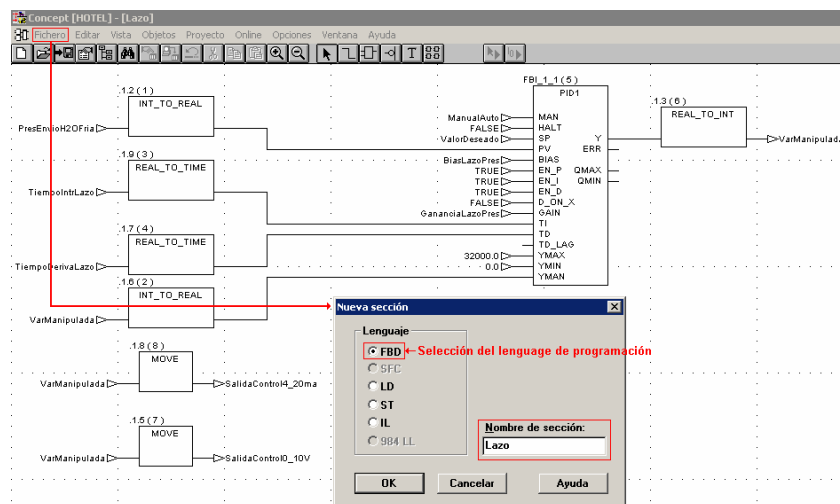


Fig.2.12 Lenguaje de programación utilizado

Se diseñó el lazo de control PID para mantener el valor de set point seleccionado de la presión de envío de AF. Este lazo de control tiene la bondad de prefijar cualquier valor de presión, en el rango permitido por la instalación real. Esto favorece la experimentación en el sistema.

Conexión con el PLC.

Con la opción **online** del menú principal se accede a la ventana que posibilita realizar la conexión con el PLC (ver figura 2.13) y cargarle los datos en memoria. Se le define el tipo de protocolo a utilizar para la comunicación con los instrumentos y el SCADA y se ajustó el mismo definiendo el puerto de comunicaciones por el cual se ejecutarán las acciones (COM 1) y la modalidad unidad remota (RTU). Ya de esta forma queda el PLC listo para operar.

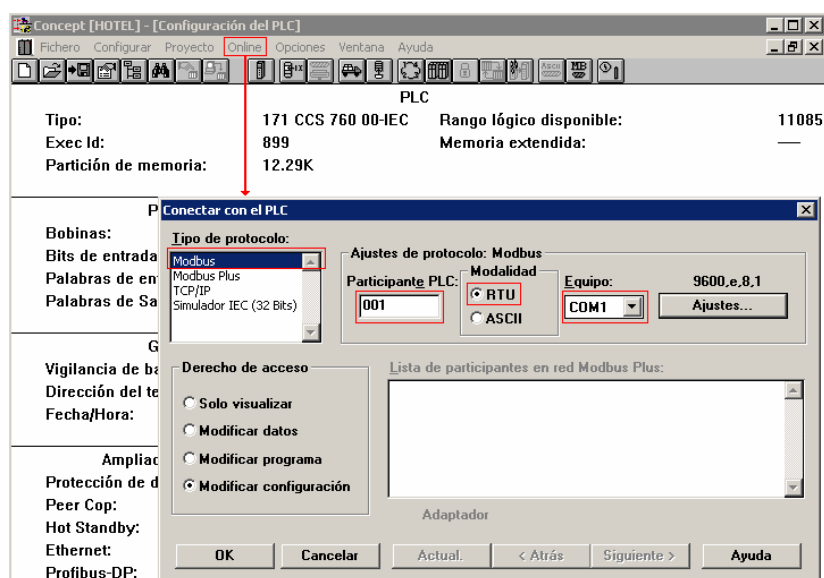


Fig.2.13 Conexión con el PLC

Para comenzar la instalación del sistema fue 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.

Tabla.2.4. Características de las mediciones de entradas analógicas.

CANAL	ÁREA	TIPO	NÚMERO	TAG N°	VARIABLE	Sensor
1	AF	IT	M1- 5-6	AF-IT-5.6	TempEnvío	Termoresistencia
2	AF	IT	M1- 11-12	AF-IT-11.12	TempRetorno	Termoresistencia
3	AF	IT	B-N	AF-IT-B.N	TempAmb	Termoresistencia
4	AC	IT	M1- 15-16	AC-IT-15.16	TempCirPrim H ₂ O CalEnv	Termoresistencia
5	AC	IT	M1- 13-14	AC-IT-13.14	TempCirPrim H ₂ O CalSal	Termoresistencia
6	AC	IT	M1- 17-18	AC-IT-17.18	TempCirSec H ₂ O CalEnv	Termoresistencia
7	AC	IT	M1- 19-20	AC-IT-19.20	TempCirSec H ₂ O CalSal	Termoresistencia
8	AC	IT	M1- 9-10	AC-IT-9.10	TempEnv H ₂ O Cal	Termoresistencia
9	AC	IT	M1- 21-22	AC-IT-21.22	Temp H ₂ O TemAmb	Termoresistencia
10	AC	IT	M1- 7-8	AC-IT-7.8	TempRetor H ₂ O Cal	Termoresistencia
11	AF	PT	M1- 3-4	AF-PT-3.4	PresEnvío H ₂ O Fria	Presión absoluta
12	AF	PT	M2-1-2	AF-PT-1.2	PresRetor H ₂ O Fria	Presión absoluta
13	AC	PT	M2-7-8	AC-PT-7.8	PresEnv H ₂ O Cal	Presión absoluta
14	AC	PT	M2-13-14	AC-PT-13.14	PresDifCirPrimSal H ₂ O Cal	Presión diferencial
15	AF	FIT	M2-5-6	AF-FIT-5.6	Caudal H ₂ O FriaEnv	Presión diferencial
16	AC	FIT	M2-15-16	AC-FIT-15.16	Caudal H ₂ O TempAmb	Presión diferencial
17	AC	FIT	M2-11-12	AC-FIT-11.12	CaudalEnvío H ₂ O Cal	Presión diferencial
18	AC	FIT	M2-3-4	AC-FIT-3.4	CaudalCirPrim H ₂ O Cal	Presión diferencial
19	AC	FIT	M2-9-10	AC-FIT-9.10	CaudalCirSec H ₂ O Cal	Presión diferencial

Tabla.2.5 .Característica de la salida analógica.

CANAL	ÁREA	TIPO	NÚMERO	TAG N°	VARIABLE	Sensor
3	AF	V V	M1-1-2	AF-V V-1.2	Salida Control 0_10V	Altivar 28

AF: Sistema de impulsión de agua fría.

AC: Sistema de impulsión de agua caliente.

M1: Multivia número 1.

M2: Multivia número 2.

IT: Transmisor de temperatura.

PT: Transmisor de presión.

FIT: Transmisor de flujo.

VV: Variador de velocidad.

TAG: Etiqueta.

El autómatas TSX Momentum instalado en el Hotel Blau Costa Verde consta con 3 módulos. El primero y el segundo son de entradas analógicas, cada uno de 16 canales y un tercero para salidas analógicas con 16 canales.

En el primer módulo se encuentran cableados los 16 canales con sus variables correspondientes, los canales 17 y 18 son para la alimentación, esto también es válido para todos los módulos. En el segundo sólo se utilizaron 3 canales (1, 2, 3).

El tercer módulo se utilizó para la salida analógica de 0-10V para el control del variador de velocidad. El variador Altivar 28 consta con un potenciómetro que permite realizar de forma manual la regulación de frecuencia al motor. Esta salida de 0-10V fue conectada en los puntos COM y A1, en la tabla 2.6 se muestra las características de los bornes anteriormente mencionados. De las entradas de conexión de señales del variador de velocidad sustituyendo las funciones del potenciómetro. De esta forma se logró sustituir el controlador interno del variador de velocidad por el diseñado en el supervisor del sistema como muestra la siguiente figura.

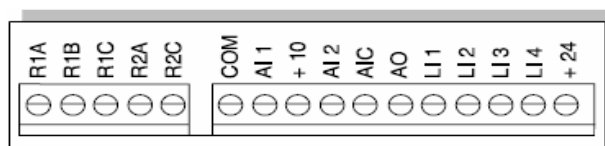


Fig.2.14. Bornes de control del variador

Tabla.2.6. Definición de los bornes de conexión en el variador

Bornes	Función	Características Eléctricas
COM	Común de las entradas/salidas	
AI 1	Entrada analógica en tensión	<p>Entrada analógica 0 + 10 V (tensión máxima para evitar la destrucción 30 V / tensión mínima para evitar la destrucción -0,6 V).</p> <ul style="list-style-type: none"> • impedancia 30 kΩ • resolución 0,01 V, convertidor 10 bits • precisión $\pm 4,3\%$ y linealidad $\pm 0,2\%$ del valor máximo • tiempo de adquisición 5 ms máximo

Las señales provenientes de los instrumentos de medición que se encuentran emplazados en el campo llegan a los bornes de conexión dónde este está enumerado, todos los números impares están puenteados y alimentados por el positivo de la fuente y los pares son conectados a los módulos según el canal correspondiente y la variable ([ver Anexo 1](#)).

La información suministrada por los sensores es tomada por los convertidores transformándola en una señal de corriente de 4-20 mA que es la que llega al autómatas para ser medida como muestra la figura 2.15.

El autómatas, conectado a la computadora mediante un bus, envía las mediciones de las señales las cuales son registradas y monitoreadas por el SCADA instalado para esta función.

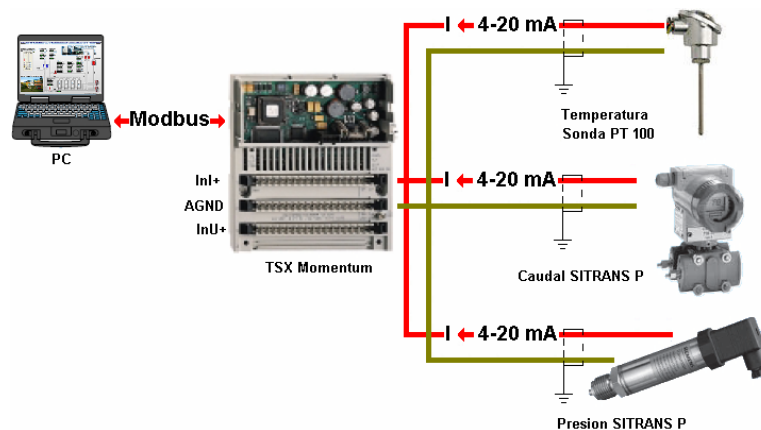


Fig.2.15. Comunicación y formato de las señales.

El adaptador de procesador 171 CCS 760 00 suministra funciones de maestro I/OBus en forma de un sólo conector en D de 9 contactos hembras. La CPU principal intercambia datos con el maestro I/OBus una vez por ciclo lógico. I/OBus permite a la CPU asumir funciones de maestro de bus, hasta 256 dispositivos esclavos a través de un cable Interbus.

Método de funcionamiento:

I/OBus funciona como anillo lógico, es decir que el maestro envía las señales a través de un cable de bus remoto a cada dispositivo esclavo en serie. Los esclavos devuelven señales al maestro a través del mismo cable. El aspecto físico del bus es similar a un árbol con el maestro en la copa y los esclavos distribuidos a lo largo del tronco. I/OBus funciona como un registro de desplazamiento lógico. Todo el flujo de datos de la aplicación, originados en el maestro, se transfieren en serie desde el esclavo hacia abajo hacia el bus remoto. Cada esclavo regenera el flujo completo antes de traspasarlo. A medida que un esclavo procesa el flujo de datos, extrae la porción asignada al mismo y agrega los datos de salida al flujo si es necesario.

Para la conexión de los módulos se utilizaron 2 cables de perfil bajo 170 MCI 007 00 para I/OBus e Interbus para conexiones a corta distancia. Estos cables de 11.5 cm (4.5 pulgadas) cuentan con un conector en D con nueve contactos machos en un extremo y un conector en D de 9 contactos hembras en el otro. El conector macho se enchufa en el puerto I/OBus hembra del adaptador de procesador 171 CCS 760 00 y el conector hembra se conecta en el conector macho que se encuentra en el lado izquierdo del adaptador de comunicación Interbus 170 INT 110 00 de la base de E/S.

El puerto 1 Modbus es un puerto RS-232 asíncrono en serie que permite a la computadora anfitrión comunicarse con la CPU para realizar operaciones de programación, transferencia de datos, carga y descarga, y otras operaciones de anfitrión.

La longitud máxima del cable de conexión con una estación de programación a la CPU (a través del puerto 1 Modbus) es 9,5 m. Para este caso se utilizó un cable estándar plano de ocho posiciones, blindado mediante una hoja metálica con un conector macho RJ45 en ambos extremos. Un conector RJ45 se enchufa en el puerto Modbus 1 de la CPU y el otro en un adaptador hembra con carcasa en D que encaja en una estación de programación. La longitud del cable es de 6 m, esta es aproximadamente la distancia entre la estación de programación y la CPU como se muestra la figura siguiente:

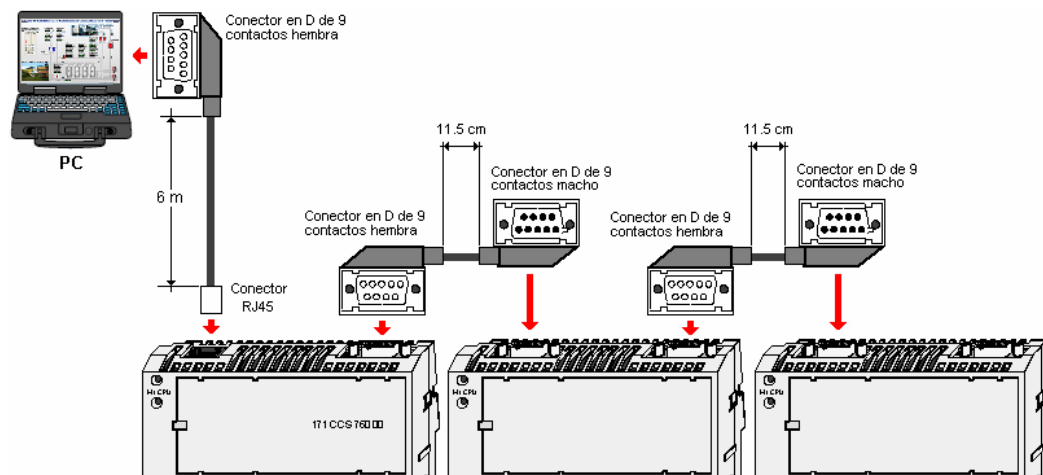


Fig.2.16. Conexión de los módulos del PLC

Para el montaje de los instrumentos de medición, se seleccionaron termoresistencias con longitud de inmersión de 100 mm ya que es la medida que se ajusta al proceso, se calibraron y verificaron por el DPTO de metrología de RRL 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 ([ver anexo 2](#)).

2.5.3 Variador de velocidad (para objetivo en sistema).

Las condiciones anteriores en las que trabajaba el control de la velocidad de las bombas de impulsión de agua fría, era una concepción rígida en la cual el valor del set point de la presión de cada una de las bombas estaba prefijado a 5 bar. Este valor es

resultado del análisis técnico de que, con esta presión se garantizaba todas las condiciones de la red hidráulica para todas sus configuraciones. De hecho se vencía la altura máxima geométrica que poseía el sistema en cada una de las zonas habitacionales. La experiencia de los explotadores del hotel y de los investigadores indica que algunos períodos del año en que las temperaturas son bajas se puede trabajar el sistema a valores de presión menores sin deteriorar sus funciones. Este criterio no está demostrado de forma concisa, pero si se sabe que a menor temperatura ambiente los procesos de transferencia, como la ganancia de calor del edificio disminuye.

El control implementado en esta aplicación difiere del anterior pues es un control PID incorporado en software, mientras que el control incorporado al variador de velocidad era un control proporcional integral (PI). La experimentación demostrará cuales son los requerimientos nuevos, a los cuales se desea llevar el sistema para una operación más racional (cuales deben ser las características del controlador). Con el monitoreo actual de las variables, se plantea un enfoque multivariable que puede derivar en tomar en cuenta variables más significativas de la termohidráulica de la instalación.

Con este sistema de monitoreo se pueden prefijar las ganancias de los lazos del PID (ver figura 2.17) según se desee, lógicamente utilizando criterios en relación con la constante del sistema y los modelos que se puedan lograr.

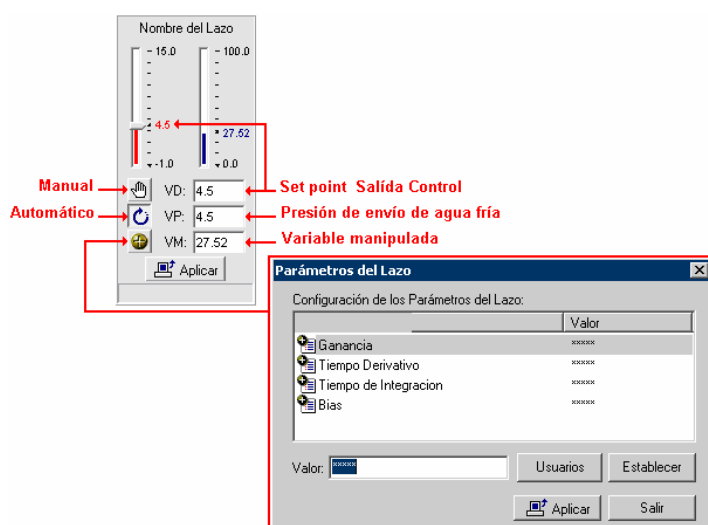


Fig.2.17. Características del objeto controlador del PID

Variador de velocidad.

El variador de velocidad (V.V.) que se encuentra instalado es de la firma TELEMECANIQUE (Altivar 28) los mismos presentan las siguientes características de funcionamiento según Guía de explotación Variadores de velocidad Altivar 28 Telemecanique para motores asíncronos.

- ☐ El Altivar 28 es preajustado de fábrica para las condiciones de uso más habituales.
- ☐ Frecuencia nominal del motor: 50 Hz.
- ☐ Tensión de motor: 230 V ó 400 V, según el modelo.
- ☐ Rampas: 3 segundos.
- ☐ Mínima velocidad: 0 Hz.
- ☐ Máxima velocidad: 50 Hz.
- ☐ Funcionamiento a par constante con control vectorial de flujo sin captador.
- ☐ Adaptación automática de la rampa de desaceleración cuando hay sobretensión en el frenado.
- ☐ En caso de que los valores mencionados sean compatibles con la aplicación puede utilizarse el variador sin modificar los ajustes.
- ☐ Una configuración de la frecuencia del motor en caso de que no sea de 50 Hz.
- ☐ Tiene rampas de aceleración y desaceleración.
- ☐ Ajustes de velocidad mín. y máx.
- ☐ Ajustes de la corriente de protección térmica del motor, a la intensidad nominal que figura en la placa de característica del motor.
- ☐ Ganancia proporcional del regulador.
- ☐ Ganancia integral del regulador.
- ☐ Potencia de 15 kW.

2.5.4 Sistema de control proporcional-integral-derivativo (PID).

Sistema de control que actúa continuamente de modo que el elemento de control ni se abre completamente ni se cierra absolutamente sino que su posición varía en relación con la variación del parámetro controlado teniendo en cuenta las características del sistema. Este sistema de control se le denomina (PID), ya que el sistema realiza conjuntamente las acciones de control proporcional, integral, derivativo.

Bibliografía de referencia: Sistemas de control con microprocesadores, capítulo 10.

a) Acción de Control Proporcional.

Acción de control ideada para eliminar las oscilaciones permanentes que ocasiona el control de dos posiciones debido a la actuación discontinua de este, es la denominada ***acción de control proporcional***.

En la acción de control proporcional existe una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento de control, de manera que la acción de control compense proporcionalmente el error.

En la manera que aumenta la diferencia entre la variable controlada y su valor deseado aumentará también el suministro y cuando disminuya esta diferencia disminuirá a su vez proporcionalmente el suministro.

La acción de control proporcional tiende a restituir la variable controlada al valor deseado pero mantiene un error permanente. Si el coeficiente de acción proporcional es pequeño el error permanente es mayor y en la medida que aumenta el coeficiente disminuye el error permanente pero aumenta el tiempo durante el cual el sistema oscila alrededor del error permanente. Si se sigue aumentando el coeficiente de acción proporcional llega el momento en que ocurren oscilaciones permanentes, y el sistema se hace inestable.

b) Acción de Control Integral.

Puesto que la acción de control proporcional da por resultado un error permanente de la variable controlada siempre que haya una alteración del sistema, se idearon soluciones para eliminar este inconveniente. La solución más utilizada consiste en obtener una ***acción de control integral***.

En la acción de control integral la razón de cambio del elemento de control en el tiempo es proporcional al error de la variable controlada.

La acción de control integral es que siempre opera para devolver a la variable controlada el valor deseado, aunque oscila un poco.

La oscilación será mayor en la medida que aumente el retraso en el sistema.

c) Acción de Control Derivativa.

En la acción de control derivativa, la posición del elemento de control es proporcional a la razón de cambio de la variable controlada con respecto al tiempo.

La acción de control derivativa actúa de acuerdo a la razón de cambio de la variable controlada creando un efecto de persecución rápida de la variable. Este efecto se hace más necesario aun en sistemas donde existan grandes retrasos.

d) Acción de Control Proporcional-Integral-Derivativo (PID)

El sistema de control PID contiene la estabilidad de la acción de control proporcional, la capacidad para eliminar el error permanente debido a la acción de control integral y la capacidad de corrección inmediata debido a la acción derivativa.

Debido a estas características el sistema PID es adecuado para controlar la inmensa mayoría de los sistemas, aun cuando estos tengan apreciables retrasos, de modo de poder mantener un parámetro de salida en el valor deseado. En el caso de ocurrir una perturbación, este control impide que origine desviaciones excesivas del parámetro controlado y efectúa un regreso rápido de este al valor deseado.

e) Generalidades de las acciones de control a partir de lazo de control propuesto.

La selección adecuada de las ganancias P, I y D influyen en la respuesta transitoria del sistema pero el sistema siempre logrará la estabilidad.

Este PLC tiene la posibilidad de cambiar el microprocesador lo cual permite proponer nuevos métodos o algoritmos de control basados en teorías de técnicas de inteligencia artificial (lógica fuzzy) la cual se puede acceder a través de su biblioteca la cual está basada en bases de conocimientos con la cual se puede controlar procesos sin haber tenido un estudio previo de la dinámica de este basándose en el conocimiento de operadores expertos, la versión de Concept 2.2 XL la cual esta instalada en el Hotel tiene estas características.

El lazo de control PI implementado anteriormente en el hotel es el que se muestra en la figura siguiente:

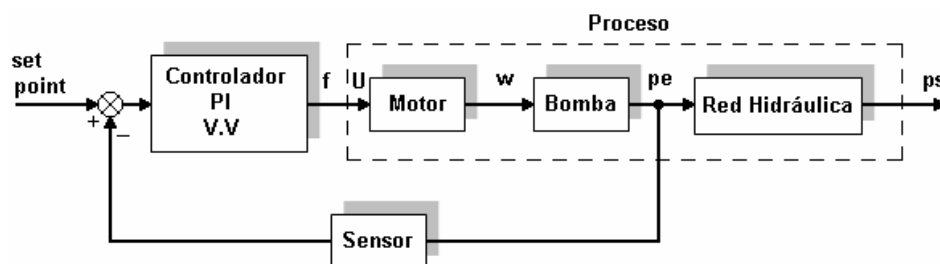


Fig.2.18.Lazo de control PI del variador de velocidad

El PID incorporado en la automática nueva permite adaptarse al CSAF que se esta controlando por esta razón es capaz de controlar la variable manipulada en este caso la frecuencia fijando valores de consignas teniendo en cuenta la medición que toma como referencia el sensor de presión estabilizando el sistema (ver figura 2.19).

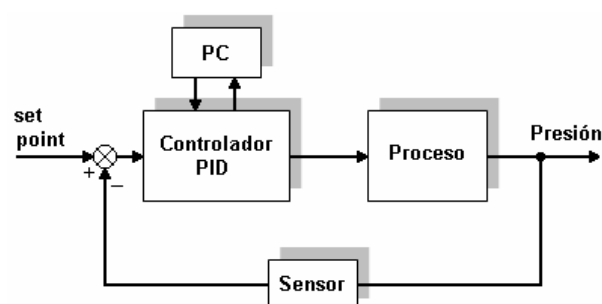


Fig.2.19.Lazo de control PID implementado en el sistema

2.6 Requerimientos técnicos

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

Hardware del PC:

1. Microprocesador Pentium III o superior (>1 GHz recomendado).
2. Memoria RAM 128 Mb (256 Mb o mayor Recomendado).
3. Adaptador de vídeo SVGA.
4. El espacio del disco duro depende de la cantidad de información histórica que se quiera guardar en él (> 1 Gb recomendado).
5. Mouse PS/2, USB.
6. Torre de CD o Puertos USB para la instalación.
7. Tarjeta de Red si va a trabajar conectado a una red de Eros.
8. Protocolo de red: TCP/IP si va a trabajar multiusuario.
9. Sistema Operativo: Windows NT/2000/XP/Vista (2000/XP recomendado).

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. Ver características del [módulo de entrada analógica 170 AAI 140 00](#)

CAPÍTULO 3

Generalidades de la aplicación SCADA EROS y valoración técnica económica del sistema

3.1 Introducción

En este epígrafe se explica las generalidades del SCADA utilizado. Este sistema de supervisión y control EROS tiene una difusión exitosa a nivel del país caracterizado por varias empresas productoras en las que se automatizan tareas complejas. Se abunda sobre 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 de climatización. Se presentan las ventanas originales del sistema que brindan una idea de las especificaciones de la aplicación. Finalmente se exponen resultados del monitoreo real de las variables y breve valoración técnico económica.

3.2 Procesamiento de datos en el Software Supervisor EROS 5.8

Cada variable pertenece a un **dispositivo** que en el caso de las variables externas puede asociarse al autómata o tarjeta de medición que, acoplado a la red industrial, es el encargado de informar a la PC su valor. Los dispositivos se comunican con la PC a través de un protocolo que depende del fabricante y por ello necesitan un manejador o driver que implemente ese protocolo en la PC. De esta manera el SCADA EROS asume el sistema como una estructura jerárquica en el que el nodo superior es la estación local de operación (la PC) y los nodos inferiores son los dispositivos que manejan directamente las variables externas tal como lo muestra el esquema a continuación.

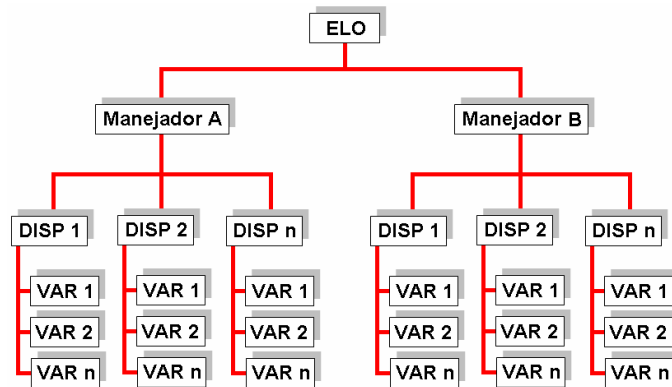


Fig.3.1 Esquema de procesamiento de datos del SCADA EROS.

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.

Para la aplicación específica en el hotel Blau Costa Verde sólo se usaron las variables analógicas de entrada y salida y los registros internos. En el caso de las variables analógicas de entrada se agrupan las diferentes temperaturas, presiones y caudales de la impulsión del AF y AC. Para la variable analógica de salida se utilizó una sola, consistente en los parámetros de referencia del controlador interno en la PC. En este caso se prefija un valor analógico entre 0 – 10 V correspondientes a valor de presión deseado en la impulsión de AF.

El único registro interno utilizado cumple la función de conmutar el lazo de control PID interno en el computador para que el mismo se active o no. Adicionalmente los parámetros de este registro se pueden manipular para que en caso de operación manual el sistema no consuma energía en relación con esta variable.

3.2.1 Protocolo de comunicación MODBUS

- ☐ Desarrollado por Modicon para comunicación entre PLC's.
- ☐ Debido a su simplicidad y especificación abierta, actualmente es ampliamente utilizado por diferentes fabricantes.
- ☐ Entre los dispositivos que lo utilizan podemos mencionar: PLC, HMI, RTU, drivers, sensores y actuadores remotos.
- ☐ El protocolo establece como los mensajes se intercambian en forma ordenada y la detección de errores.

Principales Características del protocolo MODBUS

- ☐ Control de acceso al medio tipo Maestro/Esclavo.
- ☐ El protocolo especifica: formato de trama, secuencias y control de errores.
- ☐ Existen dos variantes en el formato: Código Estadounidense estándar para el intercambio de información (ASCII) y RTU.
- ☐ Solo especifica la capa de enlace del modelo de interconexión de sistemas abiertos (ISO/OSI).

- ❑ A cada esclavo se le asigna una dirección fija y única en el rango de 1 a 247.
- ❑ La dirección 0 está reservada para mensajes de difusión sin respuesta.

3.2.2 Formato data

Las mediciones realizadas son guardadas en los ficheros históricos, de manera encriptada con el fin de proteger la data y evitar modificaciones y violaciones. Es un fichero que contiene 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:

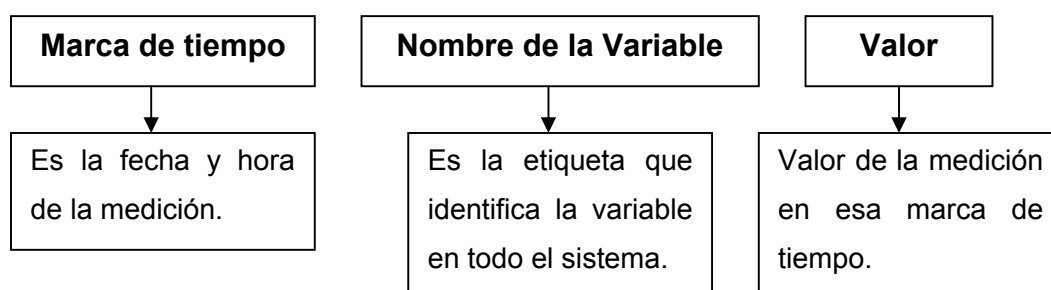


Fig. 3.2 Características del formato data.

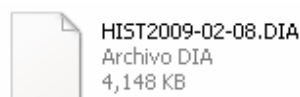


Fig.3.3 Imagen del fichero histórico

3.2.3 El Registrador de Variables

El sistema EROS brinda un registrador que va mostrando el comportamiento y tendencia en tiempo real de 8 variables (un grupo) al mismo tiempo, así como la historia de las mismas, se muestra de la siguiente forma:

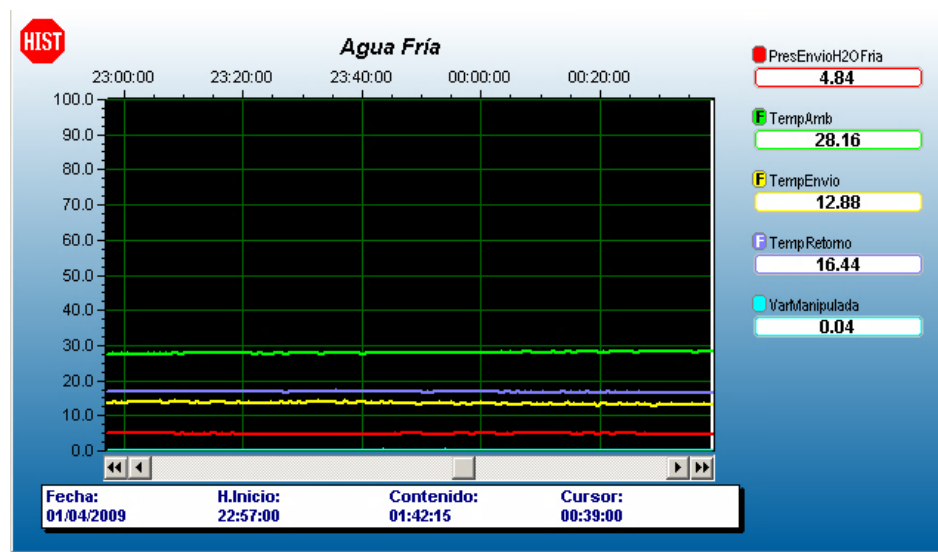


Fig.3.4 Registrador de variables

Características del Registrador de Variables

- ☐ El color de las líneas que representan el valor de las variables en el tiempo se asocia con sus etiquetas (a la derecha), es decir la variable que se representa en la etiqueta cuyo marco es rojo, se corresponde con la que está representándose con la línea roja, y así sucesivamente.
- ☐ Combina variables de diferentes tipos, es decir, mediciones, variables internas, de teclado etc. en grupos configurables por el usuario.
- ☐ Permite mostrar los valores de las mediciones en el tiempo (registro histórico).
- ☐ Permite cambiar la resolución de la carta lo que facilita percibir con más claridad la tendencia de la señal.
- ☐ Brinda datos estadísticos de las variables en diferentes períodos de tiempo que se seleccionen en el gráfico del registrador.
- ☐ Además posee otras funciones como la naturaleza del valor a mostrar, visible, línea gruesa y cambiar la señal por otra, lo cual se explica más adelante.

Información en las etiquetas

Al acercar el cursor a cada etiqueta aparece una información que muestra algunos datos de la configuración de la variable como se observa en la figura 3.5:

- ☐ Descripción de la variable.
- ☐ Unidad de medida.
- ☐ Rangos de visualización.

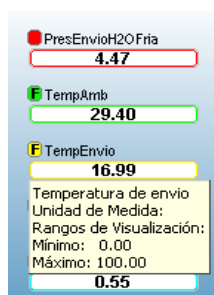


Fig.3.5 Información de las etiquetas de las variables

Cada etiqueta posee delante un cuadrado pequeño para indicar el modo de representarse, lo cual se cambia haciendo clic derecho sobre ella, y entonces brinda las opciones que se muestran en la siguiente figura:

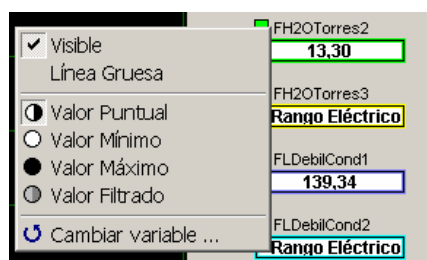


Fig.3.6 Privilegios de las variables

- ☐ Visible: Permite mostrar o no el gráfico correspondiente a la variable, es decir la muestra o no en el registrador aunque se sigue midiendo; esto nos permite analizar la interacción entre las variables que se decida, desactivando la visualización del resto. Cuando una variable está invisible el cuadrado muestra una cruz ✕.
- ☐ Línea gruesa: Para distinguir una variable de otra o para mejor nitidez en la impresión.

Valor Puntual: Muestra el valor que posee la señal en cada punto, según la resolución que tenga configurada, es decir si está en la resolución 1 segundo representa los valores medidos cada un segundo, si está en 30 segundos muestra el valor que se mide en el segundo 30, en el segundo 60 etc, sin filtrar ni promediar, simplemente el valor que posee en cada momento cada vez que transcurren 30 segundos. Por omisión esta es la forma en que se muestra y el cuadrado que está delante de la etiqueta se mostrará solamente con el color, sin símbolo alguno.

- ☐ Valor Mínimo: Representa el valor mínimo del intervalo según la resolución, por ejemplo si se encuentra en la resolución 30 segundos muestra el mínimo valor que se haya medido en el transcurso de esos 30 segundos, etc. En este caso el cuadrado que está delante de la etiqueta mostrará un signo menos.
- ☐ Valor Máximo: Representa el valor máximo del intervalo según la resolución, por ejemplo si se encuentra en la resolución 1 minuto muestra en cada punto el máximo valor entre las 60 mediciones realizadas en ese intervalo(si se mide cada 1 segundo). En este caso el cuadrado que está delante de la etiqueta mostrará un signo más +
- ☐ Valor Filtrado: Posibilita filtrar la señal es decir visualizar el promedio de los valores que tomó dicha variable durante el período de la resolución escogida (Ej. Promedio de 10 valores en 10 segundos si se mide cada un segundo), el efecto visual en pantalla será la tendencia de la señal. Esta operación está relacionada con la resolución de la carta ya que realiza una visualización de los valores medios de la señal que se obtienen promediando los valores de la misma en ese tiempo, por lo que para una resolución igual o menor al cuanto de medición (Tiempo entre una medición y otra), no tendrá efecto, ej. Si se está midiendo una señal cada 5 segundos y se selecciona como resolución de la carta 5, 3 ó 1 segundo, el filtrado no tendrá ningún efecto. Con esta opción podemos observar más claramente la tendencia de una señal que oscile mucho. Cuando una variable está filtrada se representa en el cuadro con una F.
- ☐ Cambiar Variable: Da la posibilidad de cambiar una señal por otra, la cual se escoge de una lista que posee todas las variables activas del sistema, esto

nos permite realizar una comparación inmediata con alguna variable que no esté en el registro, este cambio se mantendrá si usted elige fijar ambiente en el menú **Grupos**.

3.2.3.1 Pié de Gráfico

En la parte inferior del registro aparece una barra informativa con los datos relativos al tiempo que se está registrando (ver figura 3.4).

Fecha	{ Fecha relacionada con la posición del cursor, ya que en un mismo registro pueden coexistir dos fechas diferentes, dependiendo de la hora de inicio del día definida en la configuración.
Hora de Inicio	{ Es la hora en que se inicia el segmento que se está mostrando, ésta cambia en dependencia de la resolución y del movimiento del cursor.
Contenido	{ Es el tiempo total que está mostrando la pantalla activa, que depende de la resolución del registro.
Cursor	{ Hora, minuto y segundo donde está posicionado el cursor.
Resolución	{ Tiempo que representa cada píxel del registro que provoca que podamos ver en una misma pantalla la tendencia de la señal en un período mayor o menor. Esto se modifica con la opción Herramientas o la Configuración del Grupo que se explicarán más adelante.
Fecha de Producción	{ Es la fecha oficial a la que pertenece el registro. Los días de producción en los procesos por turno, comienzan en un día y finalizan al siguiente pero la información oficial corresponde al día que se indica en esta barra.

Barra de Desplazamiento

El registrador posee una barra de desplazamiento para su manipulación como se observa en la siguiente figura:




Fig.3.7 Barra de desplazamiento

Esta barra le permite:

Tabla.3.4 Características de la barra de desplazamiento

Desplazarse a la izquierda	→ Haga clic en la flecha de desplazamiento izquierda
Desplazarse a la derecha	→ Haga clic en la flecha de desplazamiento derecha
Desplazarse a una posición específica	→ Arrastre el cuadro de desplazamiento
Desplazarse al día anterior	→ Haga clic en la doble flecha de desplazamiento Izquierda
Desplazarse al día siguiente	→ Haga clic en la doble flecha de desplazamiento derecha

Inmediatamente que se comience a desplazar por esta barra aparece en la parte superior izquierda del registro esta imagen , indicando que está en el histórico, y si se da clic sobre ella provoca que se visualicen los valores actuales.

Debe señalarse también que si se está en la parte histórica del registrador durante más de 2 minutos, el sistema le advertirá que se encuentra en el modo histórico y éste le sugerirá si desea pasar al registro actual con el fin de continuar visualizando el comportamiento de las variables en tiempo real, la pantalla que aparece es la siguiente:

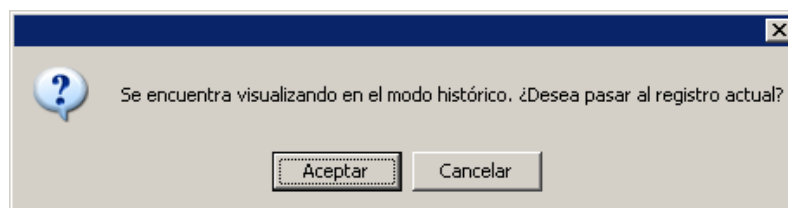


Fig.3.8 Advertencia del sistema

3.3 Resolución para la visualización de las variables medidas en el registrador.

Es el tiempo que simboliza cada píxel en la pantalla del registrador como se muestra en la figura 3.5. Al modificarlo, permite mostrar diferente cantidad de información en una misma pantalla. En la tabla 3.1 se muestra el tiempo que se refleja en el registro cuando se selecciona cada resolución:

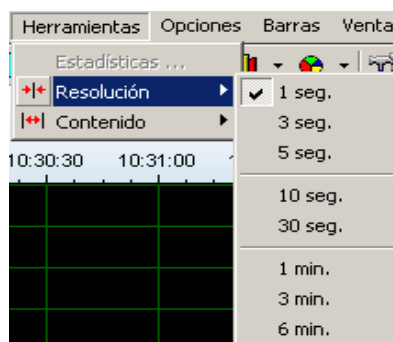


Fig.3.9 Resolución de la visualización de la variable

Tabla.3.1 Contenido según cada resolución.

Resolución	Contenido en pantalla en horas
1 segundo	00:04:39
2 segundos	00:13:58
5 segundos	00:23:17
10 segundos	00:46:35
30 segundos	02:19:45
1 minuto	04:39:30
3 minutos	13:58:30
6 minutos	24:00:00

3.4 Exportar datos del registrador a Excel

El registrador de variables permite exportar su contenido (tiempo, nombre de las variables y valores de estas) al portapapeles de Windows y desde este a cualquier editor o aplicación de Office, más comúnmente a Excel, para ello inicialmente deberá seleccionar el intervalo que desea exportar de una de las siguientes formas:


- a) Arrastrando el cursor con el botón derecho del mouse apretado sobre el fragmento del gráfico que se desea exportar, con ello se marca en gris esa porción del registrador.
- b) En el menú del Registrador ir a la opción **Editar/Seleccionar Intervalo** marca una porción del registro delimitada en horas específicas.
- c) En el menú del Registrador ir a la opción **Editar/Seleccionar Todo** con ello marca en gris todo el registrador.

Después de realizada la selección deberá volver al menú a la opción **Editar/ Copiar selección como texto**, con ellos se coloca la información en el portapapeles y ya está en condiciones de pegarlo en un documento de Excel.

Hay que destacar que la data que se exportará se mostrará con la resolución que se encuentra configurada en ese momento en el registrador, es decir que si tiene la resolución de 5 seg., en el documento se reflejará cada valor cada 5 segundos ([ver anexo 3](#)).

3.5 Configuración del SCADA.

Después de realizada la instalación de los ficheros del sistema se procede a la configuración. Mediante las opciones que brinda el Sistema se podrán definir las características generales del mismo, el conjunto de dispositivos que entregarán información a la Estación Local de Operación (ELO) y la configuración de estos, además informar las características de las variables que él va a manipular, el enlace que tienen con el dispositivo, así como la forma, contenido y estructura de los mímicos a mostrar.

Para comenzar esta configuración en primer lugar se definieron todos los parámetros de las variables que intervendrían en el sistema y se introdujeron en la configuración del SCADA. Inicialmente se va a la opción Configurar el Sistema , donde aparecerá la pantalla del Explorador de la Estación Local de Operación (ELO), en la cual se brinda la siguiente ventana para que se realice la configuración de los parámetros generales de la ELO:

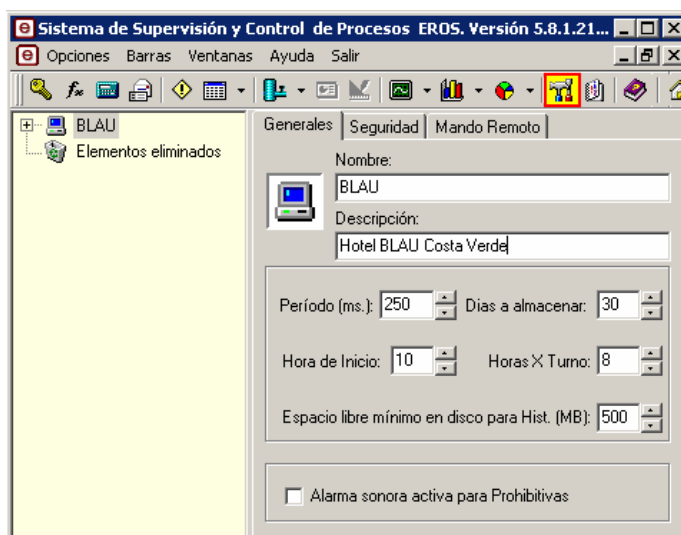


Fig.3.10 Configuración de la ELO (Estación Local de Operación)

En esta pantalla se configura:

Nombre: El nombre de la ELO. En esta aplicación se escogió BLAU.

Planta: El nombre del área donde se instalará la aplicación (opcional). En este caso sería Hotel BLAU Costa Verde.

Período de muestreo: Define el tiempo entre dos solicitudes sucesivas al dispositivo, será el “tic de reloj” del sistema. Los períodos de muestro de los dispositivos y variables se configurarán a un múltiplo de este. El sistema EROS trae por omisión 250 ms y se recomienda no modificar este valor por ser el que más se ajusta a la mayoría de los dispositivos que se usan generalmente.

Días a almacenar: Define el tiempo en días, que se desea almacenar en el disco tanto de ficheros históricos como de estadísticas. Para esta aplicación se definieron 30 días ya que periódicamente se realizan salvadas de los ficheros históricos.

Hora de Inicio: Se le define al sistema la hora de inicio y fin del día para los datos estadísticos en el centro donde será instalada esta aplicación. Como en esta unidad se opera en el horario de 6:00 a.m. a 6:00 p.m., entonces corresponde poner 6 en este parámetro.

Horas x Turno: Se le define al sistema las horas de trabajo en cada turno. En este caso serían 12 horas por turno.

Espacio libre en disco para Hist. (Mb): Permite que el usuario indique cuanto espacio libre en disco deberá chequear el EROS para comenzar a borrar archivos viejos. Por omisión el EROS trae 500 Mb.

Alarma sonora activa para Prohibitivas: Permite activar o no el sonido cuando ocurre una alarma prohibitiva. No está marcado este parámetro pues no hay alarmas configuradas.

Dentro de esta ventana también se encuentran las pestañas Seguridad y Mando Remoto pero no se usaron en esta aplicación.

Configuración del driver de comunicación

Después de configurada la ELO se configuran los dispositivos de medición que se conectarán a la misma (ver figura 3.11), haciendo doble clic sobre el icono de la ELO se desplegarán los diferentes manejadores o drivers **internos** que ya posee el sistema por omisión que son los de las variables Internas, Remotas, de Teclado y Scripts. Para adicionar los drivers de los dispositivos **externos** de medición que se van a conectar, se ubica el cursor sobre el icono de la ELO y haciendo clic con el botón derecho del mouse aparece el menú contextual, con la opción adicionar, al seleccionarla aparecerá la lista de los drivers instalados y se elegirá el que corresponda, en esta aplicación seleccionamos el Modbus_255.

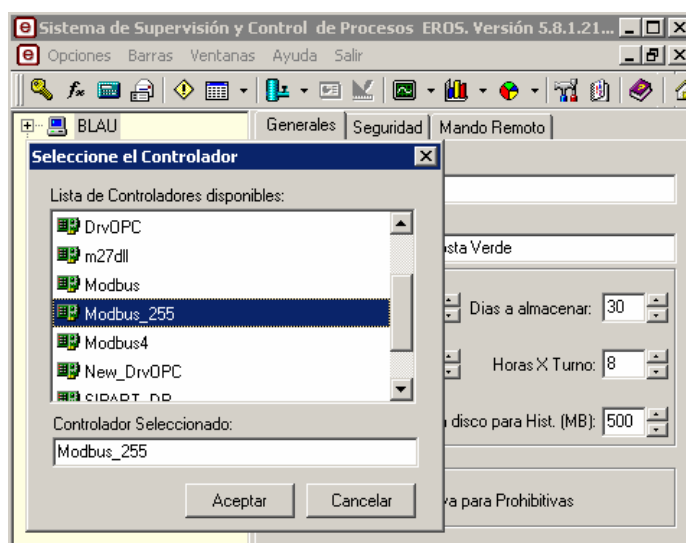


Fig.3.11 Configuración del driver de comunicación

Cuando ya se ha definido el driver externo adecuado, ubicando el cursor sobre él, podrá verse en la pestaña generales, algunos datos relativos al driver, así como un botón para definir los parámetros que se usan para definir los parámetros de comunicación con los dispositivos como se muestra en la siguiente figura.

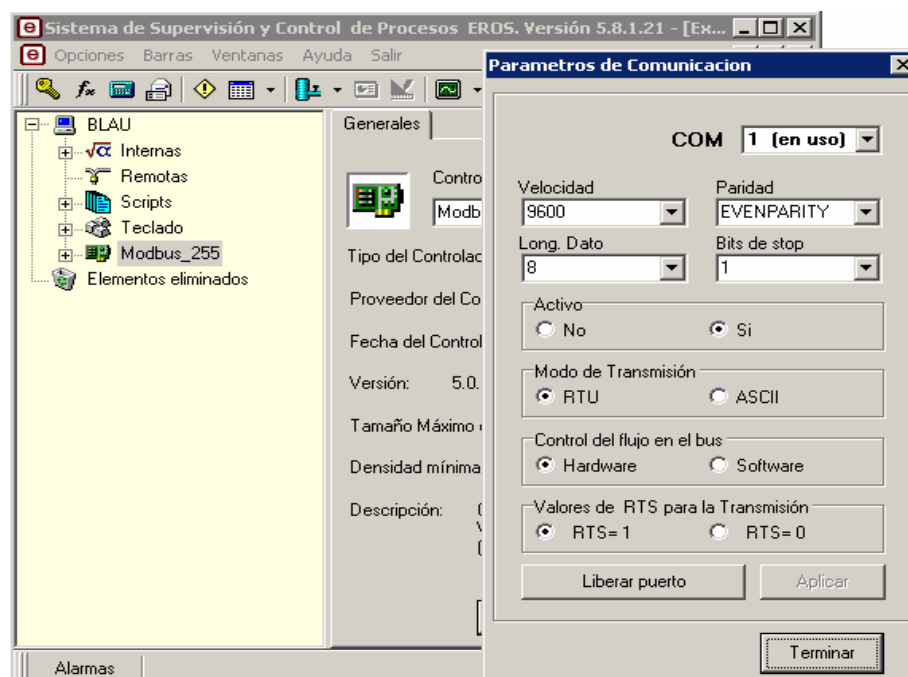


Fig.3.12 Parametrización de la comunicación

En esta pantalla se configuran los datos de comunicación con los dispositivos tales como, el número del puerto de comunicación por el que se realizará la comunicación (com), la velocidad de comunicación, el tipo de paridad, la longitud del dato, los bits de stop, si se activa el puerto para comenzar a recibir datos, el modo de transmisión, control del flujo, el valor RTS y además permite liberar el puerto para que sea usado por otra aplicación si ésta no lo está usando.

Configuración de los dispositivos

Luego de adicionar el driver, haciendo clic con el botón derecho del mouse sobre el nombre del mismo, aparecerá el menú contextual, que le permitirá adicionar, eliminar y/o modificar los dispositivos que se comunican con él.

Al poner el cursor encima del dispositivo que adicionamos, se presenta la siguiente pantalla para facilitarle su configuración:

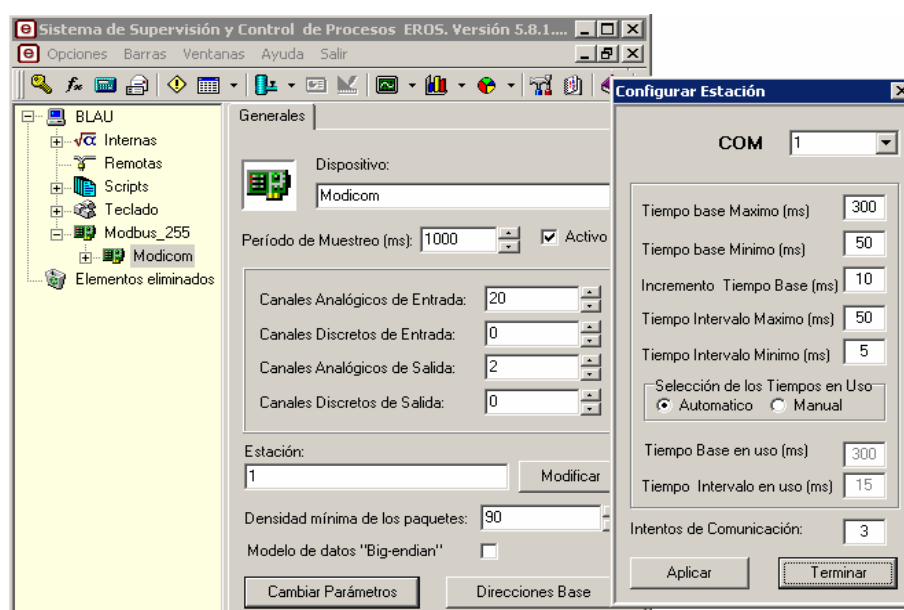


Fig.3.13 Configuración de los dispositivos

En esta ventana se configuran los siguientes parámetros:

Nombre del Dispositivo: Generalmente se asocia al tipo de dispositivo, nombre del driver o lugar donde está ubicado físicamente. En este caso se asoció al tipo de dispositivo: Modicon

Período de muestreo: Especifica el tiempo entre dos solicitudes sucesivas al driver. Esta aplicación se configuró con 1000 ms.

Activo: Permite activar y desactivar la solicitud a un dispositivo es decir que las mediciones provenientes de éste se visualizarán o no.

Cantidad de canales por tipo: Establece los canales que se van a medir en cada dispositivo por tipo de variable, en este caso 20 canales analógicos de entrada y 2 de salida.

Estación: Define la dirección del dispositivo en la red industrial, En este caso es el 1.

Densidad mínima de los paquetes: Se refiere al nivel de compactación que posee el paquete de comunicación que envía el dispositivo. El sistema EROS posee el valor 90 por omisión que es el que usan la mayoría de los dispositivos.

Modelo de datos “Big-endian”: Determina la orientación de los bits dentro de la trama de datos que maneja el dispositivo. El protocolo que estamos usando es el modbus que usa el modelo “Little-endian”, es decir que ubica los bytes más significativos del número en la direcciones más bajas de la memoria.

Cambiar Parámetros: En este diálogo se definen los parámetros de comunicación del dispositivo, tales como los tiempos base máximos, mínimos y en uso, los intervalos máximos, mínimos y en uso, así como los intentos de comunicación o sea cuantas veces se va a repetir la solicitud en caso de falla de comunicación.

Direcciones Base: Si la dirección de las categorías de las variables no comienza en 0, en esta opción le permite reconfigurarlas para que el sistema las localice correctamente. En esta aplicación no hay que modificarlas.

Configuración de Variables

Cuando ya están creados y configurados todos los dispositivos se procede a la configuración de las variables en cada uno de ellos como se muestra en la figura 3.14.

Cuando se definió la cantidad de canales por tipo, en el dispositivo, el sistema creó los espacios donde adicionar las variables, por tanto haciendo doble clic sobre el dispositivo o clic sobre el signo + asociado a él, aparecen los canales para introducir las propiedades de las variables que se van a configurar en cada uno de ellos, entonces, haga clic con el botón derecho del mouse sobre el número de canal que se corresponda con el canal físico del dispositivo y aparecerá un menú contextual con la opciones:

Adicionar, Editar Nombre, Salvar Configuración y Cancelar y con ellas puede adicionar la variable y además salvar mientras trabaja.

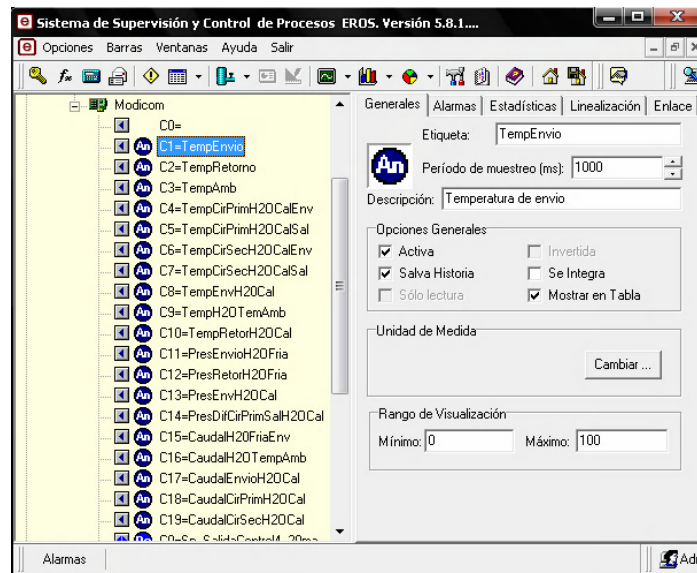


Fig.3.14 Configuración de las variables analógicas

En cada página según corresponda se configuran los siguientes parámetros:

1. Generales variables analógicas

Etiqueta: Nombre corto de hasta 20 caracteres

Período de Muestreo: Tiempo entre dos solicitudes de la señal desde la ELO al dispositivo. Todas las variables en esta aplicación poseen el mismo período de muestreo que el dispositivo es decir 1000 ms.

Descripción: Nombre largo de la variable.

Activa: Fija cuando la variable está disponible para su manipulación en el sistema o no, si no se activa no se mide y se registra como desactivada. Por supuesto en esta configuración todas las variables están activas.

Salva Historia: Define si se salva la información de la variable en el disco. En este caso todas las variables salvan los datos al histórico.

Se integra: Define si a la variable se le calcula la integración o no. En esta aplicación no se utiliza esta propiedad de las variables.

Unidad de medida: Se brinda un botón “**Cambiar**” que le permite buscar en una lista la unidad de medida que va utilizar, o incluir una nueva si no existe en dicha lista.

Rango de Visualización: Es el rango con el cual se visualizará la variable en el registrador.

Jerarquía mínima de escritura: Permite asignar los derechos a cada variable. En este caso no se concede jerarquía a ningún usuario, por lo cual tienen la que está por omisión, es decir 255.

Cota: Valor que manipula internamente el sistema para realizar los cálculos con mayor rapidez y precisión. La mayoría de las variables tienen la que está por omisión, es decir 16384.

Posiciones Decimales: Define los lugares decimales con que se mostrará el valor en todas las opciones del Sistema.

2. Linealización de la variable analógica.

Los valores de las variables externas que se muestran en los Sistemas de Supervisión no siempre coinciden con los valores que se almacenan en el dispositivo y que le corresponden de acuerdo a su enlace. Esto ocurre por dos razones: en primer término los PLC tienen usualmente mucha menos memoria RAM que las PC y por ello los programadores de los PLC, generalmente, almacenan valores reales (analógicos) en formatos que ocupen menos memoria (más compactos) como los enteros de 32, 16 bits o incluso de 8 bits. Por ejemplo, si se sabe que un valor real es no mayor que 10 y la precisión con que nos interesa almacenarlo es de una cifra después del punto decimal, se puede optar por almacenar ese valor en un entero de 8 bits. En este caso a cada valor entero almacenado en el registro de 8 bits se le haría corresponder el valor real que se obtiene de dividir ese valor entero por 10. De esta manera al valor entero 86 le correspondería el valor real 8,6. Es fácil ver que de esta forma se logra un almacenamiento más compacto en el PLC aunque a costa de pérdida de precisión. La segunda razón por la que puede no haber coincidencia es cuando trabajamos con variables de entrada, cuyos valores se obtienen a través de convertidores análogo-digitales. Los valores del conversor son siempre enteros y deben transformarse a unidades de ingeniería. A ese proceso se le llama **linealización** porque generalmente la relación entre las unidades del conversor y las unidades de ingeniería es una relación

lineal. Si el valor almacenado en el PLC ya se encuentra en unidades de ingeniería diremos que esa variable está **linealizada en el dispositivo** y por tanto coincide el valor que muestra el sistema con el almacenado en el PLC.

Linealizada en el dispositivo: Esta opción se marca si el valor de la variable las envía el dispositivo en unidades de ingeniería.

Rangos del Dispositivo: La dependencia entre los valores en el dispositivo y los valores en el SCADA EROS puede ser lineal, cuadrática o a partir de una tabla. Esta última variante se usa cuando la relación entre las dos magnitudes es tan compleja que no puede ser aproximada con la precisión necesaria mediante una relación lineal o cuadrática. En los dos primeros casos basta con definir los Rangos mínimos y máximos en el Dispositivo y en el SCADA EROS.

El Rango en el Dispositivo puede reflejar el rango del convertidor análogo digital o sencillamente los valores extremos que puede tomar el registro interno del PLC asociado a la variable de acuerdo a la programación del mismo.

Rangos de Medición: En él se definen los rangos de trabajo del instrumento en unidades de ingeniería.

Tipos de Linealización: Aquí se especifica el tipo de dependencia existente entre los valores en el dispositivo y los valores en el EROS. Tal y como se explicó anteriormente esta dependencia puede ser **lineal, cuadrática o por tabla**.

Si la dependencia es Lineal, como en esta aplicación, el EROS escala los valores de acuerdo al siguiente diagrama:

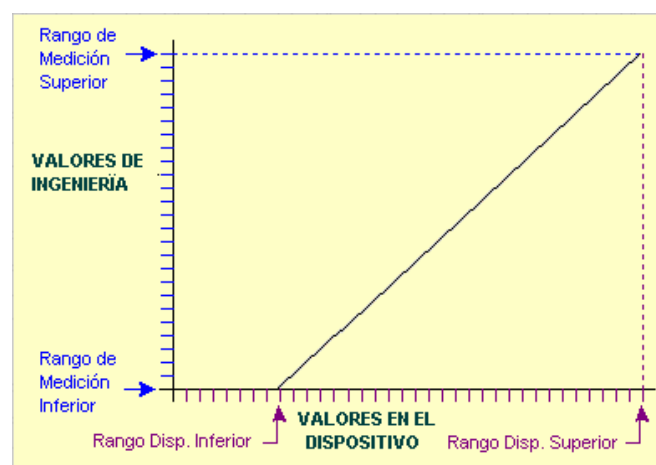


Fig.3.15 Linealización lineal

Canal de Compensación : Algunos dispositivos de medición de temperatura requieren la corrección de su medición con la temperatura ambiente (que se mide independiente), en este diálogo se declara el número del canal por el cual se está midiendo la temperatura ambiente, este número debe ser menor que el del canal que se va a compensar para que el cálculo se realice correctamente.

La figura siguiente muestra los parámetros de Linealización de variables analógicas.

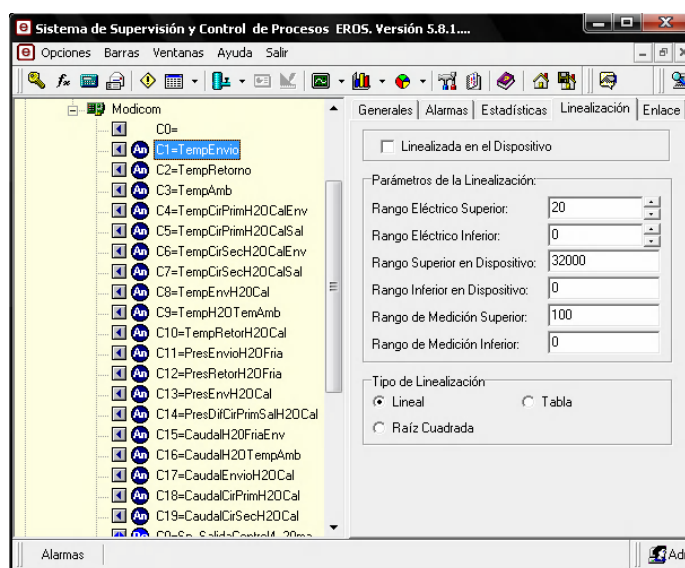


Fig.3.16 Linealización de las variables analógicas

3. Enlace en el dispositivo de la variable analógica.

En la siguiente pestaña figura 3.17 se definen las características de la variable en el dispositivo y para ello tienen los siguientes parámetros:

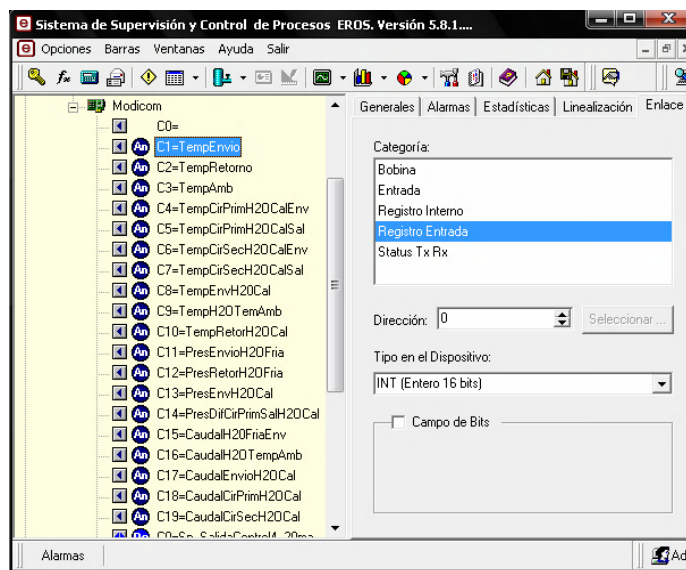


Fig.3.17 Enlace de las variables analógicas

Categoría: Según las características de la variable en el MODBUS se van a ubicar en una de estas cuatro categorías.

Bobina: Señal discreta de salida o registro interno discreto.

Entrada: Señal discreta de entrada o registro interno discreto.

Registro Interno: Señal analógica de salida o registro interno analógico.

Registro de Entrada: Señal analógica de entrada o registro interno analógico.

Status Tx Rx: Registro interno que se usa para informar la estadística de las comunicaciones de los dispositivos.

Dirección: Es el número del registro donde se almacena el dato en el dispositivo.

Tipo de dato en el dispositivo: Se definen los tipos de datos según los maneja el dispositivo, para que el sistema los interprete correctamente como lo muestra la tabla 3.2.

Tabla.3.2 Tipo de datos

Palabra Clave	Tipo de Dato	bits	Rango
BOOL	Booleano	1	0 (falso) 1 (verdadero)
SINT	Entero corto con signo	8	-128 a 127
USINT	Entero corto sin signo.	8	0 a 255
INT	Entero con signo	16	-32768 a 32767
UINT	Entero sin signo	16	0 a 65535

DINT	Entero doble con signo	32	-2147483648 a 2147483647.
UDINT	Entero doble sin signo	32	0 a 4294967295
LINT	Entero largo	64	$-2^{63} + 1$ a 2^{63}
REAL	Real	32	1.5×10^{-45} a 2.4×10^{38}
LREAL	Real largo	64	5.0^{-324} a 1.7^{308}

Campo de Bits: Si una variable se deposita en parte de un registro, aquí se define en que bit comenzará y cuantos la componen.

Configuración de Variables/Registros Discretos

La configuración de variables/registros discretos posee 4 páginas, si son entradas y dos si son salidas. En cada una de ellas se configuran los datos:

Datos generales variables digitales.

1. Generales variables digitales

Período de Muestreo: Tiempo entre dos solicitudes de esta señal desde la ELO. Para este caso 1000 ms.

Descripción: Nombre largo de la variable que la identifica en las tablas.

Activa: Define cuando la variable estará disponible para su manipulación en el sistema o no.

Salva Historia: Determina si se salva en el disco duro la información de la variable en cuestión.

Invertida: Establece que el valor que entregue el dispositivo será negado para su uso o representación en el sistema.

Visualización: Está referida a la forma que se van a presentar en el sistema los estados de las variables discretas.

Rango de Visualización: Es el rango con que se visualizará la variable en el registrador.

Jerarquía mínima de escritura: Este parámetro permite dar diferentes niveles de derechos a cada una de las variables / registros que puedan ser modificables por el usuario.

En la siguiente figura se muestran todos estos parámetros anteriormente mencionados.

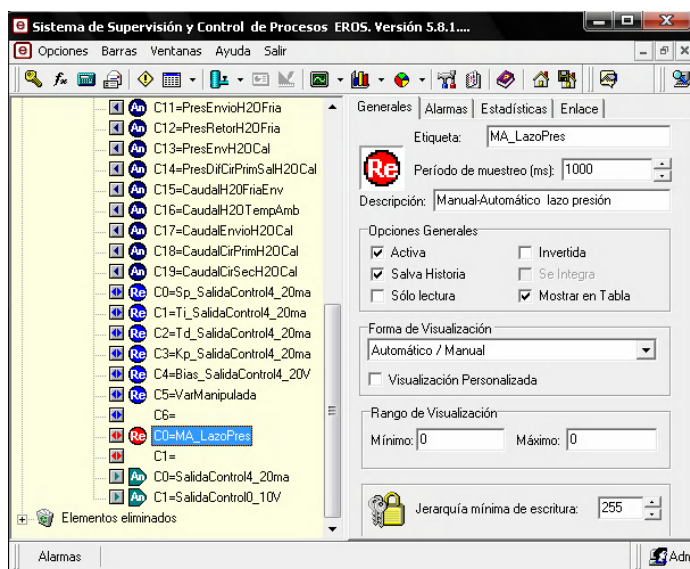


Fig.3.18 Datos generales de las variables digitales

2. Enlace en el dispositivo de la variable digital.

Los enlaces de las variables discretas se definen en la tabla 3.3:

Tabla.3.3 Tipos de enlace de las variables

Tipo	Categoría	Tipo de Dato
Discreta de Entrada	Entrada	Bool
Discreta de Salida	Bobina	Bool
Registro Discreto	Entrada o Bobina	Bool

Campo de Bits: Si una variable se deposita en un bit de un registro, aquí se define en que bit se ubicará.

Existen otras pestañas de **alarmas** y **estadísticas** de estos tipos de variables pero no se detallan porque no fueron usadas en esta aplicación.

Las variables analógicas de salida poseen las mismas opciones de configuración que las de entrada, pero con sus especificidades tal como lo muestra la figura 3.19.

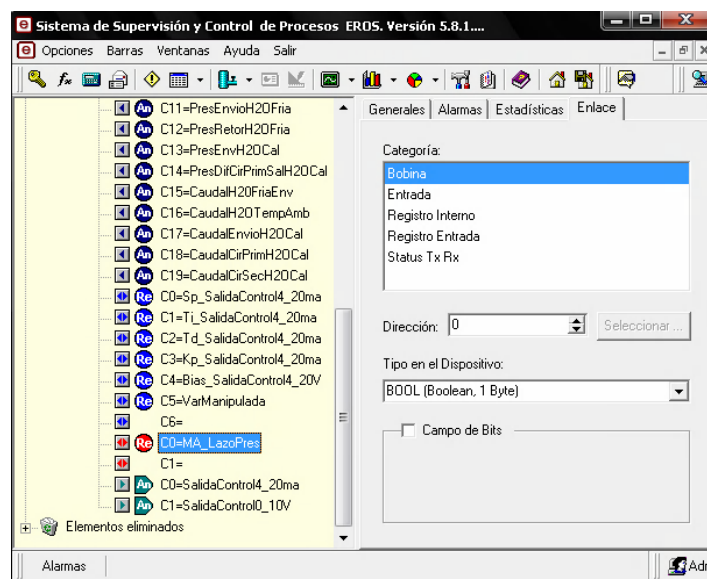


Fig.3.19 Enlace de la variable digital

Ventanas específicas de la aplicación.

Para la operación de este sistema se diseñó una ventana que muestra el flujo tecnológico de la instalación y al mismo tiempo se representan las variables que se miden en cada área del mismo, también en ella está representado un objeto que muestra los parámetros del lazo de control y permite modificarlos. Figura 3.20

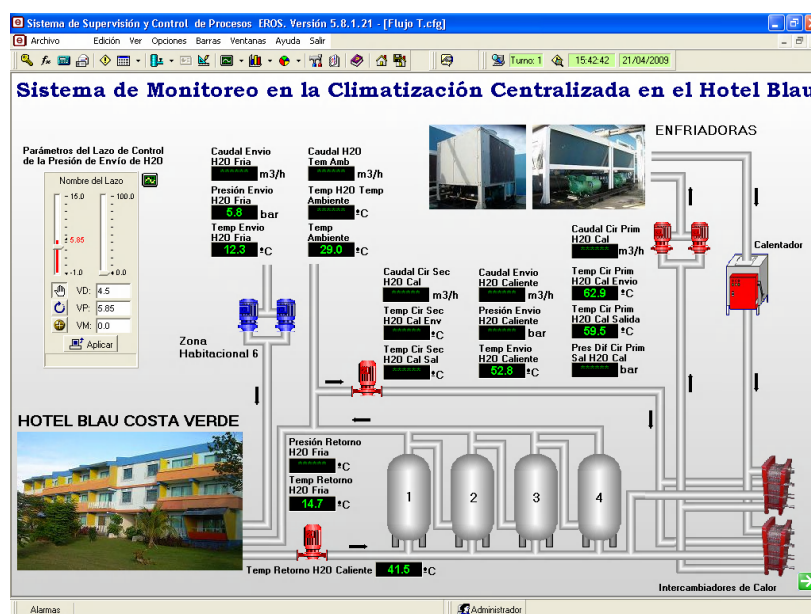


Fig.3.20 Ventana de operación de SCADA EROS

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 1 segundo (1000 ms) 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 Verificación del funcionamiento del monitoreo.

Este epígrafe muestra a modo de monitoreo algunas de las variables implementadas en el SIAF y ACS, donde se muestra el comportamiento de las mismas, reflejando la dependencia entre ellas.

3.7.1 Verificación del funcionamiento del Sistema de Impulsión de Agua Fría.

En el SIAF se observa (Ver figura 3.21) el comportamiento de las variables que influyen en él. Mostrando características acordes a los rangos de operatividad, donde se aprecia la relación existente entre la presión de envío y la variable manipulada. En el caso de las temperaturas se aprecia la dependencia que existe entre ellas y las pérdidas térmicas que ocurren.

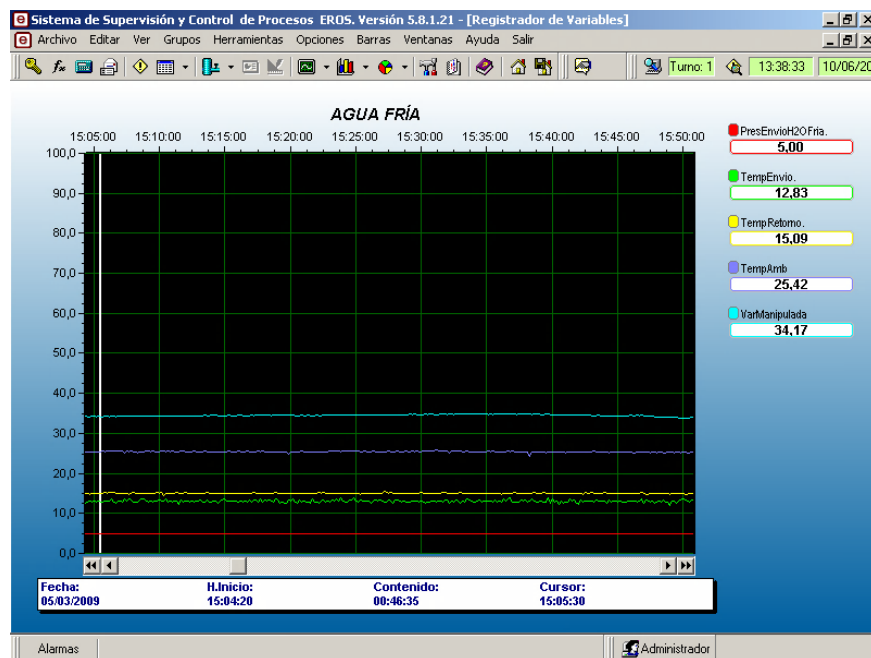


Fig.3.21 Ventana de Registro del SIAF

3.7.2 Verificación del funcionamiento del Sistema de Impulsión de Agua Caliente Sanitaria.

En la siguiente figura se muestra el monitoreo de algunas variables en la impulsión de ACS, donde es de vital importancia conocer los valores de temperatura de envío, ya que estos exigen según el ministerio de salud pública que sean mayores de 50°C para evitar la proliferación de la bacteria legionella la cual se reproduce entre 48 y 50°C y es perjudicial para la salud humana. También se muestran las perdidas térmicas que ocurren en el sistema.

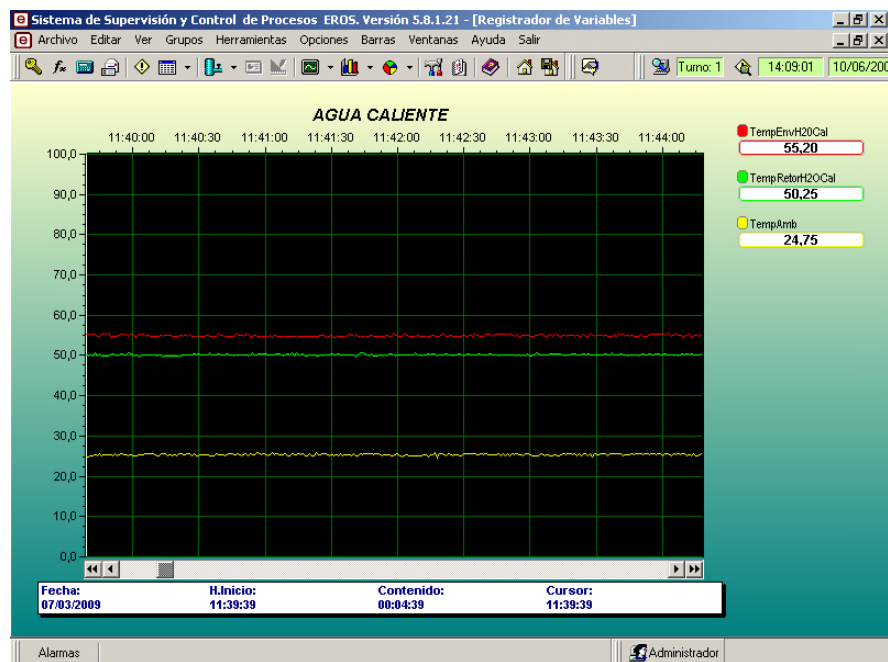


Fig.3.22 Ventana de Registro de ACS

3.8 Valoración técnico económica del sistema.

La principal potencialidad para lograr disminuir el consumo en el SIAF se centra aparte del empleo de los variadores de velocidad, en mover el valor del set point de la presión de envío del agua fría. Para esto hay que tener en cuenta el estado del clima y las variables: Temperatura de retorno y Presión de retorno, que anteriormente no se consideraban. Esto presupone implementar nuevos lazos de control.

La salida de funcionamiento de la automática del hotel obligó a que los variadores de velocidad operaran de forma no autónoma poniendo a trabajar la bomba de impulsión de agua fría a un régimen de operación aproximadamente de 35 Hz, para un valor de set point aproximadamente de 5 bar.

Con el lazo de control implementado en la automática de la zona 6, se logró tener un valor fijo de set point con diferentes valores de frecuencia de salida teniendo en cuenta la utilización de la zona habitacional y el horario del día, influyendo en el régimen de explotación de las enfriadoras. Esto demuestra que no es necesaria la utilización de las

bombas a ese régimen de operación constante ya que esto implica mayores gastos de energía.

El valor promedio aproximadamente del consumo total de energía del hotel caso de estudio en un mes es de 220 MWh. La CC representa aproximadamente un 60% del consumo total. Este por ciento equivale a 132 MWh consumidos para un valor de 19 800 USD.

En el CSAF, se realizó un estudio tomando como referencia una muestra de mediciones de 15 días para analizar el consumo promedio de la bomba de impulsión de agua fría de la zona 6, determinándose que el consumo promedio diario de estas es de 0.0644 MWh que equivale a 1.932 MWh mensual y 23.18 MWh al año.

Con el nuevo sistema implementado, se determinó que el consumo promedio diario de la bomba de impulsión de agua fría de la zona 6 bajó a 0.0372 MWh que equivale a 1.117 MWh mensual y 13.4 MWh al año. Por tanto, con este sistema es posible tener un ahorro de 9.78 MWh al año que representa aproximadamente 1467 USD. Si este sistema fuese implementado en todas las bombas de impulsión del CSAF se tendría un ahorro de 68.46 MWh en el año, ascendente a 10269.00 USD.

El gráfico a continuación muestra el comportamiento del consumo de la bomba de impulsión de AF de la zona 6 durante el período de estudio. Mostrando la diferencia existente entre el valor actual y el valor obtenido trabajando con el nuevo sistema implementado.

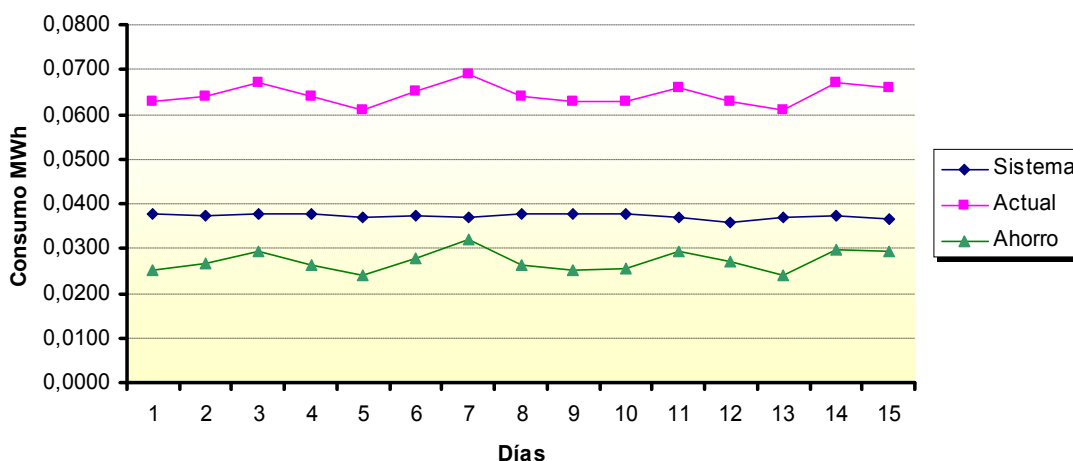


Fig.3.23 Gráfico de consumos durante el muestreo.

Además, este sistema permite el monitoreo de otras variables importantes como es el caso de la temperatura de envío de agua caliente, ya que esta según normas sanitarias debe estar en valores superiores a los 50 °C para evitar la proliferación de la bacteria *Legionella* que habita en los sistemas de climatización centralizada y muere a estos niveles de temperatura. Si no se cumplen estos parámetros el ministerio de salud pública puede tomar medidas que podrían llegar hasta el cierre de la instalación, lo que implicaría dejar de aportar a la economía del país. Esto le brinda al hotel un nivel de confiabilidad en el servicio.

El costo de implementación del sistema de control es alrededor de 9811.9 USD ([ver anexo 4](#)), debido a que esta tecnología es bastante costosa en el mercado internacional. No es recomendable aplicar este sistema a una sola zona habitacional, ya que estaría sobredimensionado. Según la potencialidad de este sistema él es aplicable a 4 zonas habitacionales.

Este sistema, teniendo en cuenta estas características, tardaría en amortizarse aproximadamente 20 meses.

CONCLUSIONES

A modo de conclusión podemos decir que:

1. Esta aplicación se puede extrapolar lo cual permite prefijar los valores de set point del secundario de AF que garantiza la correcta operación de este sistema con el menor gasto de energía en el caso de AC la estructura propuesta permite evaluar de forma global la eficiencia del intercambio térmico en los diferentes elementos que componen los sistemas de AC.
2. La documentación elaborada puede ser utilizada como manual de operaciones por los trabajadores de servicio técnico en el hotel en que se encuentra implementado, y esta tiene que cumplir con los objetivos siguientes:
 - a) Con la incorporación a los sistemas automatizados de los hoteles de las variables de temperatura de envío y retorno de cada zona así como las presiones y el caudal correspondiente más la temperatura ambiente. Se tiene una mejor idea de la termohidráulica inherente a los SIAF. De esta forma se sientan las bases para la investigación del sistema con enfoque multivariable.
 - b) Conociendo los valores de las temperaturas que se miden en el sistema de AC se puede tener una mejor idea de la dinámica de los procesos térmicos relacionados con los circuitos de AC del hotel partiendo que la información en línea es más representativa que las mediciones analógicas que se realizan.
 - c) El lazo PID programable propuesto permite una investigación profunda de los SIAF en los hoteles con la posibilidad real de cambio de controladores PID actuales por otros que se conjuguen con el nuevo enfoque multivariable en relación con los objetivos del nuevo supervisor del sistema.
 - d) Para montar un sistema de estas dimensiones se necesita una inversión de capital en USD, pero se pueden determinar los puntos de operación más racionales de los sistemas. Esta experiencia se puede extrapolar en otros hoteles de la cadena de turismo en general sin ninguna dificultad, permitiendo el ajuste de los variadores de velocidad a partir de que se desee garantizar su empleo.

RECOMENDACIONES

1. Implementar el control automático de la impulsión de agua fría en todas las zonas habitacionales del hotel objeto de estudio, así como, extender esta aplicación a todos los hoteles del polo que presenten climatización centralizada.
2. Capacitar a los trabajadores que interactúen directamente con el sistema, utilizando como referencia este trabajo que está elaborado con el objetivo de servir como manual de operaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Crespo Chamba, Luis Alfredo y Juan Carlos Ríos. Tesis. Diseño de un sistema de análisis de calidad de energía didáctico utilizando labview. Tutores: M.Sc Reineris Montero Laurencio y Dr. Orlis Torres Breffe. Moa: Instituto Superior Minero Metalúrgico, 2008.. 116 p.
2. Góngora Ruíz, Yarelis y Yuniel Alfonso Tamayo. Tesis. Análisis de los regímenes de explotación de los sistemas de impulsión de agua fría y caliente en el Hotel Blau Costa Verde. Tutores: M.Sc Reineris Montero Laurencio, Ing. Rubasnel Góngora Cruz, Ing. Maikel López Lobaina. Moa: Instituto Superior Minero Metalúrgico, 2007. 63 p.
3. Guía de explotación Variadores de velocidad Altivar 28 Telemecanique para motores asíncronos. Catálogo Junio 2000 Altivar 28.
4. <http://www.modicon.com>. User Guide TSX Momentum I/O Base España:. Schneider Electric, 1999. 617 p
5. <http://www.modicon.com>. Catálogo. Modicon TSX Momentum Plataforma de Automatización. España, Schneider Electric, 2003.
6. <http://www.siemens.com>. Instrumentación de campo para la automatización de procesos. Catálogo FI 01· 2006.
7. Instrumentación Industrial. Primera parte.[Libro de Texto]. 332 p.
8. 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.

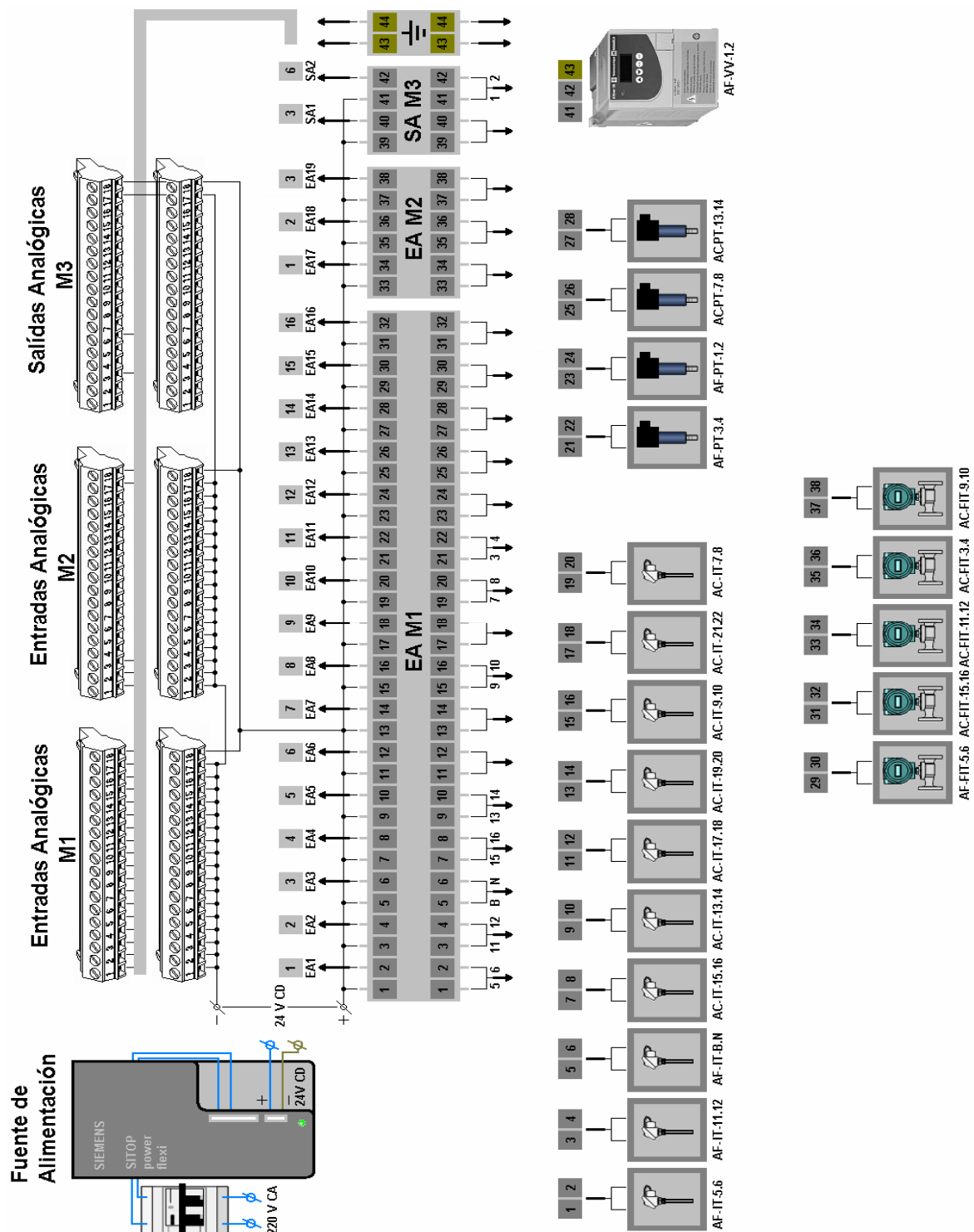
9. Manual de operación. Sistema de programación **Concept V 2.2**. Software de programación Concept para Plataforma de automatización Momentum. España: Schneider Electric, 2003.
10. Manual del usuario Sistema de supervisión y control de procesos EROS. Grupo EROS, SERCONI, Nicaro, ISMM, Moa
11. Méndez Borges, Robelkis. Tesis. Redes Hidráulicas en la Climatización Centralizada de Hoteles. Tutores: M.Sc Reineris Montero Laurencio y M. Sc Héctor Laurencio Alfonso. Moa: Instituto Superior Minero Metalúrgico, 2008. 68 p.

ANEXOS

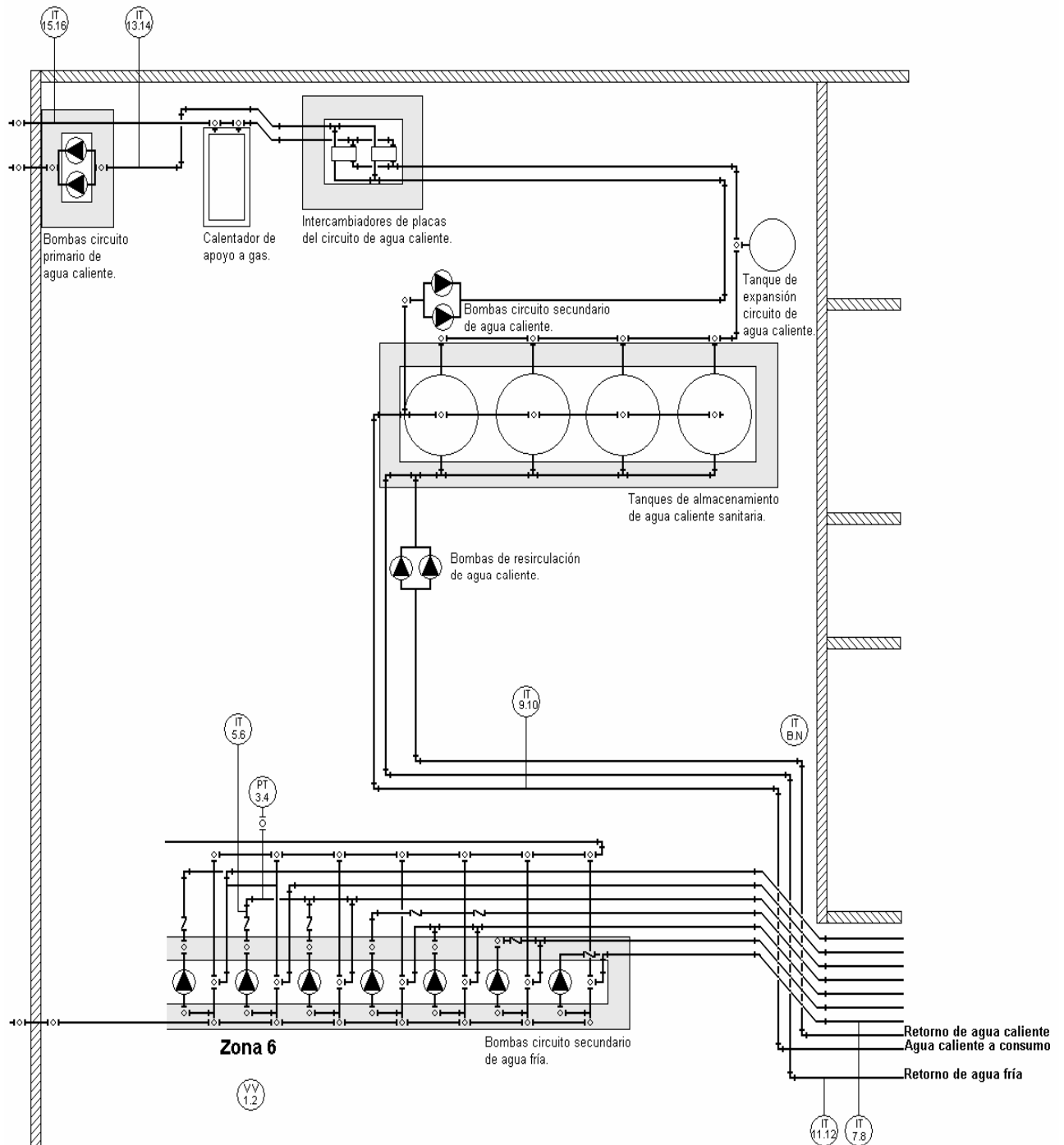


[Regresar al texto](#)

ANEXO 1



ANEXO 2



[Regresar al texto](#)

ANEXO 3

	A	B	C	D	E	F
1	Tiempo	PresEnvioH	TempAmb	TempEnvio	TempRetorn	VarManipul
2	08:02:55	4.82	27.29	11.62	14.70	0.12
3	08:03:00	4.82	27.33	11.17	14.59	0.14
4	08:03:05	4.82	27.33	11.13	14.46	0.00
5	08:03:10	4.82	27.39	11.23	14.55	0.06
6	08:03:15	4.86	27.36	11.57	14.58	0.00
7	08:03:20	4.87	27.14	11.45	14.46	0.06
8	08:03:25	4.88	27.28	11.27	14.49	0.04
9	08:03:30	4.86	27.24	11.36	14.51	0.10
10	08:03:35	4.87	27.22	11.07	14.52	0.06
11	08:03:40	4.87	27.06	10.99	14.49	0.00
12	08:03:45	4.86	27.36	11.57	14.63	0.08
13	08:03:50	4.84	27.50	11.61	14.64	0.01
14	08:03:55	4.84	27.43	12.14	14.53	0.12
15	08:04:00	4.84	27.30	11.46	14.67	0.00
16	08:04:05	4.84	27.44	12.44	14.49	0.00
17	08:04:10	4.88	27.20	11.82	14.65	0.00
18	08:04:15	4.86	27.14	11.09	14.61	0.02
19	08:04:20	4.86	27.15	11.30	14.58	0.00
20	08:04:25	4.86	27.21	12.16	14.37	0.13
21	08:04:30	4.87	27.12	11.66	14.52	0.04



[Regresar al texto](#)

ANEXO 4

Descripción	Cantidad	U/M	Precio	Importe
Termorresistencia Pt 100 con convertidor en el cabezal, Rango de medición 0 a 100°C., Longitud de inmersión: 100 mm, Toma de proceso 1/2 npt, con racor deslizante y termopozo de 10 mm de diámetro incorporado. Salida: 4-20mA.	2	U	196.80	393.6
Termorresistencia Pt 100 con convertidor en el cabezal, Rango de medición 0 a 600°C., Longitud de inmersión: 100 mm, Toma de proceso 1/2 npt, con racor deslizante y termopozo de 10 mm de diámetro incorporado. Salida: 4-20mA.	8	U	196.80	1574,4
Transmisor de presión relativa. SIEMENS SITRANS P,Modelo DS III, Tipo: 7MF-4433-1DA00-1AA1-Z, Rango -1- 15 bar.	2	U	813.60	1627,2
Transmisor de presión diferencial SIEMENS SITRANS P,Modelo DS III, Tipo: 7MF-4432-1DA00-1AA1-Z, Alcance de medida: 0- 200 mbar; Salida 4-20mA.	4	U	813.60	3254,4
Cable de red de cobre UTP de par trenzado categoría 5.	6	m	0.42	2,52
Conectores plásticos transparentes RJ45.	1	U	0.58	0.58
Adaptador opcional con batería y reloj calendario, Modelo: 172 JNN 210 32, un puerto RS 485.	1	U	217.20	217.20
CPU TSX Momentum M1. Modelo: 171 CCs 160 00-IEC, Comunicación: Modbus e Interbus	1	U	690.00	690.00
Módulo de entradas analógicas 16 canales para PLC; Modicon TSX Momentum M1; Modelo: 170 AAI 140 00.	1	U	720.00	720.00
Módulo de salida analógica de 4 canales para PLC. Modicon Momentum M1 Modelo: 170 AAO 921 00.	1	U	720.00	720.00
Módulos adaptadores de comunicación Interbus para PLC Modicon TSX Momentum M1 Modelo: 170 INT 110 00.	1	U	312.00	312.00
Fuente de alimentación SIEMENS, SITOP POWER 10; Señal de entrada: 220 V AC, 60 Hz; Señal de salida: 24 V DC; Capacidad de Carga: 10 Amperes; Montaje sobre perfil DIN.	1	U	300	300
Total				9811.9



[Regresar al texto](#)

Nombre de archivo: @BCL@24064902.doc
Directorio: C:\Windows\Temp\BCL
Technologies\NitroPDF5\@BCL@24064902
Plantilla: C:\Documents and Settings\Administrador\Datos de
programa\Microsoft\Plantillas\Normal.dot
Título:
Asunto:
Autor: WinuE
Palabras clave:
Comentarios:
Fecha de creación: 24/06/2009 10:39:00
Cambio número: 45
Guardado el: 24/06/2009 19:07:00
Guardado por: WinuE
Tiempo de edición: 158 minutos
Impreso el: 24/06/2009 19:11:00
Última impresión completa
Número de páginas: 98
Número de palabras: 22.195 (aprox.)
Número de caracteres: 115.194 (aprox.)