



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

GESTIÓN ENERGÉTICA EN EL AUDITORIO Y CENTRO DE CONGRESOS “VÍCTOR VILLEGAS” DE MURCIA.

Control de la Demanda mediante Red Inalámbrica de Sensores

Titulación: MASTER ENERGIAS
RENOVABLES

Alumno/a: José A. Martínez Bastida

Director/a/s: Angel Molina García

Cartagena, 26 de septiembre de 2012



Indice

1.- OBJETIVOS Y MOTIVACIONES.....	3
2.- ESTADO ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA	8
3.- DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL EDIFICIO.....	12
DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO AUDITORIO	12
SISTEMA DE CONTROL DE CLIMATIZACIÓN	16
FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA DE GESTIÓN.....	31
SITUACION ENERGÉTICA DEL EDIFICIO	40
4.- CONTROL DE LA DEMANDA MEDIANTE RED INALAMBRICA DE SENSORES – IMPLEMENTACIÓN	73
5.- CONCLUSIONES.....	82



1.- OBJETIVOS Y MOTIVACIONES

El Auditorio y Centro de Congresos “Víctor Villegas” de Murcia es un edificio cuya puesta en marcha se realizó en el año 1995.

En aquellas fechas tanto en la elaboración de proyectos como en el uso y mantenimiento de Edificios, la Gestión Energética no era un aspecto importante. Tanto en la fase de proyecto como en la de ejecución apenas se tenían en cuenta unos aspectos básicos de Gestión Medioambiental.

En la actualidad, la Gestión de la Energía se ha convertido en uno de los pilares fundamentales en el Uso y Mantenimiento de este tipo de Edificios. Por ellos está en continua evolución el la redacción de normativas la mayoría de ellas como desarrollo de Directivas Comunitarias.

Se ha empezado por la normativa aplicable a Edificios Residenciales y de nueva construcción, pero es indudable que el sistema se dirige hacia que estos aspectos sean tenidos en cuenta en todo tipo de edificios.

Actualmente, la normativa en vigor sobre Eficiencia Energética es:

- RD 47/2007 de 19 de enero por el que se aprueba el procedimiento básico para la Certificación de Eficiencia Energética de Edificios de Nueva Construcción
- Ley 19/2009, de 23 de noviembre de medidas de fomento y agilización procesal del alquiler y de la eficiencia energética de los edificios.

Ninguna es de aplicación al Centro que nos ocupa, ya que como hemos dicho su puesta en marcha es en el año 1995.

Asimismo, el pasado febrero de 2012 se publicó el Proyecto de Certificación Energética de Edificios Existentes.



En el borrador del Real Decreto cabe destacar:

- Antes del 01/01/12 el Ministerio de Industria deberá poner a disposición los programas informáticos que permitan obtener el certificado.
- El Certificado de Eficiencia Energética se exigirá en los contratos de compraventa o arrendamiento celebrados a partir del 01/01/13.
- El responsable de encargar la realización de la Certificación Energética es el propietario.

Tampoco será de aplicación esta nueva normativa, pero está claro que la tendencia de la política energética y de la gestión medioambiental exige que los Edificios Públicos existentes tomen medidas para la adecuación a los nuevos tiempos en que la Gestión Energética toma cada vez un papel más importante.

Actualmente en el Auditorio y Centro de Congresos “Victor Villegas” de Murcia no existe ningún tipo de Gestión Energética.

Desde el Departamento de Mantenimiento se “gestiona” el uso de la energía mediante la premisa del uso del Edificio, es decir por ejemplo se activa la iluminación manualmente si existe necesidad por parte de los clientes o de los trabajadores. Asimismo la climatización se “gestiona” mediante las premisas básicas de “Hace Calor o Hace frío”.

Se pretende invertir el sistema de “Gestión Energética” del Edificio hasta llegar al objetivo de que en un momento dado en la reserva de las Salas de Congresos se tenga en cuenta el “Coste Energético”.

Se busca conseguir una gestión inteligente de la Energía del Edificio para no solo minimizar los consumos sino educar a los trabajadores y a los usuarios de manera que seamos capaces de realizar un uso responsable de los recursos puestos a disposición.



Uno de las herramientas posibles para todo lo indicado anteriormente es realizar un reparto de cargas adecuado de manera que se pueda reducir y realizar un consumo más eficiente de la energía a disposición.

Debido a que el mayor consumo (y más estable) se produce en la climatización de las oficinas se inicia por realizar un reparto de cargas en estas instalaciones.

Distribuyendo las cargas convenientemente en el tiempo se eliminan los picos de carga y se suaviza la curva de demanda.

En las tres primeras graficas se observa la curva de carga actual.

En las otras tres graficas se obtiene el resultado que se busca de desplazamiento de cargas.

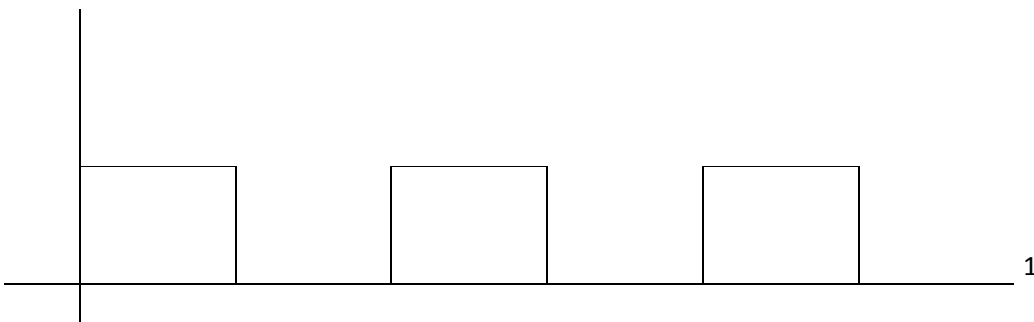
Se tienen instalado en el centro nodos para la captación de distintos parámetros de T^a , V e I en tres fan-coils de oficinas.

Una vez se analicen los resultados tendremos las curvas de carga de las oficinas.

Se pretende realizar un traslado de la curva de carga de manera que se disminuyan los picos de carga de la siguiente forma:

La carga en el nodo 1 y en el nodo 2 se solapan y suman la carga en el mismo periodo de tiempo ocasionando picos de carga en la curva de demanda.

Distribuyendo las cargas convenientemente en el tiempo se eliminan los picos de carga y se suaviza la curva de demanda.



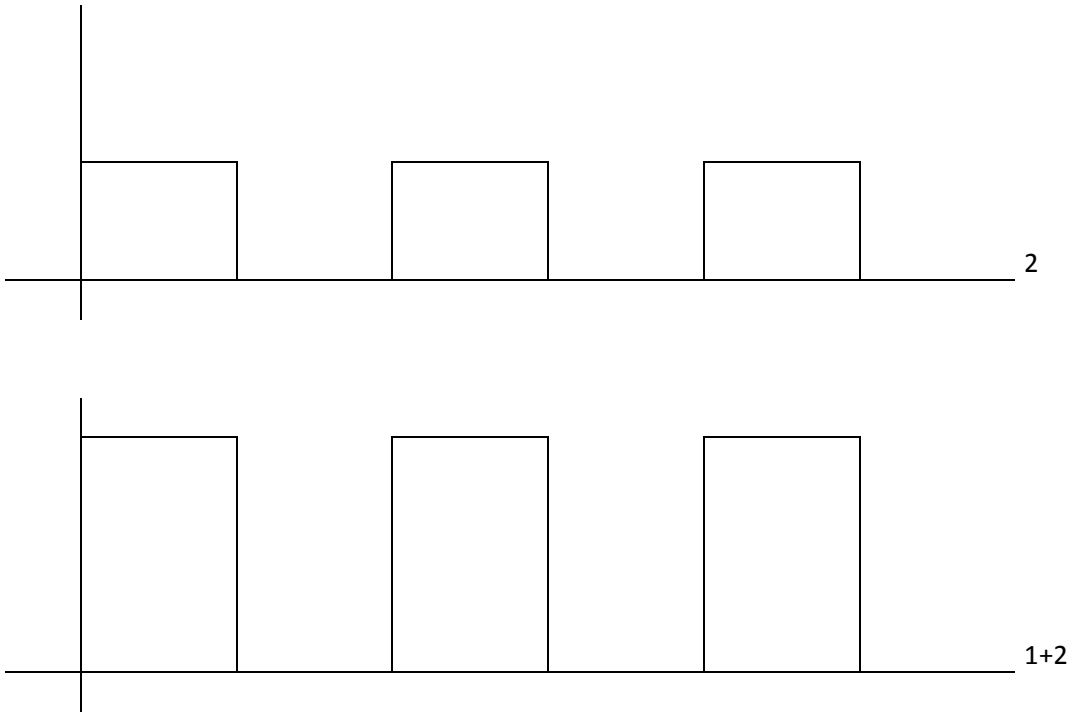
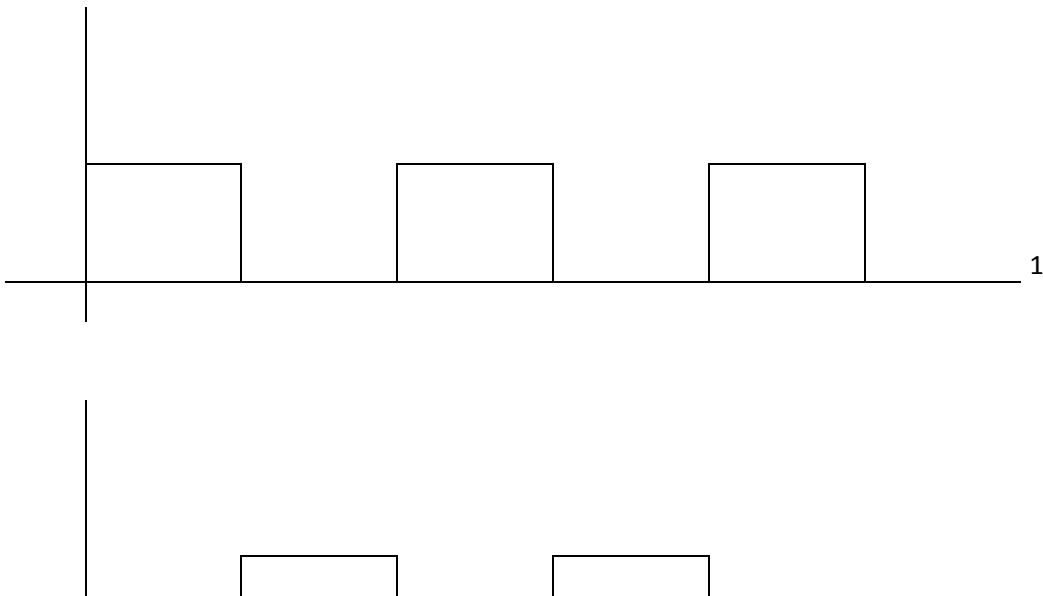


Fig. 1.- Distribución original de cargas



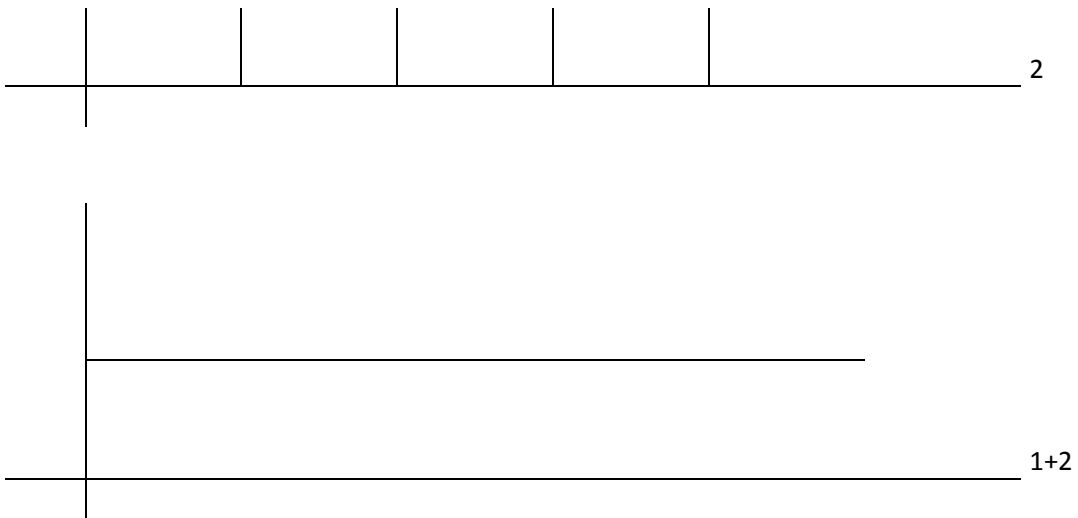


Fig. 2.- Distribución final de cargas



2.- ESTADO ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA

En la actualidad existen en el mercado equipos capaces de desconectar de la red equipos que no son fundamentales cuando el pico de carga sea máximo.

Estos equipos deben ser cableados en el edificio con los inconvenientes que esto supone en un edificio existente.

Un ejemplo de ello es el Load Control Switch de TENDRIL. Este equipo permite controlar tanto equipos de 220v AC (p.ej. bombas de piscina o equipos de aire acondicionado) así como equipos de 24v AC, pudiendo desconectarlos de la red durante periodos de picos críticos de la demanda.

Una vez que el periodo de control de la carga finaliza, el LCS repone la carga desconectada a la red.





Otro ejemplo de este tipo de equipos es el de Landis & Gyr:



Optimized for Demand Response Programs

The Landis+Gyr Load Control Switch is designed to add customizable demand response capabilities to TS2 systems, allowing utilities to manage their peak loads by remotely triggering or cycling electric devices, such as HVAC, water heaters, electric heat and irrigation pumps. Simple to program on-site or remotely with Landis+Gyr's Command

Center™ AMI software, Landis+Gyr's reliable two-way power line communications system allows utilities to verify load control commands that have been executed, while avoiding the high costs associated with RF communication infrastructures.

Easy-to-read status lights indicate the state of each relay and the overall stability of the Load Control Switch, and enable utilities to offer special, demand-based rates to customers, thereby optimizing a utility's power transmission rates and increasing overall customer satisfaction.

- Each relay accommodates trigger or cycle-based schedules, which may be defined for weekdays, Saturdays and Sundays. Two schedule sets may be stored for each relay
- Utilities can override the current schedule at any time with a temporary command
- The device can be maintained in the field without hand tools



- The device may be programmed remotely with Command Center or locally with the Handheld Programmer
- The device reports back to the utility on a daily basis with verification that the device has operated as commanded
- UL listed



3.- DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL EDIFICIO

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO AUDITORIO

Convertido por su situación en un hito en la ciudad, contemplado desde el Río Segura, presenta en diagonal hacia la glorieta del puente, los volúmenes pétreos y netos de la torre del escenario que le confieren un fuerte carácter monumental. Esta escala va reduciéndose paulatinamente, en los volúmenes y en los huecos, según se aproximan a la fachada de acceso, de claro carácter basamental. Su transparencia, que resplandece en la noche sobre los jardines del nuevo parque, y que antecede a los vestíbulos del edificio sobre los que se levanta el gran tambor de piedra blanca que contiene el volumen de la sala principal. El acceso del público a través del parque, convertido en antesala del edificio, tiene el ambiente sereno propicio para los eventos culturales que en él caben desarrollarse.

En el interior, un único espacio continuo se comprime y dilata valorado por distintas luces, articulando las dependencias del edificio insertas en la fuerte geometría triangular. En ella se acomoda con naturalidad la sala sinfónica, llamada Narciso Yepes, en su eje principal, liberando los espacios laterales, organizados en torno a patios abiertos para Salas de Congresos, Exposiciones y oficinas. La disposición de grandes ventanales hace que se aproveche la espléndida luz del mediterráneo y permite la presencia permanente de los jardines haciendo del vestíbulo un espacio intermedio entre el exterior y el espectáculo. Se trata de un edificio totalmente simétrico. Parte de dos ejes que son la Avenida 1º de Mayo y el Río Segura. Tal y como definió su creador, se puede apreciar que el Edificio tiene forma de gajo de limón.

El Edificio consta de 5 plantas:

PLANTA -1: Sala de cámara llamada Sala Miguel Ángel Clares, Salas de Ensayo, Almacenes, Zona de Instalaciones (Climatización, Cuadros Eléctricos, etc)



PLANTA 0: Accesos al Edificio, Distribución Público, Oficinas, Salas de Congresos, Guardarropas, Taquillas, Cabinas Sala Miguel Ángel Clares, Vestuarios, Cafetería Artistas.

PLANTA 1: Accesos a Sala Narciso Yepes (Patio de Butacas) Cafeterías, Sala de Autoridades, Oficinas y Escenario Sala Narciso Yepes.

PLANTA 2: Accesos a Sala Narciso Yepes (Anfiteatro 1º y Terrazas)

PLANTA 3: Accesos a Sala Narciso Yepes (Anfiteatro 2º y Paraísos)

PLANTA 4: Cabinas (Sonido, Iluminación y Traducción Simultánea)

SALAS DE CONGRESOS

Existen 9 salas destinadas al uso congresual distribuidas de la siguiente manera:

- ✓ 2 salas de 100 personas (salas 2 y sala 3)
- ✓ 2 salas de 50 personas (sala 1 y sala 4)
- ✓ 4 salas de 25 personas (sala 6, sala 7, sala 8, sala 9)
- ✓ 1 sala de prensa (sala 5)
- ✓ 1 sala de 180 personas (sala 1 + sala 2)
- ✓ La Sala 4 con mesa redonda para 20 personas

SALA NARCISO YEPES

Es la sala principal del Auditorio y Centro de Congresos Víctor Villegas.

Tiene una capacidad de **1766 localidades** distribuidas en distintas zonas, con una altura de tres plantas.

PLANTA 1: PATIO DE BUTACAS (653 localidades)

PLANTA 2: 2 TERRAZAS (56 localidades cada una)



ANFITEATRO 1º (378 localidades). La 1ª y 2ª fila del tramo central se acondicionó eliminando sus butacas, para acomodar a la S.A.R. Dª Sofía el día de la inauguración.

PLANTA 3: ANFITEATRO 2º (349 localidades)

2 PARAÍOS (137 localidades cada uno)

Escenario:

El escenario tiene una superficie de 490 m², capaz para todo tipo de espectáculos, combinado con un foso de 90 m² para alojar a los músicos en caso de representaciones de ballet u ópera, foso que en este caso coincide con la corbata del escenario. El foso de orquesta se sube y se baja con un sistema hidráulico.

SALA MIGUEL ANGEL CLARES

La sala se encuentra debajo del patio de butacas de la sala principal con un aforo de 457 localidades, que ha sido estudiada de manera que pueda ser utilizada para conferencias, proyecciones, música de cámara o conciertos de música experimental. El escenario tiene una superficie de 115 m². Consta de cabina de sonido, iluminación y traducción simultánea. Esta sala se usa también para congresos.

SALA EXPOSICIONES

Tiene una superficie de 500 m². A ésta sala se le da distintos usos: exposiciones, stand promocionales durante los congresos, cafés, cócteles, etc. Consta de un sistema de iluminación dirigible por focos dispuestos en guías electrificadas.



SALAS DE ENSAYO

La sala de ensayo cuenta con una capacidad de 60 músicos, y en cuanto a infraestructura dispone de unas placas móviles que amortiguan el sonido y de recubrimiento en madera en sus paredes.

Las salas de ensayo individual están insonorizadas con un material acústico especial en las paredes y los techos confeccionados con algas prensadas que también insonorizan, de manera que no existan interferencias entre unas salas y otras.

También existe una sala de ensayo para ballet.

INSTALACIONES:

Se dispone además de almacenes, cocinas, áreas destinadas a instalaciones de climatización y suministro eléctrico, etc.

Para climatización el Edificio cuenta con los siguientes equipos:

La Producción se realiza en invierno mediante:

- 2 Ud. Caldera Roca NTD-400 gasoil

Y en verano:

- 2 Ud. Planta Enfriadora Agua-Aire Roca York modelo YLCS 072A-R134a-
- 4 Ud. Condensadores remotos REFRION NCR-V1480/BD
- 6 Ud. Equipos autónomos pequeña potencia

Para la distribución del aire climatizado tanto en verano como en invierno se usan:



- 13 Ud. Climatizadoras

Distribuidas en las distintas plantas del edificio encargándose de acondicionar el aire a los grandes espacios (Sala Narciso Yepes, Sala Miguel Angel Clares, Sala de Exposiciones, vestíbulos y cafeterías.

Para las oficinas, salas de ensayos y pequeñas salas se acondiciona el aire mediante

- 35 Ud. Fan-Coil

La instalación eléctrica parte de dos transformadores secos de 1000 KVA de los cuales uno de ellos está parado a modo de reserva.

Desde el Transformador se alimentan:

- CGBT RED
- CGBT GRUPO

Y a partir de éstos cuelgan

- 71 Ud. Cuadro Secundarios
- Batería de Condensadores
- Grupo Electrónico 400 KVA

SISTEMA DE CONTROL DE CLIMATIZACIÓN

El Sistema Integrado de Gestión y Control de Instalaciones instalado tiene por objeto, la optimización del funcionamiento de las instalaciones a controlar desde el punto de vista tanto del consumo de energía como de la racionalización de las secuencias de trabajo con objeto de conseguir un funcionamiento óptimo de las instalaciones con unos gastos de explotación mínimos. Para ello, mediante la integración vía software de los diferentes subsistemas existentes, se conseguirá una coordinación óptima en el

funcionamiento de los mismos, compartiendo la infraestructura y recursos del Sistema Integrado de Gestión.

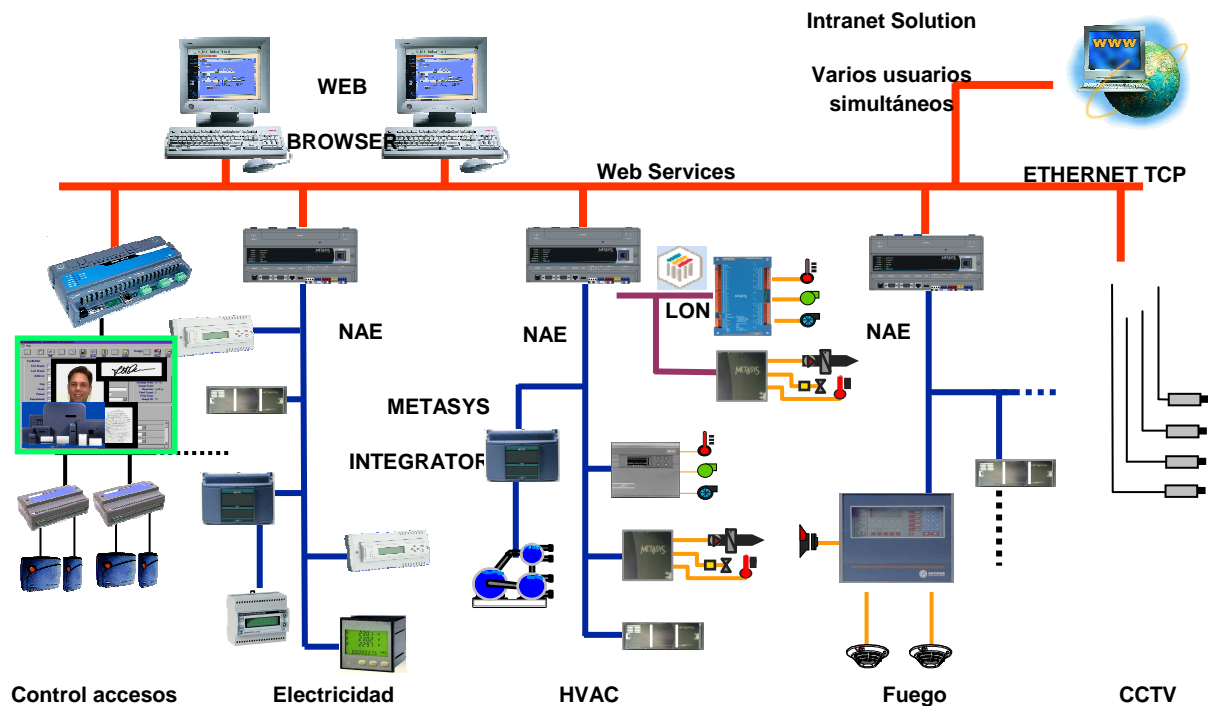


Fig. 3.- Estructura del Sistema de Gestión

La Arquitectura del Sistema Integrado de Gestión Técnica de Instalaciones es totalmente compatible con la infraestructura de redes corporativas de comunicaciones existentes actualmente, abarcando las tecnologías de Internet y el mundo de las Tecnologías de la Información (IT), yendo más allá del dominio de los Sistemas de Control de Edificios (BMS) tradicionales. Así, desde el Puesto de Control y mediante un navegador Web estándar, éste se convertirá en una interfaz del usuario para el sistema, sin requerir la existencia de software del Sistema de Gestión y Base de Datos de puntos de control, instalados en el propio Puesto de Control utilizado, para realizar el acceso a las instalaciones y equipos controlados en el edificio. Con el acceso autorizado a la red, se podrá solicitar información concerniente al rendimiento técnico y económico de la



instalación, desde cualquier ordenador conectado a dicha red, permitiendo además el acceso simultáneo al sistema por parte de varios usuarios.

El Sistema Integrado de Gestión considerado es completamente ampliable, disponiendo de una arquitectura de red flexible sobre la que será posible construir o ampliar el sistema de automatización para un edificio o complejo de edificios, ofreciendo características integrales para el funcionamiento efectivo y eficiente de las instalaciones de éstos, proporcionando confort y seguridad a sus ocupantes y condiciones ambientales adecuadas para los equipos e instalaciones existentes. Esta arquitectura extendida permite introducir en la automatización de edificios y gestión de instalaciones las ventajas de las últimas tecnologías en informática y comunicaciones.

La interfaz de usuario del Puesto de Operador está basada en navegadores Web estándar, por lo que los protocolos utilizados están basados en las tecnologías de red IT (Tecnologías de la Información) estándar, permitiendo una comunicación compartida y segura a través de la red de comunicaciones del edificio o de la red de comunicaciones corporativa.

La interfaz de usuario del Sistema Integrado de Gestión consiste en un Puesto de Operador con un navegador Web que extrae sus datos de varios dispositivos de automatización de red o nodos de aplicación (NAE). Muchas de las funciones del software de los Puestos de Operador tradicionales, ahora, se ejecutan en los dispositivos de automatización NAE, donde se recogen y almacenan los datos. Los dispositivos de automatización NAE servirán a múltiples usuarios o clientes del sistema, simultáneos, utilizando la tecnología Web e Internet. Esta avanzada arquitectura facilita al usuario la capacidad de visualizar y controlar las instalaciones del edificio desde la Intranet de la empresa o desde Internet, desde cualquier punto del edificio o desde cualquier parte del mundo.

Fig. El supervisor de red o nodo de aplicación NAE está constituido por una placa electrónica industrial, alojada en una carcasa, programable, que funciona con sistema operativo Windows XP, con soporte mediante batería para salvaguarda de datos en caso de fallo de tensión, reloj en tiempo real, señalización de estado de alimentación y comunicaciones, un puerto Ethernet 10/100 MB, dos puertos serie RS-232C, dos puertos serie USB, dos interfaces RS-485 para bus de proceso, así como otras prestaciones opcionales.

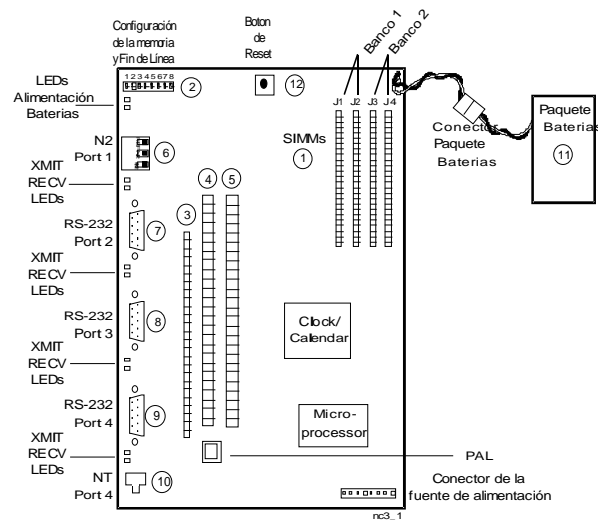


Fig. 4.- Supervisor de red NAE

Todos los Puestos de Operador existentes trabajan de forma independiente, con capacidad de acceso simultáneo al sistema, y bajo protecciones mediante códigos de acceso individual y definible por el usuario, así como capacidad para establecer requerimientos de acceso definibles a nivel de grupos de usuarios. La información presentada en el Puesto de Control está basada en la utilización de gráficos dinámicos en color, con animación, iconos y técnicas de visualización de datos para simplificar y facilitar la interpretación de la información del Sistema Integrado de Gestión a los usuarios autorizados.

Mediante la utilización de los formatos de datos y protocolos de comunicación estándar del mundo de las Tecnologías de la Información (IT), el Sistema Integrado de Gestión del Edificio, considerado en este proyecto, es compatible con la infraestructura de red de los edificios y complejos actuales. Estos estándares son:



- IP (Protocolo de Internet) como protocolo de comunicación entre los dispositivos de automatización NAE, los servidores ADS y los navegadores Web.
- SNMP (Protocolo de Gestión de Red Simple) para la gestión de la red.
- SNTP (Protocolo de Hora de Red Simple) para la sincronización de la hora en la red.
- SMTP (Protocolo de Transferencia de Correo) para la transferencia de los mensajes de correo electrónico.
- HTTP (Protocolo de Transferencia de Hipertexto) y HTML (Lenguaje de Marcas de Hipertexto) para las funciones de la interfaz del usuario.
- DHCP (Protocolo de Configuración de Alojamiento Dinámico), DNS (Sistema de Nombres de Dominio) para la denominación y direccionamiento dinámico de la red.

El sistema también utiliza protocolos de seguridad y codificación del sistema, como protección contra el acceso no autorizado a los datos y a los sistemas de control.

Para el almacenamiento de datos, los Servidores de Aplicaciones soportarán plataformas estándar de Base de Datos como Microsoft Data Engine o Microsoft® SQL Server™ 2000.

Además de los protocolos del mundo IT, el Sistema Integrado de Gestión utiliza los estándares de protocolos abiertos más utilizados en la industria de control y automatización de edificios. La red Ethernet IP soporta la emisión de mensajes BACnet, y los datos de puntos controlados en las instalaciones del edificio y residentes en el motor de automatización se muestran en formato de objetos BACnet. El protocolo LonTalk® también podrá estar soportado por el bus de controladores secundarios para equipos habilitados para LONWORKS.



El uso de estándares IT hace posible la integración con los sistemas de la misma red corporativa. El soporte de protocolos abiertos como BACnet y LonTalk ofrece el aumento de posibilidades de integración de otros controladores y sistemas, incluidos la iluminación, los generadores eléctricos, la seguridad y el control de accesos, y otros muchos más.

El Sistema de Gestión y Control integra múltiples funciones, incluida la supervisión y control de los equipos e instalaciones, alarmas, así como el tratamiento y creación de archivos de datos históricos.

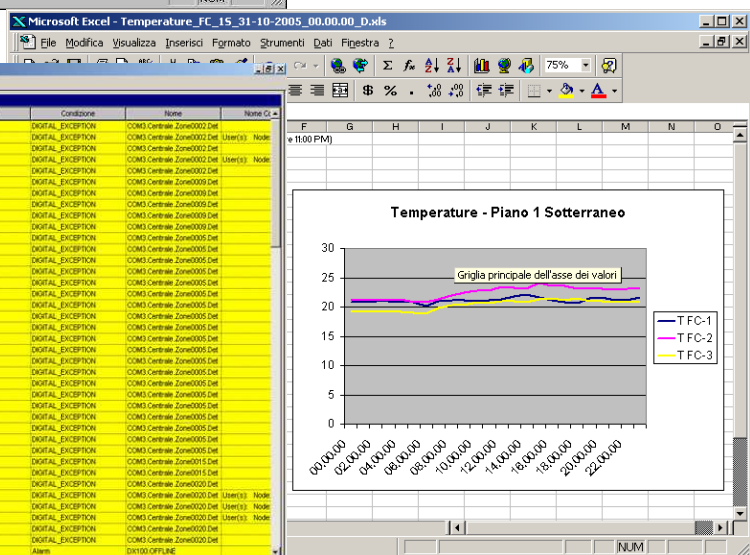
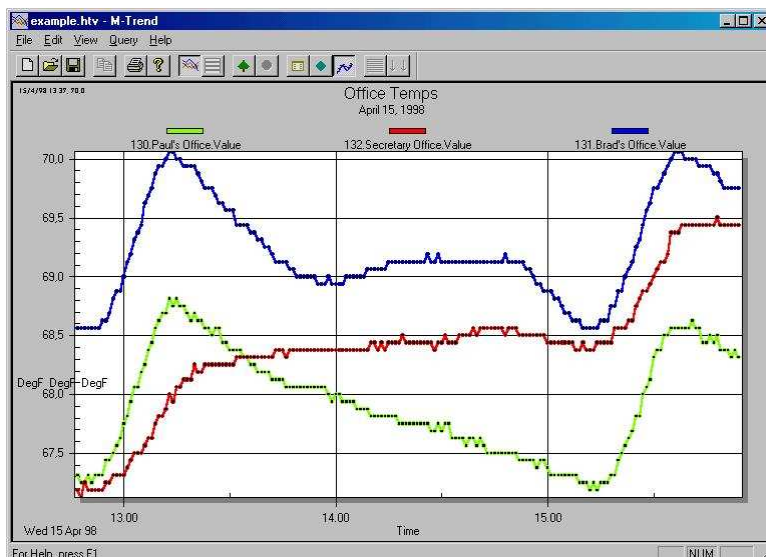


Fig. 5.- Tendencias, históricos y alarmas

El Puesto Central está basado en un ordenador tipo PC, conectado a la red Ethernet junto con los dispositivos NAE, a los que se unen las redes de controladores distribuidos mediante una red de buses de comunicación, asociados a la distribución de los controladores de las instalaciones, permitiendo de esta manera el acceso a todos los parámetros de funcionamiento de éstos y a los valores de las variables controladas en los mismos. La operación y manejo del Puesto Central se realiza en entorno gráfico mediante el sistema operativo Windows XP, poniendo de esta manera al alcance del usuario toda la potencialidad y facilidad de manejo que aporta este entorno informático así como su capacidad para enlazarse con otras aplicaciones de software comercial disponibles (Hojas de cálculo, Bases de Datos, etc.). Cada Puesto de Control tendrá la siguiente configuración mínima: Procesador Pentium IV 3GHz. Memoria RAM de 512MB. Unidad de Disco Duro de 40GB. Unidad Lectora de CD-ROM 48x. Tarjeta gráfica de alta resolución. Sistema Operativo Microsoft WinXP. Monitor color de 17".

A continuación se pueden observar algunos ejemplos de visualización gráfica



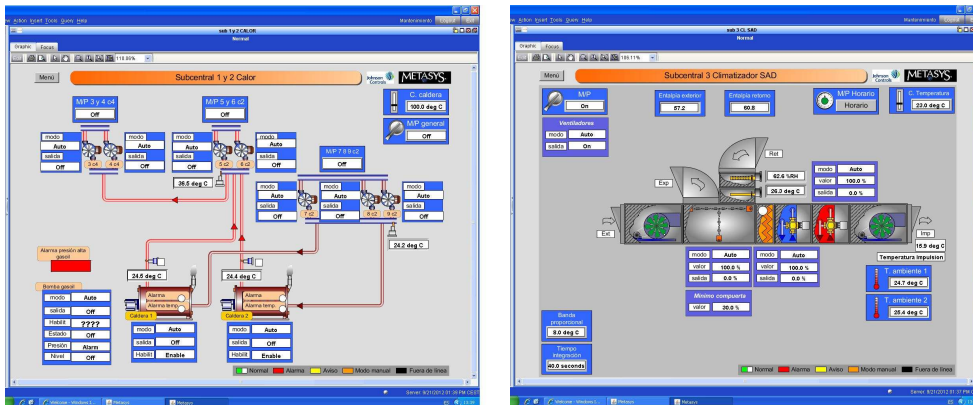


Fig. 6.- Ejemplos de visualización gráfica.

La arquitectura del Sistema Integrado de Gestión y Control de las Instalaciones Electromecánicas del Edificio está basado en la utilización de controladores microprocesados, en el nivel de proceso, que realizan funciones rutinarias de control DDC, libremente programables unidos a un bus de comunicación. Con esta arquitectura, se dispone en el Edificio de un Sistema de Gestión y Control totalmente distribuido en el que los diferentes controladores están próximos a las instalaciones que controlan, simplificando la instalación eléctrica del mismo y facilitando de manera importante las tareas de mantenimiento posterior.

Todos los dispositivos, tanto en red local como vía remota, permiten el acceso a la información sobre los estados de cada punto de control y a los informes de datos de aplicación, o ejecutan funciones de control sobre cualquiera de los demás dispositivos de la red. El acceso a los datos está basado en la identificación lógica de los equipos del sistema y no está restringido por la configuración del hardware del sistema general de gestión del edificio. La configuración es totalmente transparente para el usuario cuando éste acceda a los datos, o trabaje con programas de control.



Esta tecnología de integración de los controladores distribuidos en el mismo bus de comunicación, independientemente del tipo de controlador y de la aplicación, incluso integrando equipos de fabricantes diferentes que trabajan con protocolos de comunicación distintos, permitirá trabajar con un solo tipo de bus de comunicaciones en la red de Controladores de Proceso, no siendo necesario utilizar interfaces ni módulos de comunicación intermedios. Esta característica, unida a un tratamiento de la información orientado a los cambios de estado de las variables controladas, hace que el grado de eficiencia de las comunicaciones sea muy elevado.

Los nodos de aplicación NAE realizan la función de monitorización de todas las variables del sistema, tanto puntos físicos como valores calculados o parámetros de los controladores, tales como puntos de consigna. Cada nodo pueden integrar datos de controladores de hasta tres buses, en una única estructura común de objetos.

CONTROLADORES MICROPROCESADOS DISTRIBUIDOS

El sistema de gestión instalado cuenta con los siguientes controladores:

- 1 Ud. Controlador FX15 CLASSIC
- 2 Ud. Controlador FX14
- 3 Ud. Controlador FX07

Se describen las características principales de cada uno de ellos.

CONTROLADOR FX15 CLASSIC



Cada controlador libremente programable FX15 Classic funciona como controlador independiente capaz de realizar las tareas de control especificadas, independientemente de los demás controladores de la red.

El controlador FX15 Classic gestiona y registra las alarmas que están asociadas a los puntos de datos y a las variables de la aplicación de control. Las alarmas de la aplicación indican al usuario que el equipo controlado requiere atención o que las condiciones controladas no están dentro de los límites esperados

El controlador FX15 Classic tiene un reloj de tiempo, reloj que soporta todas las funciones en tiempo real, incluida la visualización del sello de fecha/hora de cada evento. El reloj de tiempo real también habilita la programación horaria de los comandos de marcha y paro y los cambios del punto de consigna de la planta que se está monitorizando y controlando. Los comandos programados se pueden configurar para que se ejecuten uno o más días de la semana y un calendario de días de excepción que admite horarios de festivos o durante periodos especiales del año. El reloj de tiempo real lleva una batería que tiene una vida media de más de dos años.

El FX15 Classic es un controlador completamente programable y la aplicación se puede cargar en el controlador a través del PC, utilizando FX TOOLS 2o cargándola / descargándola a través de la llave de programación FX.

Cada FX15 Classic será un procesador de control digital en tiempo real, basado en microprocesador, multitarea que soportará los siguientes tipos de señales de entrada y salida:

- Las entradas analógicas supervisan los siguientes tipos de señales: A99/NTC k10, 2k2, 4-20 mA, 0-10 V, 0-5 V proporcional .La selección del sensor de temperatura se hará según el rango de control y la aplicación



- Las entradas digitales supervisan los cierres por contacto libre de tensión. La entrada incluirá el filtrado que elimine las señales resultantes de "rebotes" de la entrada.
- Las entradas de contador supervisan los pulsos de un contacto libre de tensión con una resolución de entrada como mínimo de 1 HZ.
- Las salidas analógicas proporcionan las siguientes señales de control: 4-20 mA, 0-10 VCC.
- Las salidas digitales proporcionan contactos de salida libre de tensión, mediante salidas de relé.
- Las salidas triestado son pares de salidas digitales que se usan como contactos de control de Cerrar/O/Abrir.

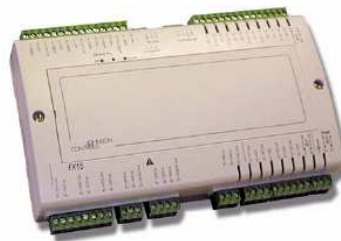


Fig. 7.- Controlador microprocesado programable FX15 Classic

CONTROLADOR FX14

El FX14 es un controlador de alto rendimiento con un potente microprocesador de 16 bits y software innovador para el control preciso de muchos tipos de aparatos mecánicos y eléctricos. El controlador tiene 29 entradas y salidas físicas y soporta una amplia gama de sondas de temperatura y equipos actuadores.

Además, soporta sondas activas para la medición de la humedad, la presión y otras variables. El FX14 también contiene un reloj de tiempo real incorporado



que permite la programación horaria de la marcha paro del equipo y secuencias de control basadas en tiempo real.

Los parámetros de la aplicación de control se pueden visualizar y modificar desde cualquier Display de Cristal Líquido (LCD) integrado y opcional que disponga de un conjunto de iconos gráficos de estado utilizados en las aplicaciones HVAC/R más comunes, o desde un panel remoto o una Interfaz del Usuario Mediana (MUI) montada en la pared. El controlador FX14 está disponible con tarjetas de

comunicación enchufables que permiten integrar el controlador dentro de una red N2 Open o

LONWORKS® en un Sistema de Automatización de Red.

El controlador de campo FX14 es totalmente configurable y programable, mediante el paquete de software FX Tools.



Fig. 8.- Controlador microprocesado programable FX14

CONTROLADOR FX07

El FX07 es un controlador para unidades terminales de la gama de productos Facility Explorer. El controlador está diseñado específicamente para aplicaciones de Calefacción, Ventilación, Aire Acondicionado y Refrigeración (HVACR). El controlador tiene 17 entradas y salidas físicas y soporta una amplia gama de sondas de temperatura y equipos actuadores. Además,



soporta sondas activas para la medición de la humedad, la presión y otras variables. El FX07 también contiene un reloj de tiempo real incorporado que permite la programación horaria de la marcha-paro del equipo y ecuencias de control basadas en tiempo real. El FX07 tiene un atractivo Display de Cristal Líquido (LCD) con un conjunto de iconos gráficos que se utilizan en las aplicaciones HVACR más comunes. EL controlador también soporta un panel remoto o una interfaz del usuario mediana (MUI) montada en la pared. Hay disponibles tarjetas de comunicación que permiten integrar el controlador dentro de una red N2 Open o LONWORKS® de un sistema de automatización de edificios.

Para aplicaciones independientes, el controlador de campo FX07 también dispone de servicios de comunicaciones para transmitir mensajes de notificación de eventos a través del Servicio de Mensajes Cortos (SMS). El controlador para unidades terminales FX07 es totalmente configurable y programable, mediante el paquete de software FX Tools, para usarlo en una amplia gama de aplicaciones HVACR comerciales. En estas aplicaciones se incluyen los compresores de refrigeración pequeños, las unidades de control cerrado, equipos de tratamiento de aire roof-top, unidades fan-coil, ventiladores de unidades e instalaciones de techos calientes y fríos.



Fig. 9.- Controlador microprocesado programable FX07

CONEXIONADO ELÉCTRICO



El equipo de campo se conecta eléctricamente a los Controladores Microprocesados, siendo las señales correspondientes de los siguientes tipos:

Entradas Analógicas: Señales procedentes de los sensores de temperatura, humedad, presión, etc, generalmente en el rango 0-10 Vcc que, de acuerdo con el rango y unidades establecidas, permite conocer el valor de lectura correspondiente

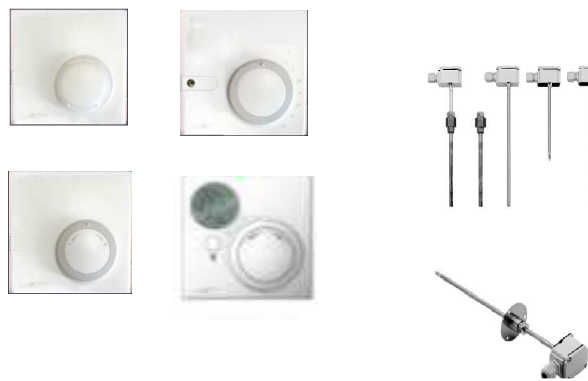


Fig. 10.- Sensores

- **Entradas Digitales:** Señales de contactos eléctricos, libres de tensión, que informan del estado de un contacto, relé, interruptor o equipo de protección (interruptor de flujo, presostato, termostato), mediante las cuales se registrará el funcionamiento de un equipo o la situación de anomalía del mismo.
- **Salidas Analógicas:** Son las señales progresivas, generalmente en el rango 0-10 Vcc, que los Controladores Microprocesados envían a los actuadores de compuerta, actuadores de válvula, etc, para su posicionamiento según los requerimientos del proceso.



Fig. 11.- Válvulas

- Salidas Digitales: Son señales que, procedentes de los Controladores Microprocesados, se utilizarán para dar órdenes de arranque/parada o conexión/desconexión de equipos actuando sobre contactores y relés de maniobra. Estas órdenes se ejecutarán a través de contactos libres de tensión.

El cableado utilizado para los puntos de control correspondientes a los tipos de señales descritas tienen las especificaciones siguientes:

- Entradas y Salidas Digitales = **2x1 mm²**.
- Entradas y Salidas Analógicas = **3x1 mm², apantallado** (en distancias menores de 15 metros se podrá utilizar cable sin apantallar).
- El bus N2 que conectará los controladores con el puesto central, será de tipo **3x1 mm² ó 2x2 mm²** trenzado y apantallado.
- El bus N1 será del tipo RG58 o bien podrán utilizarse los puntos de conexión Ethernet dispuestos en el edificio. Otros soportes físicos para las líneas de comunicaciones del Sistema de Gestión serán la fibra óptica y los sistemas de cableado estructurado.



FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA DE GESTIÓN

A continuación se describe la gestión del funcionamiento de todas las instalaciones incluidas en el sistema de gestión.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN

PRODUCCIÓN FRÍO

Se dispone de dos enfriadoras para el abastecimiento de agua fría a los Climatizadores y Fancoils.

Estos equipos funcionarán según un horario establecido desde el Sistema de Control.

El operador habilita los grupos que desee que entren en marcha. Una vez realizada esa operación arrancaremos las bombas del circuito primario, posteriormente se dará orden de apertura de las válvulas de los grupos, una vez recibido el estado de confirmación de apertura y la señal de estado del interruptor de flujo se procederá a autorizar el arranque de los grupos, que trabajarán según la consigna de temperatura de agua programada en su propia centralita.

La selección de la puesta en marcha de cada una de las dos bombas de los grupos de bombeo de secundario, está condicionada a las horas de funcionamiento, es decir, se igualará el tiempo de funcionamiento en las bombas del mismo grupo. Además si el sistema pide la puesta en marcha de una de las dos bombas y ésta no responde, pedirá la puesta en marcha de la otra bomba que estaría como reserva, si la hubiese.

Existen como alarmas y dará aviso por pantalla del ordenador:

- La Alarma general de la máquina.
- La falta de flujo de agua.
- Las temperaturas fuera de rango



Algunas señales de alarmas son temporizadas para eliminar los fallos fugaces o de arranques de equipos

Procedimiento de arranque de los equipos:

- Se pondrán en marcha las bombas de circulación asociadas a la unidad.
- Se comprobará si en el circuito de condensación existe flujo.
- Cuando se den todas las condiciones necesarias para el arranque se dará la orden.

Procedimiento de paro:

Inverso a lo descrito anteriormente. Temporizando la parada de las bombas para la descarga del circuito.

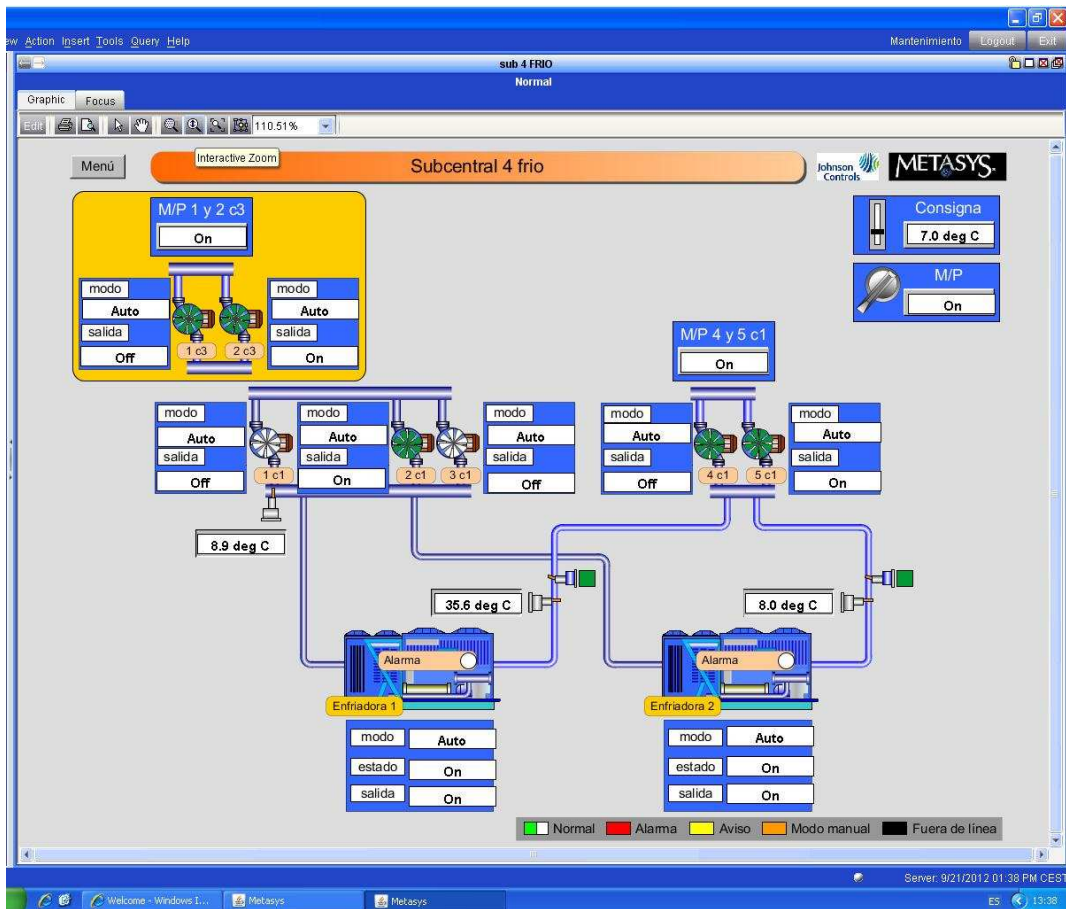


Fig. 11.- Ejemplo de visualización de Producción



PRODUCCIÓN CALOR

Se dispone de dos calderas para el abastecimiento de agua caliente a los Climatizadores, Fancoils y para el suministro de agua caliente sanitaria del edificio.

Estos equipos funcionarán según un horario establecido desde el Sistema de Control.

El operador habilitará los grupos que desee que entren en marcha. Una vez realizada esa operación arrancaremos las bombas del circuito primario, y se procederá a autorizar el arranque de las calderas.

La selección de la puesta en marcha de cada una de las dos bombas de los grupos de bombeo de secundario, está condicionada a las horas de funcionamiento, es decir, se igualará el tiempo de funcionamiento en las bombas del mismo grupo. Además si el sistema pide la puesta en marcha de una de las dos bombas y ésta no responde, pedirá la puesta en marcha de la otra bomba que estaría como reserva, si la hubiese.

Existen como alarmas y dará aviso por pantalla del ordenador:

- La Alarma general de la máquina.
- La Alarma por alta temperatura de humos
- Las temperaturas fuera de rango

Algunas señales de alarmas son temporizadas para eliminar los fallos fugaces o de arranques de equipos

Procedimiento de arranque de los equipos:

- Se pondrán en marcha las bombas de circulación asociadas a la unidad.

- Cuando se den todas las condiciones necesarias para el arranque se dará la orden.

Procedimiento de paro:

Inverso a lo descrito anteriormente. Temporizando la parada de las bombas para la descarga del circuito.

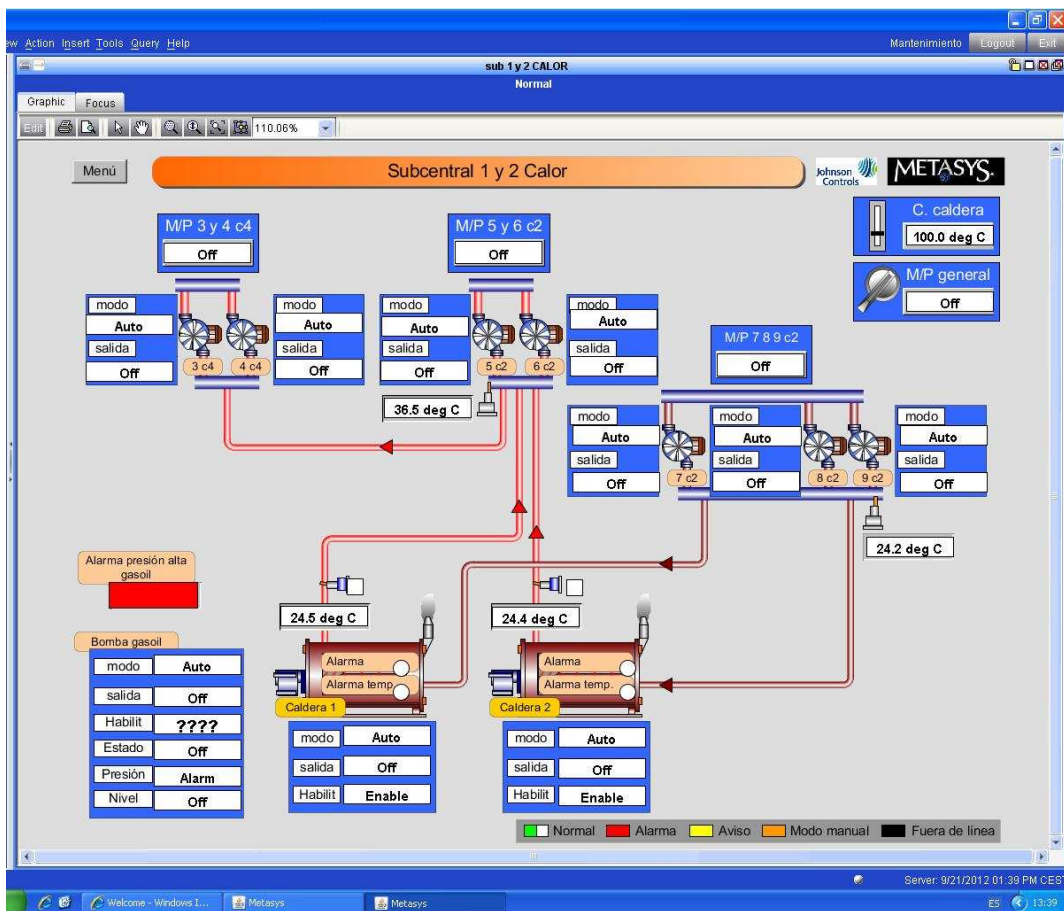


Fig. 12.- Visualización sistema producción calor



CLIMATIZADORES

CL 4 TUBOS CON FREE-COOLING ENTÁLPICO

El arranque del climatizador se realizará automáticamente a través del teclado del puesto central o por un horario definido, el arranque también se puede forzar con el botón de M/P general desde el puesto central.

La temperatura se controla mediante una sonda situada en retorno, actuando sobre el free-cooling y las baterías a través de reguladores tipo PI.

Mediante un presostato diferencial será posible generar una alarma de filtro sucio cuando el nivel de colmatación supere una presión diferencial de acuerdo a la consigna facilitada por el fabricante.

Las compuertas de free-cooling se posicionarán proporcionalmente a la demanda de temperatura, comparando en todo momento la entalpía del aire de retorno y del exterior para elegir el que energéticamente sea más adecuado, asegurando de esta forma la máxima economía.

Cuando no sea posible cubrir la demanda con este sistema, entrará en funcionamiento la batería de frío/calor, variando la apertura de la válvula de circulación de agua mediante un regulador tipo PI.

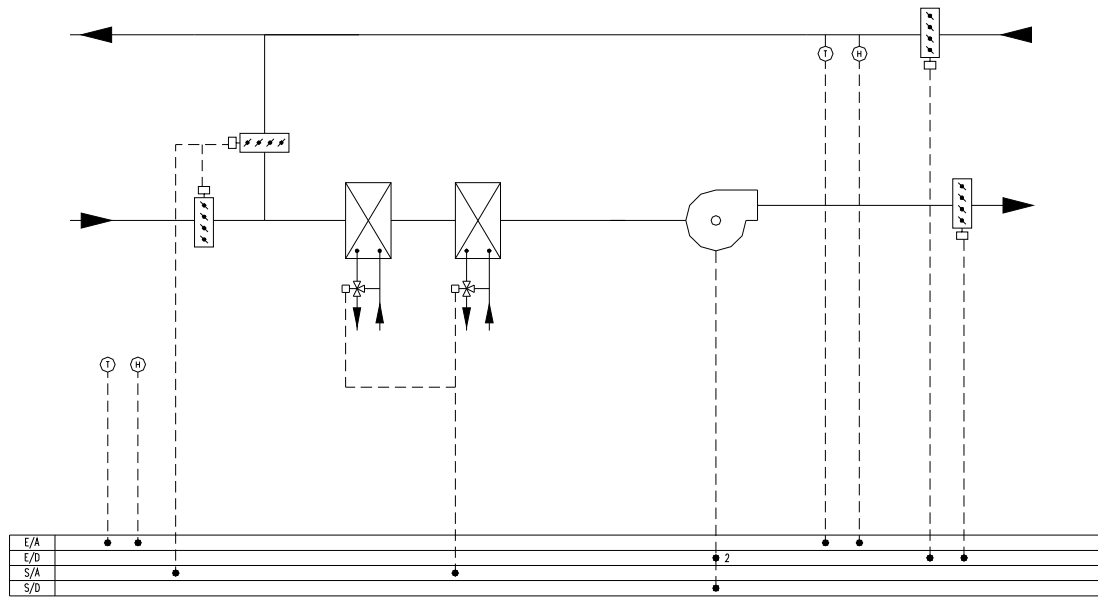


Fig. 13.- Esquema de señales de control climatizador

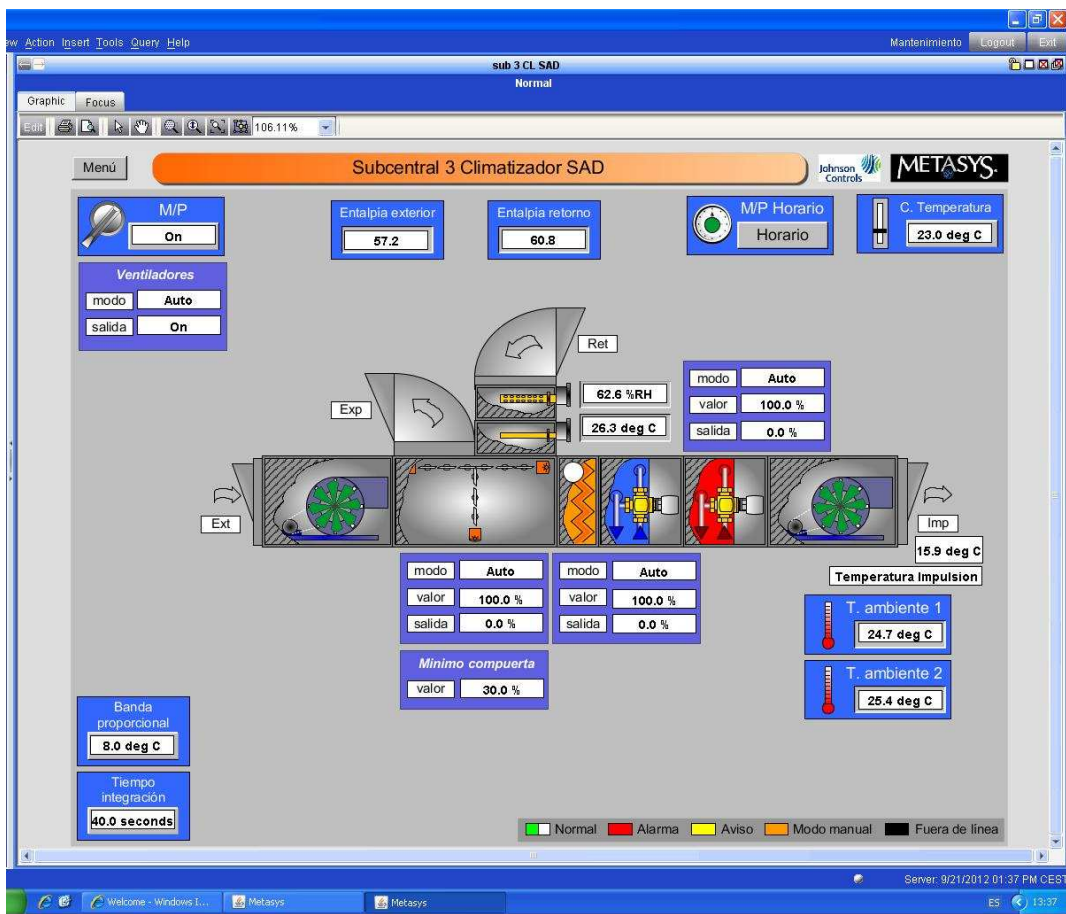




Fig. 1 Ejemplo visualización climatizador



FAN-COILS

Se considerarán diferentes grupos de fancoils según las necesidades en el edificio el funcionamiento de cada uno de estos grupos será habilitado o inhabilitado actuando mediante una señal digital todo / nada sobre la alimentación de los equipos, pudiendo establecer horarios de funcionamiento para cada grupo modificables por el usuario desde el puesto central, también se recogerá eléctricamente la confirmación del estado de funcionamiento o inhabilitación de cada grupo.

CAJAS DE ENSAYOS

Se controlarán 12 cajas de ensayos en el edificio leyendo la temperatura ambiente mediante sondas de temperatura instaladas cada sala, esta lectura posibilitará la actuación sobre las válvulas de cada caja modulando el porcentaje de apertura de las mismas para conseguir la consigna establecida en el puesto central.



SITUACION ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

El consumo de energía de un edificio de uso público está relacionado directamente por el nivel de ocupación del mismo.

Partiendo de una ocupación “básica” definida por el uso de las oficinas y personal de mantenimiento, puede presentarse a partir de ahí una gran variedad de situaciones.

La determinación de la curva de carga energética del edificio se planteará en función de lo anterior.

La carga energética del edificio tiene un reparto aproximado de:

- 80% - CLIMATIZACIÓN
- 20% - ILUMINACIÓN

Analizamos a continuación la situación actual y con los datos que poseemos de la experiencia en el uso desarrollamos una Auditoría Energética inicial:

SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE FRÍO

El sistema de producción de frío del Auditorio está formado por dos enfriadoras, situadas en el sótano, con dos compresores cada una, 2 bombas de impulsión de 15 KW y 3 bombas de retorno de 10 Kw, con circuito único (sin distinción entre primario y secundario).

Esta situación implica para el caso de los ventiladores un funcionamiento en cascada, no siendo posible ajustar el consumo eléctrico a la demanda real de la instalación. Para el caso de las bombas, deben estar obligatoriamente en funcionamiento continuo los motores eléctricos de las mismas ya que la parada de una de las bombas afecta a la distribución y equilibrado de caudales en los circuitos secundarios del edificio.



Fig. 15.- Plantas Enfriadoras



Fig. 16,- Bombas Impulsión y Retorno

Mejoras propuestas

La instalación de variadores de frecuencia en las bombas de secundario supondría poder ajustar el consumo de las bombas a la demanda real de la instalación.

Instalación de variadores de frecuencia en ventiladores de las evaporadoras, lo que permitirá ajustar su funcionamiento a la necesidad de disipación de calor real de las enfriadoras.

Instalación de un control de secuencia de equipos para optimizar el funcionamiento de las enfriadoras existentes, persiguiendo su funcionamiento en el punto de máxima eficiencia.



Pasamos a detallar a continuación una primera estimación de consumos eléctricos en bombas y ventiladores evaporadores conforme está actualmente la instalación, para compararlo posteriormente con los consumos previstos en caso de realizar todas las modificaciones indicadas anteriormente:

Modo funcionamiento	Kw	nº Uds. simultáneas	kW	horas/día	días/mes	mes/año	horas/año	kWh/año energía final	kWh/año energía primaria (2,67 kWh EP/kWh EF)	Emisiones de CO2 kg/año (649 g de CO2/Kwh)
Bombas de Impulsión 100% sin variador	15	1	15	24	30	11	7.920	118.800	317.196	205.860
Bombas de frío inductores 100% sin variador	11	1	11	24	30	11	7.920	87.120	232.610	150.964
Ventiladores evaporadores 100% sin variador	13,2	1	13,2	16	30	11	5.280	69.696	186.088	120.771
								275.889	735.894	477.325

Bombas	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
	41%	39%	42%	44%	61%	69%	100%	40%	63%	73%	62%	43%
Con variador	9.426	8.966	9.656	10.115	14.024	15.863	22.990	9.196	14.483	16.782	14.254	9.886
								kWh/año energía final	kWh/año energía primaria (2,67 kWh EP/kWh EF)	Emisiones de CO2 kg/año (649 g de CO2/Kwh)		
								155.641	415.561	269.699		



Además se debería contemplar un ahorro por el funcionamiento más eficiente de los equipos.

ENERGÍA PRIMARIA/ENERGÍA FINAL 2,67 kW/kW			
COSTE DE ENERGÍA €/kWh	0,168583		
EMISIONES DE CO₂ 0,649 kg de CO₂/kWh			
ENERGÍA FINAL ANUAL CONSUMIDA	kWh	COSTE EN €/AÑO	AHORRO
ANTES DE LA ACTUACIÓN	275.889	46.510	43,5%
DESPUÉS DE LA ACTUACIÓN	155.641	26.238	
AHORRO DE ENERGÍA FINAL	120.248	20.272	
ENERGÍA PRIMARIA ANUAL	kWh		
ANTES DE LA ACTUACIÓN	735.894		
DESPUÉS DE LA ACTUACIÓN	415.561		
AHORRO DE ENERGÍA PRIMARIA	320.333		
EMISIONES Kg DE CO₂/AÑO	Kg CO₂/AÑO		REDUCCIÓN
ANTES DE LA ACTUACIÓN	477.325		43,5%
DESPUÉS DE LA ACTUACIÓN	269.699		
REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES	207.626		



TOTAL AHORRO ESTIMADO AÑO	20.272	€
INVERSIÓN ESTIMADA A REALIZAR	90.000	€
TIEMPO DE RECUPERACIÓN INVERSIÓN	4,43	años

El importe de la inversión a realizar hay que tomarlo como un dato estimado, ya que para hacer un número fiable sería necesario un estudio exhaustivo de necesidades y equipamiento.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CALOR

Está compuesto por dos calderas ROCA Atmosférica CC-112, de las que solo funciona una, estando la otra en reserva. Los quemadores modulantes/progresivos adaptándose la producción a la demanda real en cada momento, esto supone un ahorro anual aproximado del 5% de consumo energético. Se disponen dos bombas de calefacción de 3 Kw para la impulsión y tres bombas para el retorno de 1,5 Kw. Funcionando estas de manera alternativa.





Fig. 17.- Equipos Producción Calor

Mejoras propuestas

Instalación de variadores de frecuencia en las bombas de secundario de calefacción (se aprovecharían las existentes) para su funcionamiento en función de la demanda con control de ajuste de las curvas de funcionamiento.



SISTEMA DE CLIMATIZADORES

Para el sistema de climatizadores vamos a estudiar principalmente el edificio del Auditorio, que es el que más demanda energética tiene, ya que su



uso es prácticamente diario y el del Centro de Convenciones es esporádico. De todas maneras gran parte de las soluciones propuestas para un edificio son viables para el otro.

En diferentes plantas de los edificios hay unos 13 climatizadores de aire de distintas potencias y características.



Fig. 18.- Climatizadores

Mejoras propuestas

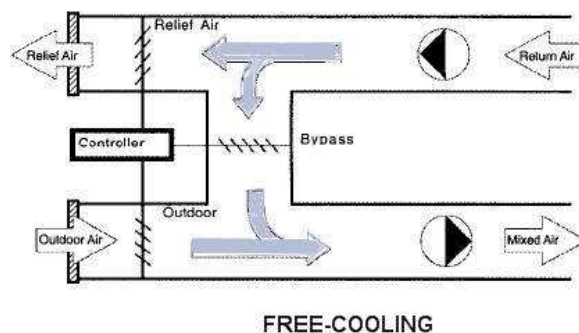
En determinados climatizadores, según el uso a que se destinan y considerando su configuración, se estudiará la posibilidad de:

Instalación de variador de velocidad para el ventilador. Permitirá importantes ahorros de energía así como ajustar el caudal de aire a la demanda real del local, en función de su uso.



Hay que considerar que dependiendo del tipo o uso del local se pueden alcanzar importantes ahorros energéticos, para ello se realizaría un estudio pormenorizado del mismo, indicándose en cada caso la conveniencia de su instalación.

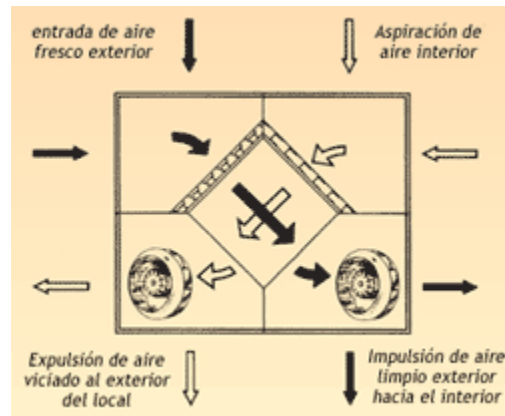
Instalación de sistema de enfriamiento gratuito por aire exterior. Permite el ahorro de energía en períodos donde la temperatura del aire exterior es favorable para el enfriamiento de locales.



Del mismo modo que para la instalación de variadores, hay que considerar que dependiendo del tipo o uso del local se pueden alcanzar importantes ahorros energéticos, para ello se realizaría un estudio

pormenorizado del mismo, indicándose en cada caso la conveniencia de su instalación.

Instalación de recuperadores de energía del aire de extracción.



Del mismo modo que para la instalación de variadores, hay que considerar que dependiendo del tipo o uso del local se pueden alcanzar importantes ahorros energéticos, para ello se realizaría un estudio pormenorizado del mismo, indicándose en cada caso la conveniencia de su instalación.

Instalación de válvulas de equilibrado dinámico en los climatizadores para equilibrado de los circuitos con volumen variable. Se deberá ejecutar conjuntamente con la instalación de variadores en las bombas de los circuitos secundarios, para conseguir un correcto equilibrado independientemente de la variación de caudal. Una instalación bien equilibrada ofrece las siguientes ventajas:

- Obtener el caudal de proyecto en las unidades de tratamiento de aire.
- Conseguir la correcta distribución del fluido en la instalación consiguiendo la eficacia de la misma.



- Compatibilidad total entre los caudales en el primario y los secundarios, evitando iteraciones.
- Ahorro energético al disminuir el caudal de agua a bombear ajustándose este a la demanda de la instalación.

INSTALACION DE CONTADORES DE ENERGIA ELECTRICA EN TODOS LOS CUADROS SECUNDARIOS.

El primer paso para un programa de ahorro de energía debe ser saber cuánta energía y dónde se consume.

Para un estudio detallado de la distribución de consumos en el edificio se necesita conocer dónde se concentran los consumos eléctricos más importantes: las salas de máquinas de climatización, alumbrado, Sala A, etc. Además sería necesario también disponer de información detallada por plantas, zonas y departamentos que permitieran evaluar los consumos más importantes.

Actualmente el cuadro de climatización del Auditorio dispone de monitorización de consumos, potencias e intensidades y se hacen anotaciones diarias de los mismos, pero para una correcta interpretación de consumos es recomendable la instalación de contadores de pequeño tamaño montados en carril DIN de los propios cuadros que, con los correspondientes transformadores de intensidad, registren de forma permanente el consumo en cada zona.

Con estos equipos se obtiene un gran número de parámetros eléctricos de forma continua. Su integración mediante un bus de comunicaciones hasta un ordenador con el software adecuado permitiría almacenar a lo largo del día,



durante todo el año, el consumo instantáneo de energía en cada zona del edificio.

De esta manera se podría conocer el consumo total y por zonas y analizar, por orden de importancia, los consumos más significativos para estudiar los motivos, horarios de funcionamiento, consumos que se dejan en servicio sin necesidad, etc., etc.

Se puede estimar el coste de instalación de cada equipo en 400 euros por unidad. Además la conexión con la red de comunicaciones, la mano de obra y la programación podrían suponer otros 300 euros adicionales. Por otro lado el coste del ordenador de control, las licencias del software de gestión, su programación e integración se estima en unos 8.000 euros.

Con el criterio de un total aproximado de 7 cuadros secundarios el coste estimado de la inversión sería de:

$$7 \times (400 + 300) + 8.000 = 12.900 \text{ euros en total.}$$

En cuanto el sistema estuviera operativo podrían establecerse controles periódicos de consumo, establecer comparativos e incluso incentivar al personal encargado de la supervisión por el ahorro obtenido.

De otras experiencias similares es posible estimar un ahorro en los consumos de hasta el 10 % mediante el análisis de la información obtenida y la adopción de las medidas de ahorro necesarias. Durante algún tiempo no se ahorraría nada porque sería necesario recopilar y analizar datos: consumos instantáneos, consumos medios, consumos punta, horarios, etc, etc. Una vez analizados se adoptarían medidas de ahorro que empezarían a producir algún resultado.



Con un consumo medio estimado para el auditorio y según los estudios de explotación realizados por Elecnor desde el mes de Marzo, obtenemos un consumo de 943.710 Kwh/año y un coste de 159.093 €/12 = 13.257 euros al mes, el ahorro previsto sería de 1.325 €/mes (10 %).

Y el tiempo de retorno de la inversión:

$$T = 12.900 \text{ euros} / 1.325 \text{ euros/mes} = \mathbf{9,73 \text{ meses o aprox. 1 año.}}$$

Posiblemente el ahorro real obtenido fuera algo inferior. Aun siendo conservadores y estimando un ahorro de sólo el 5 % la inversión se amortizaría al cabo de 2 años.

Además la instalación de equipos de medida es una condición previa indispensable para obtener la información necesaria para poder proponer el resto de medidas de ahorro.



COMPENSACION INDIVIDUAL EN LUMINARIAS.

Por último, consideramos conveniente mencionar la posibilidad de instalar, en cada una de las luminarias actuales, pantallas fluorescentes con balasto magnético B.F., condensadores individuales de compensación de la energía reactiva de cada aparato.

Para el tipo de pantalla fluorescente más usual observado de 4 x 36 w suponemos que sería necesaria la instalación de condensadores de 24 microfaradios. El coste de esta operación supondría un trabajo intensivo de mano de obra ya que el coste del condensador sería prácticamente despreciable en comparación con el tiempo de montaje por luminaria.

De esta manera se obtendría, seguramente, un factor de potencia muy próximo a la unidad lo que supondría un ahorro adicional pero con una inversión bastante significativa.

Dado que el tipo de iluminación también será objeto de propuestas más adelante dejamos sin evaluar el alcance de esta posibilidad.



INSTALACION DE ALUMBRADO. MEJORA DE CONSUMO POR CAMBIOS Y MODIFICACIONES EN APARATOS DE ILUMINACIÓN EXISTENTES.

Recientes estudios vienen a demostrar que el consumo de la iluminación en edificios públicos puede llegar a representar hasta el 18 % de todo el consumo eléctrico de un edificio y hasta el 9 % del consumo energético total.

Para la mejora en el consumo energético de esta parte de la instalación, como en el resto, son posibles diferentes tipos de actuación. Se puede estudiar la sustitución de las luminarias empleadas actualmente con una mejora significativa del consumo y un coste considerable; puede sustituirse el tipo de lámpara manteniendo la luminaria o sustituir la pantalla completa por otra de otro tipo mucho más eficiente.

Se pueden estudiar cambios parciales: o bien de aquellos aparatos situados en las zonas que permanezcan encendidas durante más tiempo, o en pasillos, en habitaciones, etc. Intentaremos abordar diferentes propuestas de menor a mayor grado de intervención.

SUSTITUCION DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES ACTUALES MANTENIENDO LAS LUMINARIAS.

La solución más sencilla supondría la sustitución de las lámparas fluorescentes actuales por otras de mejor rendimiento: menor consumo y mayor nivel lumínico y vida útil.

La primera propuesta de cambio sería sustituir los tubos fluorescentes actualmente instalados del tipo TL-D (T8) por otros del tipo MASTER TL-D Eco de Philips (o equivalentes de otra marca).

Esta serie de lámparas tiene una serie de ventajas con relación a los actualmente instalados:

Nuevos fósforos especiales para ahorrar más de un 10 % de energía.

Excelente rendimiento cromático ($R_a > 80$).

Flujo luminoso superior a un T12/T8 estándar. (Hasta 3.000 lúmenes para el de 32 w).

Vida útil prolongada y fiable: 12.000 horas con balasto magnético.

Mínimo contenido de mercurio. 2 mg.



Adoptando el último valor de la energía eléctrica consumida de 943.710 Kwh/año y suponiendo un 18 % de esa potencia destinado a iluminación:

$$P_{\text{iluminación}} = 0,18 \times 943.710 \text{ Kwh/año} = 169.867,8 \text{ Kwh/año}$$

Suponiendo que un 15 % de esa potencia la consuman los balastos magnéticos la verdaderamente destinada a iluminación:



$$P_{\text{iluminación}} = 0,85 \times 169.867,8 \text{ Kwh/año} = 144.387,63 \text{ Kwh/año}$$

Admitiendo que el horario medio de funcionamiento del alumbrado total estaría en las 16 horas compensando los aparatos de iluminación que permanecen las 24 horas del día encendidas con las que sólo funcionan durante el día, se podría estimar la potencia instantánea de consumo de iluminación:

$$144.387,63 \text{ Kwh/año} / (365 \text{ días/año} * 16 \text{ horas/día}) = 24,72 \text{ Kw}$$

de potencia instantánea media consumida por la iluminación.

Lo que "asimilándolo" a lámparas fluorescentes de 36 w supondría:

$$\text{Número de lámparas} = 24.720/36 = 686 \text{ lámparas.}$$

Dado que el coste de la lámpara es de 6,24 € y su sustitución puede estimarse en ¼ hora a un precio de 14,52 €/h (IVE 2010) el coste total de sustitución por lámpara será de: $6,24 + 0,25 \times 14,52 = 9,87$ euros.

El coste "extrapolado" a todo el centro:

$$686 \text{ lámparas} \times 9,87 \text{ euros/lámpara} = 6.770,82 \text{ euros.}$$



Como el ahorro conseguido por lámpara será siempre superior al 10 %
((36-32)/36 = 11%) el ahorro estimado sería de:

$$0,10 \times 2.028,44 \text{ €/mes: } 202,84 \text{ euros al mes.}$$

Y el periodo de recuperación de la inversión:

$$6.770,82/202,84= 33 \text{ meses ó } \mathbf{3 \text{ años.}}$$

Sería necesario también evaluar el ahorro obtenido en su mantenimiento. Según datos del fabricante la **vida útil** de este tipo de lámparas con balasto magnético es de 12.000 horas y la **vida media** de 15.000 horas.

Definiremos el significado de estos términos:

VIDA MEDIA: la define el valor medio estadístico resultante del análisis de ensayo de una población de lámparas de un lote representativo trabajando en condiciones específicas. O lo que es lo mismo, se define como el tiempo transcurrido hasta que falla el 50% de las lámparas de dicho lote representativo, trabajando en unas condiciones específicas. La metodología de ensayo incluye siempre un ciclo de conmutación (encendido), el cual varía en función del tipo de lámpara y que está relacionado con las condiciones de



trabajo ideales; en el caso de lámparas fluorescentes, suelen emplearse 3 ciclos de conmutación de 3 horas (2,45 horas encendidas y 0,15 horas apagadas), mientras que para la de descarga el ciclo suele ser de 12 horas (11 horas encendidas y 1 hora apagadas). Como quiere que estas condiciones son controladas, es evidente, que en la vida real, con un mayor número de encendidos/apagados, lo normal es que la duración sea sustancialmente menor que la especificada por el fabricante.

VIDA ÚTIL: Parámetro realmente determinante, ya que en base a este dato, debemos establecer los periodos de reposición de las lámparas. Su valor es fijado en función de la curva de depreciación y supervivencia y normalmente se fija cuando las pérdidas entre las dos curvas suman un 20% o 30%.

Hay que ser consciente de que 12.000 horas son 2,7 años trabajando todos los días durante 12 horas diarias ó casi un año y medio permanentemente encendidas. Con esta durabilidad se conseguiría un considerable ahorro en costes de mantenimiento a añadir al ahorro por consumo.

Otras propuestas de cambio de lámparas serían el empleo de lámparas:

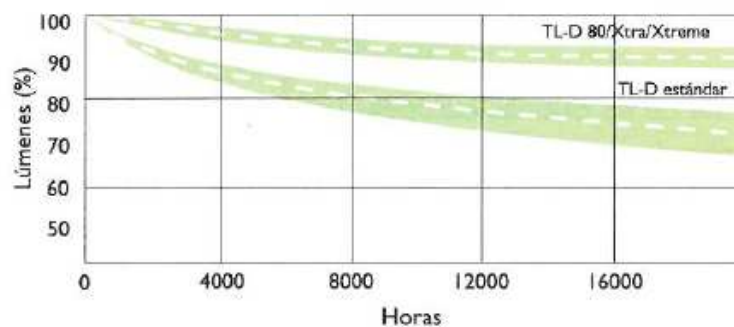
Tipo MASTER TL-D XTRA POLAR con una vida útil de 24.000 horas. (Casi 6 años trabajando todos los días durante 12 horas diarias ó casi tres años



permanentemente encendidas). Estas lámparas tienen un coste de 26,88 euros/unidad.

Tipo MASTER TL-D XTREME con una vida útil de 40.000 horas. (Más de 9 años trabajando todos los días durante 12 horas diarias ó casi cinco años permanentemente encendidas). Estas lámparas tienen un coste de 20,76 euros/unidad.

Mantenimiento del flujo de MASTER TL-D
Super 80 frente a fluorescencia estándar



SUSTITUCION DE LAS LAMPARAS MANTENIENDO LAS LUMINARIAS CON KIT DE ADAPTACION A TL-5.

Un fabricante comercializa un tipo especial de lámpara TL-5 que incorpora en los extremos portalámparas de conexión compatibles con el de los tubos T8. De este modo se pueden sustituir en una pantalla las lámparas T8 por otras TL-5 sin sustituir la pantalla completa. Se consigue, de este modo, una considerable mejora en el consumo y el rendimiento energético. Las lámparas TL-5 necesitan para funcionar correctamente **balasto electrónico** en

lugar del balasto magnético que tienen las pantallas actuales. Con un kit ideado por un proveedor especializado ya se incorpora en el conjunto lámpara y bastidor el tubo TL-5 y su balasto electrónico para que sea totalmente compatible con los portalámparas de una pantalla para tubos T8.



Según nuestra información el coste de suministro de cada kit formado por lámpara TL5 de 28 w + balasto que sustituyera a una lámpara T8 de 36 w sería de 30 €/Ud. Además el tiempo empleado en realizar el trabajo de sustituir las cuatro lámparas de cada una de las pantallas sería de cómo mucho 20 minutos por pantalla ó $0,33 \times 20,00 = 6,6$ €. Por lo tanto el coste de sustituir en una pantalla las cuatro lámparas T8 por TL5 sería de 126,6 euros por pantalla.

El consumo de una pantalla con 2 lámparas de 36 w sería de $2 \times 36 = 72$ + 15 % de los balastos electromagnéticos, en total 82,8 w aproximadamente.

El de la pantalla con los tubos TL5: $2 \times 28 + 5$ % de los balastos electrónicos = 58,8 w.



Luego se obtendría un ahorro de 24 w por pantalla. El ahorro en el consumo de toda la instalación de alumbrado sería del 29 %.

Adoptando el último valor de la energía eléctrica consumida de 943.710 Kwh/a con un coste total de 159.093 euros y un coste medio del Kwh de 16,85 céntimos de euro.

Habiendo estimado un número total de 686 lámparas ó 343 pantallas con un coste de sustitución de:

$$126,6 \text{ €/pantalla} \times 343 \text{ pantallas} = 43.218 \text{ euros.}$$

Y con un ahorro del 29 % en el 18 % del consumo total destinado a iluminación:

$$0,27 \times 2.028,44 \text{ €/mes} = 547 \text{ euros al mes.}$$

Y un periodo de retorno de la inversión de:

$$43.218 / 547 = 79 \text{ meses ó } \mathbf{7 \text{ años.}}$$



SUSTITUCION DE LUMINARIAS EXISTENTES POR OTRAS CON BALASTO ELECTRONICO Y LAMPARAS TL-5.

En este caso sería viable la sustitución de las luminarias actualmente existentes por sus equivalentes con balasto electrónico y lámpara TL-5.

En el caso más representativo de las luminarias empotrables de 2 x 36 w con balasto magnético de dimensiones 1,2 x 0,6 m. se propone la instalación de luminarias tipo TBS260 3xTL5-24w/840 HFP de Philips ó cualquier fabricante de fiabilidad contrastada. Esta luminaria tiene un coste de 170 euros/ud. Si la mano de obra necesaria de desmontaje y retirada de la luminaria anterior y de instalación de la nueva la establecemos en 1 hora por aparato al coste de 14,52 €/h, el importe total por unidad sería de: $170 + 14,52 = 184,52$ euros/ud.

En el supuesto admitido de un número de aparatos de 686 lámparas/2 = 343 luminarias.

343 Uds. x 184,52 €/Ud.: 63.290,36 euros.

El consumo de la iluminación actual se ha estimado en 144.387,63 Kwh/año x 0,168583 = 24341,30 €/año /12 = 2.084 €al mes en alumbrado.

Si se sustituyen luminarias de 2 x 36 w: 72 w con balasto magnético (15 % de incremento en el consumo): en total 82,8 w. por sus equivalentes en rendimiento de 2 x 24 w: 48 w con balasto electrónico (5 % de incremento en el consumo): en total 50,4 w. El ahorro sería de más del 39 % y estimado en 812,76 euros/mes.



Con un periodo de recuperación de la inversión:

$$63.290,36 / 812,76 = 77 \text{ meses o menos de 7 años.}$$

Aunque con un considerable ahorro de mantenimiento ya que las lámparas TL-5 tienen una vida útil mínima de entre 24.000 y 47.000 horas.

RESUMEN DE LAS TRES POSIBLES ACTUACIONES PROPUESTAS.

TIPO DE ACTUACION	COSTE ESTIMADO (€)	AHORRO ESTIMADO (€/mes)	PERIODO AMORTIZACIÓN (meses)
SUSTITUCION LAMPARAS	6.770,82	202,84	33



FLUORESCENTES ACTUALES MANTENIENDO LAS LUMINARIAS.			
SUSTITUCION LAMPARAS MANTENIENDO LAS LUMINARIAS CON KIT DE ADAPTACION A TL-5.	43.218	547	79
SUSTITUCION LUMINARIAS EXISTENTES POR OTRAS CON BALASTO ELECTRONICO Y LAMPARAS TL-5.	63.290,36	812,76	77

INSTALACION DE SISTEMAS DE REGULACION DEL ALUMBRADO.

Otras actuaciones complementarias pueden consistir en la instalación de sistemas de control y regulación del alumbrado. En muchas zonas de los edificios se mantiene encendida la iluminación sin necesidad: puede que algunas luminarias estén encendidas aún en zonas con luz natural por depender del mismo circuito que otras en zonas más interiores. En otros casos se encienden con el resto de circuitos de encendido de forma mecánica desde el panel central de alumbrado o desde el sistema de gestión.

El control de alumbrado puede realizarse con diferentes niveles de complejidad y con diferentes decisiones de inversión.

Hemos observado que habitualmente el alumbrado de las cabinas de los aseos permanece encendido, sin que se esté haciendo uso del mismo. Con la instalación de pulsadores temporizados en lugar de los interruptores conseguiríamos disminuir el consumo en locales de acceso ocasional.



Pulsador temporizado de ORBIS.



El coste estimado de sustituir interruptores actualmente instalados por el pulsador temporizado de ORBIS se estima en:

45 euros/Ud.

Otra posibilidad sería instalar detectores de movimiento en las instalaciones técnicas del Auditorio y del Centro de congresos, para garantizar el control automático de la iluminación únicamente cuando exista presencia de los técnicos de mantenimiento, evitando así que la iluminación este encendida cuando no sea necesaria.

El CTE (Código Técnico de Edificación) obliga a disponer de sistemas de control que permitan ajustar el encendido a la ocupación real de la zona. Las zonas de uso esporádico deben disponer de un sistema encendido-apagado por detección de movimiento o por sistema de temporización.

Estos detectores tienen un ángulo de cobertura de 220° y un alcance de hasta 12m en función del grado de inclinación y garantizan la iluminación automática cuando la luz ambiente no es suficiente y detecta fuentes de calor en movimiento. Pudiendo regularse el umbral de luminosidad entre 3 lux y 1.000 lux. La temporización garantiza que la iluminación permanezca encendida durante un tiempo predefinido después de la última detección entre 1 segundo y 8 minutos.



Detector de presencia.

ARGUS 220 BASIC SCHNEIDER

De la misma manera proponemos la instalación de detectores de presencia en zonas de paso, como los pasillos de las zonas técnicas de los dos edificios así como en los pasillos de acceso a las zonas privadas de los edificios, ya que hemos observado que la gran mayoría de estas zonas están permanente encendidas, si bien es cierto que actualmente están encendidas de manera alternativa.

Con esta medida y según estudios estándares se puede conseguir hasta un 25% de ahorro energético.

El coste de instalación de un detector de presencia temporizado que mantenga encendidas las luminarias de una zona durante un periodo de tiempo determinado con el cableado correspondiente se estima en:

75 euros/Ud.

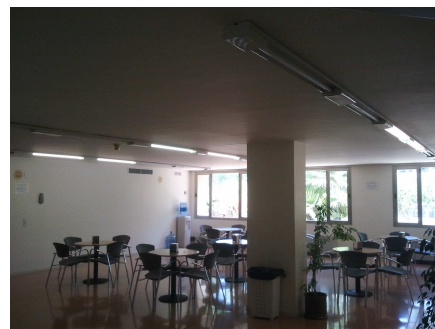




Fig. 19.- Zonas Auditorio

En despachos individuales donde cada usuario tiene un horario diferente se podrían instalar detectores de presencia que no permitan el funcionamiento del alumbrado salvo que el despacho esté ocupado.

APROVECHAMIENTO GRUPOS ELECTRÓGENOS ACTUALMENTE EXISTENTES.

Por tratarse de un centro con necesidades permanentes y tal y como es preceptivo, cada edificio dispone de un grupo electrógeno que atenderá los servicios del edificio considerados de emergencia. En este caso se alimentan desde el grupo la práctica totalidad de los servicios a excepción de la producción de climatización.

En condiciones normales estos equipos están parados. Sólo se encienden, una vez cada semana o cada 15 días, para mantenerlos en buen estado y garantizar su funcionamiento cuando sean realmente necesarios: en caso de fallo de suministro de red, averías, etc.



Un grupo electrógeno está formado por el motor de combustión y el generador. La eficacia del motor de combustión es muy baja: no suele alcanzar el 30 % ya que la mayor parte de la energía consumida se escapa en forma de calor. El rendimiento del generador si que puede ser importante: hasta del 87 % ya que las pérdidas se limitan al rozamiento del eje, las pérdidas térmicas en los conductores de los arrollamientos, las pérdidas magnéticas, etc. Del rendimiento del conjunto se puede estimar que un grupo electrógeno no superaría el 22 % de rendimiento total (relación entre la energía del combustible que quema el motor y la que el equipo proporcionaría).

Luego para obtener 1 Kwh eléctrico de un grupo electrógeno se debe de disponer de $1/0,22 = 4,5$ Kwh en el combustible. Dado que el poder calorífico del gasóleo es del orden de 43.000 Kj/kg ó 10.320 Kcal/Kg ó 8.772 Kcal/litro serían necesarios:

$$1 \text{ Kwh} = 1000 \text{ w} \times 3.600 \text{ sg} = 3.600.000 \text{ julios} = 864 \text{ Kcal.}$$

Para 4,5 Kwh ó 3.888 Kcal son necesarios $3.888/8.772 = 0,443$ litros.

A 1,26 €/litro producir 1 Kwh eléctrico con el grupo tendría un coste aproximado de:

$$0,443 \times 1,26 \text{ €/litro} = 0,5582 \text{ € por Kwh obtenido.}$$



En la actualidad, el coste por Kwh suministrado por compañía es de aprox: 0,1397 €/Kwh.

Aún en este caso, como el coste del Kwh eléctrico suministrado de la red está en permanente ascenso, puede ser rentable adoptar algunas de las soluciones siguientes:

Ya que es necesario disponer de grupos electrógenos y deben ponerse en marcha de vez en cuando se podrían establecer periodos de funcionamiento durante los que se cubra parte del consumo del edificio y no realizar los arranques de prueba en vacío como hasta ahora. Puede que los excesos de consumo realizados en horas punta penalicen la factura de la compañía y se puedan sustituir de este modo. De esta manera el arranque periódico obligatorio se aprovecharía para reducir la facturación de la compañía. El consumo del equipo no será el mismo en vacío que atendiendo parte de la carga pero debería estimarse cual sería ese consumo y su coste y cual el ahorro obtenido del consumo de compañía.

Aprovechar el calor del aire de refrigeración del radiador: la diferencia de temperatura del aire exterior a su entrada en el recinto y a la salida después de pasar por el radiador de los equipos podría aprovecharse para una batería de calentamiento también para la producción de ACS.

Estas medidas de aprovechamiento ya son comúnmente empleadas en aplicaciones de cogeneración. En este caso puede ser más sencillo no vender esta energía a la red, lo que conlleva trámites y elementos de regulación complejos, sino aprovecharla directamente.



INSTALACION DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS.

AUTOCONSUMO.

De sobra es conocido el auge de instalaciones solares fotovoltaicas para la producción de energía eléctrica y la venta de la energía producida. Hemos observado que el centro cuenta con una amplia superficie de cubiertas sin uso, en ambos edificios. Con los recientes cambios normativos los incentivos económicos no son tan interesantes como hace unos años. Sin embargo la inversión en este tipo de instalaciones sigue siendo rentable.

Realizando un estudio de la superficie disponible y la distribución de paneles en las cubiertas del Auditorio y del centro de Congresos se instalaría una serie de paneles fotovoltaicos.

Estas instalaciones tienen un pequeño coste de mantenimiento y se degradan con el paso del tiempo. La energía producida disminuye paulatinamente por el lógico deterioro de los elementos de producción, las envolventes, etc. Se puede estimar que la instalación se deteriora disminuyendo la energía producida a un ritmo del 0,7 % cada año. Aún en ese caso la vida media de una instalación fotovoltaica puede ser de orden de 25 años. En ese caso el periodo de amortización es inferior a los 13 años.

Se estima que el coste de la inversión total actualmente es del orden de 4,5 € por wp instalado.

En el peor de los casos, aun suponiendo que la opción de venta de energía a la red sea muy complicada por exigencias de la compañía, trámites, etc., etc., la opción del autoconsumo siempre es posible. Pasado el periodo de amortización se trataría de una energía obtenida de forma prácticamente gratuita. En las fotos aéreas que se adjuntan se observan las cubiertas disponibles para la instalación de sistemas fotovoltaicos.

Para realizar una estimación de la producción que se puede conseguir con la cubiertas disponibles es necesario hacer un estudio detallado de superficies, orientaciones, sistemas a utilizar, etc.



Fig. 20.- Vista aérea Auditorio Víctor Villegas



Fig. 21.- Vista lateral por las fachadas Este y Norte.



4.- CONTROL DE LA DEMANDA MEDIANTE RED INALAMBRICA DE SENSORES – IMPLEMENTACIÓN

Consiste en la adaptación de la carga según el uso de las instalaciones, desplazándola para evitar picos elevados.

Para el control de las cargas hemos iniciado el trabajo de mediciones de campo por las oficinas, instalando los siguientes equipos:

SISTEMA DISTRIBUIDO

Nodos interconectados mediante protocolo wireless IEE 802.15.4

Emisores y Receptores

Dos tipos de nodos:

- Nodo principal: Se encarga de controlar la información global del sistema. Obtiene información de los nodos secundarios.
- Nodos Secundarios: Controlan las cargas elementales. Informan al Nodo principal de sus condiciones eléctricas y ambientales.
- NODO PRINCIPAL:
 - Conectado al PC mediante puerto USB.
 - Está basado en un microcontrolador de 32 bits.
 - Microcontrolador STR912FW44K a 25 MHz, 97Kb RAM, 544 Flash memory y puerto USB.





- NODOS SECUNDARIOS:
 - Son los encargados de controlar las diferentes cargas instaladas en el centro.
 - Controlan V, I y T^a de los puntos de medida.
 - En cada nodo se determina además la Transformada de Fourier de la V e I almacenadas para ofrecer información adicional.



IMPLEMENTACIÓN DE LA RED

- 1 NODO PRINCIPAL
- 5 NODOS SECUNDARIOS
- La distancia entre nodos 10-30 metros.



- Pequeños problemas de ruido solucionados por desplazamiento de los nodos.
- Arbol de enrutamiento de dos niveles para alcanzar la máxima comunicación con mínimo nivel de errores (inferiores al 3%).

Cada Nodo Secundario obtiene datos cada minuto (eléctricos y ambientales) y los transmite con el correspondiente tag del nodo hacia el nodo principal

ESTRATEGIA DEL ALGORITMO DE CONTROL

- Desde el PC se transmiten ordenes al nodo principal, quien lo enruta al secundario correspondiente.
- Control optimizado de calefacción y refrigeración de los Nodos Secundarios para modificar la curva de demanda.
- Por tanto las variables de salida son las acciones de control sobre la ventilación, calefacción y aire acondicionado para cada periodo de control.

Se generan archivos .txt del tipo:

```
CA000003 655,0221 949,2158 1073,121 919,8455 724,7053 752,6058 529,5923 864,0717
557,4656 878,0083 543,5289 682,8953 557,4656 1156,741 529,5923 1212,488 459,9091
808,3251 473,8458 557,4656 515,6557 571,4022 501,719 543,5289 543,5289 0 35,89867
140,4699 111,0933 122,0398 145,8797 117,1329 106,1313 144,6871 76,57271 153,8878
106,0331 115,8924 68,68195 18,40619 92,59131 0 52,10775 68,66997 0 0 15,93479 12,87667
0 0,002394768 52280 58368 57856 58368 57856 58368 58368 58368 58368 58368 58368
58368 58368 58368 58368 58368 58880 58368 58368 58368 58368 58368 58368 58368
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 43775 0 0 0 0 0 0 0 609 0 0 27,96 2010-11-16 00:09:13
```

En ellos los datos se desglosan de la siguiente manera:

El primer dato es el de identificador del módulo: CA000003

Los 25 siguientes son la Amplitud de la tensión que se reservan en el archivo de configuracion como 1_0 hasta 1_24:

```
655,0221 949,2158 1073,121 919,8455 724,7053 752,6058 529,5923 864,0717
557,4656 878,0083 543,5289 682,8953 557,4656 1156,741 529,5923 1212,488
```



459,9091 808,3251 473,8458 557,4656 515,6557 571,4022 501,719 543,5289
543,5289

estos estan en voltios, y multiplicados por 10.

el valor que pone en config.txt es de calibracion del sensor.

Los siguientes 25 son la fase de la tensión:

543,5289 0 35,89867 140,4699 111,0933 122,0398 145,8797 117,1329
106,1313 144,6871 76,57271 153,8878 106,0331 115,8924 68,68195 18,40619
92,59131 0 52,10775 68,66997 0 0 15,93479 12,87667 0

Estos no tienen medida, las fases son sin unidades, en teoria es para que reconstruyais vosotros la señal.

En el archivo de config.txt son los llamados 2_0 hasta 2_24.

Los siguientes 25 son la amplitud de la intensidad:

Esta en amperios multiplicado por 100.

en el archivo de config.txt son 3_0 hasta 3_24.

Los siguientes 25 son la fase de la intensidad

También sin medidas.

Desde 4_0 hasta 4_24.

el nº de tics es el desfase de fi, para que diera el angulo de desfase en radianes.

var101

Estas 2 variables las imprime en el archivo de texto, pero era simplemente una medida de control, para controlar que no se perdian tramas.

el idtrama es la trama que esta enviando el nodo en ese momento y el numero de trozo es, porque envia una trama en varios trozos, la parte de la idtrama que esta enviando:

Cada idtrama envia 12 o 13 trozos sino recuerdo mal.

VAR102=ntrozo



VAR103=idtrama

la variable 104 es la temperatura en °C que se muestra ya en el archivo dividido por 100 para que den decimales.porque el nodo las pasa en enteros.

VAR104=T

form104=/000000100

y lo ultimo que se imprime es la fecha.

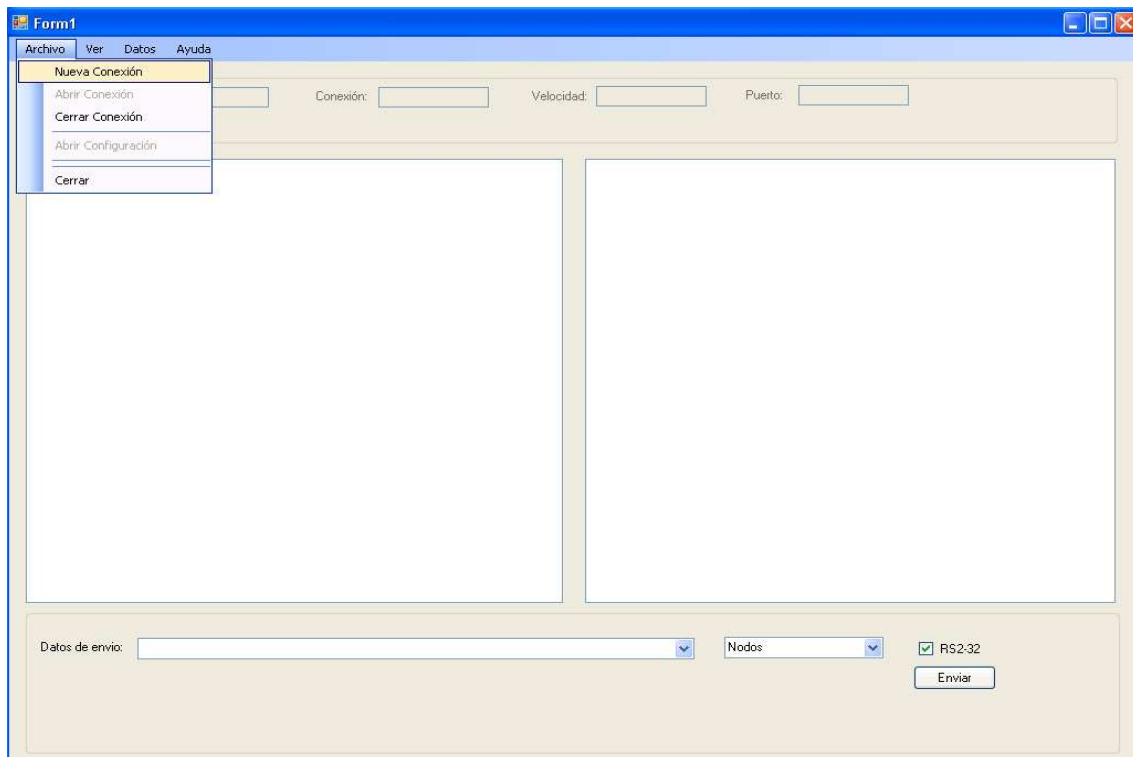
Funcionamiento de la aplicación USB (WSNReceptor)

Al ejecutar '*WSNReceptor2.exe*' se abre una ventana como la que se muestra en la *Imagen1*. Para empezar a recoger datos con el ordenador hay que indicarle donde está conectado el *Recolector USB*.

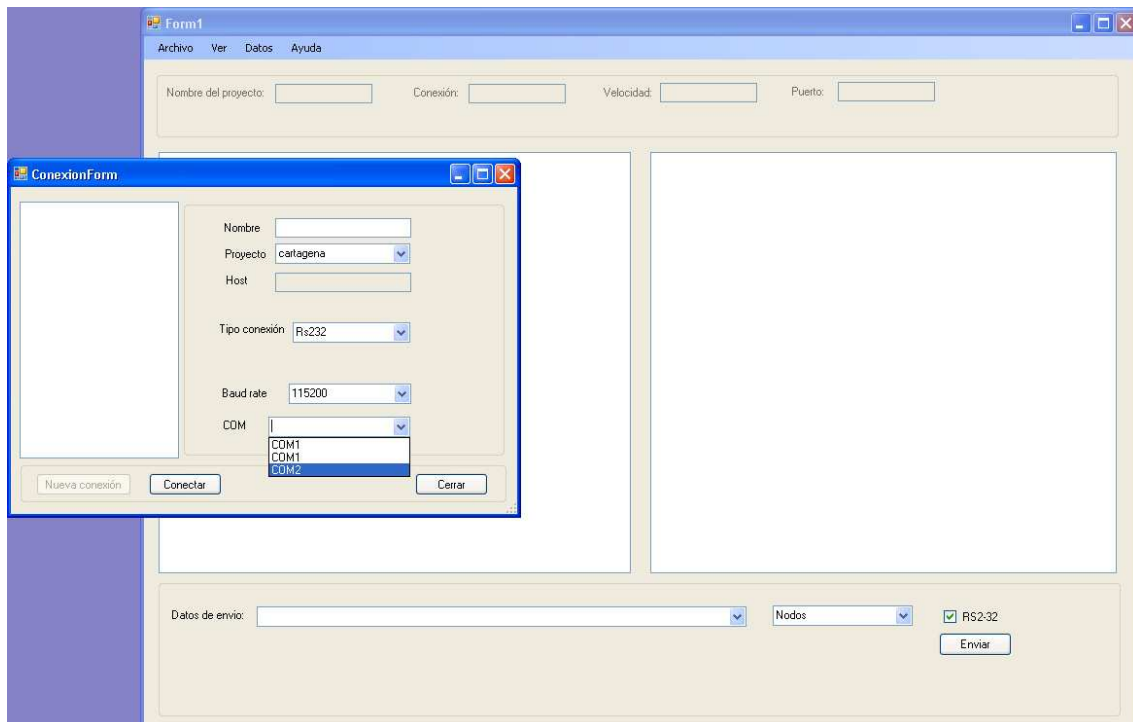


The image shows a screenshot of a software application window titled "Form1". The window has a menu bar with the following options: "Archivo", "Ver", "Datos", and "Ayuda". Below the menu bar, there are four input fields: "Nombre del proyecto:", "Conexión:", "Velocidad:", and "Puerto:". The main area of the window is divided into two large, empty rectangular panels. At the bottom of the window, there is a section with a "Datos de envío:" dropdown menu, a "Nodos:" dropdown menu, a checked checkbox labeled "RS2-32", and an "Enviar" button.

Para comenzar la captura de datos, será necesario configurar adecuadamente el recolector USB. Para ello seleccionaremos en el menú superior, la opción 'Archivo', y dentro del menú desplegable, 'Nueva Conexión'. A continuación aparecerá el formulario para rellenar los datos del Recolector USB y sobre el proyecto a utilizar.



El proyecto por defecto es '*cartagena*', por lo cual solo será necesario indicar el número de puerto COM de nuestro dispositivo. En el caso de la *Imagen3* sería el COM1, pero normalmente aparecen más puertos (COM) en la lista. Como orientación, si el dispositivo ha sido conectado inmediatamente antes de ejecutar la aplicación, será el que aparezca en último lugar.



Una vez realizada la configuración, mediante el botón 'Conectar' comienza la captura. La aplicación mostrará los datos recibidos desde los sensores, a través del recolector, en el recuadro de la izquierda. En la aplicación actual, los dispositivos inalámbricos transmiten sus datos cada minuto indicándose al final de cada trama recibida el instante de recepción.

En caso de que no aparezca ningún dato, es conveniente revisar la conexión del Recolector mediante USB y la correcta configuración de los parámetros de comunicaciones.

El recuadro de la derecha muestra los datos transmitidos por la aplicación al sumidero, es decir, la comunicación desde el ordenador a los dispositivos inalámbricos. Esta comunicación la realizaremos mediante el archivo 'Cartagena2.txt'. En este archivo están definidos, tanto el proyecto en el que trabajamos, como los identificadores de los dispositivos inalámbricos que tenemos conectados. Para indicarles que se activen o se apaguen debemos poner 1 (encendido) ó 0 (apagado) el dispositivo que queremos modificar.

Por defecto estos dispositivos están activados, es decir, a 1.



Para desactivar algún nodo, al igual que para reactivarlo más adelante, será necesario modificar el estado en el fichero Cartagena2.txt. Al cambiar el archivo, y con un retraso máximo de 6 segundos, la aplicación enviará al sumidero la orden correspondiente. Dicha orden aparece en el cuadro de la derecha, donde se muestra el identificador del dispositivo y el nuevo valor asignado, lo que indica que se ha enviado la orden al dispositivo.

A continuación se muestra un ejemplo de este fichero, donde se ha desactivado el dispositivo CA000001:

```
[cartagena]
#sumidero siempre igual a 1
00000000=1
#nodos sensores por defecto a 1
CA000002=1
CA000003=1
CA000005=1
CA000004=1
```



CA000001=0

Con los equipos instalados se registran los archivos del tipo .txt como el

A partir de estos archivos obtenemos mediante programación (matlab) las curvas de carga y la distribución de las distintas variables para su posterior análisis y gestión, fase en la que nos encontramos actualmente.

5.- CONCLUSIONES

La Auditoría Energética inicial realizada presenta varias soluciones técnicas habituales en el mercado.

El Control de la Demanda mediante Red Inalámbrica de Sensores supone una nueva experiencia en el campo de la Eficiencia Energética, por los siguientes motivos:

- Flexibilidad a la hora de establecer los puntos de medida
- Flexibilidad para el análisis de distintas zonas del edificio priorizando según las necesidades.
- Reducido coste.
- Y el fundamental es el “cambio de mentalidad” que supone que las personas se adaptan al consumo no el consumo energético a ellas. Dicho de otro modo, con nuestro trabajo se pretende llegar a la situación ficticia en que a la hora de decidir si usamos un espacio u otro intervengan factores energéticos.



Por todo ello creemos que el desarrollo e implantación de este sistema puede tener un gran campo de aplicación y éxito en el futuro.