MFN-156 37986

NOTA. Se está preparando una lista de errores tipográficos que se han cometido en el texto de este Informe de Avance, el que será entregado dentro de breves días. En el Informe Final, ya estarán corregidos.

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
BIBLIOTECA
Dr. Manuel
Belgrano

OT 1132
C19
I

Ing. Humberto R. Ciancaglini

Ref. :Expediente N° 2664
Provincia de Neuquén
"Estudio Técnico Económico para el diseño de edificios del Estado Provincial bajo el concepto de Edificios Inteligentes"

C. F. I.
INGRESO
10/AGO/1993
N° 6373

Buenos Aires, agosto 10 de 1993

Señor
Secretario General del
Cosejo Federal de Inversiones

S / D

De mi mayor consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted a los efectos de remitirle el INFORME DE AVANCE de la Asistencia Técnica que el CFI brinda al Gobierno de la Provincia de Neuquén.

De acuerdo con lo convenido se acompañan con la presente cuatro (4) ejemplares del Informe.

Aprovecho la oportunidad para saludar a usted con la mayor consideración:

Ing Humberto R. Ciancaglini

P.S. Tengo el agrado de comunicale que los trabajos los inicié inmediatamente después de mi primer viaje a Neuquén, que tuvo lugar el 7 de junio del corriente año, y antes de la firma del contrato que se efectuó entre el 19 y el 20 de julio.

EDIFICIOS INTELIGENTES

Ing. Humberto R. Ciancaglini

La presente publicación es el **INFORME DE AVANCE** del trabajo realizado por contrato entre el Consejo Federal de Inversiones y el autor, para asesorar al Gobierno de la Provincia de Neuquén en relación con el diseño de edificios para pequeñas organizaciones pertenecientes a la mencionada provincia, aplicando los conceptos proporcionados por la *DOMOTICA*. El título del estudio, de acuerdo con el contrato, Expediente 2644 es:

"ESTUDIO TECNICO ECONOMICO PARA EL DISEÑO DE EDIFICIOS DEL ESTADO PROVINCIAL BAJO EL CONCEPTO DE EDIFICIOS INTELIGENTES"

Buenos Aires, agosto 10 de 1993

INDICE

Prólogo 1

1. Introducción 3

2. Ejemplo de una instalación en edificio inteligente 5

Diagrama de un sistema inteligente (Fig.1) 5

3. Elementos fundamentales de un edificio inteligente 10

a) La red interna de interconexión 10

b) Los equipos de apoyo para la automatización de oficinas 13

Sensores de temperatura 14

Sensores de iluminación 16

Sensores de humo 17

Sensores de ionización 18

Sensores de movimientos furtivos 19

Sensores pasivos de rayos infrarrojos 18

Otros sensores 21

Los órganos de mando o actuadores 21

Motor de mando para control de aire caliente 23

Sensores de temperatura con salida lineal 23

c) Los equipos para operación automática de los servicios 24

4. El Sistema de Control 24

a) Señal de salida analógica o PWM 26

b) Uso de claves para interfaces 26

c) Reconfiguración automática de la red 26

d) Arranque automático del sistema 26

Sistema de Control Automático PID 27

Características adicionales de la unidad 7716 29

5. Expansión de la capacidad de la Unidad de Control 29

4. Los sistemas lógicos de la unidad de control 30

SEGUNDA PARTE. El proyecto de la escuela de 10 aulas 32

INSTALACIONES TECNICAS 33

1. Calefacción Central 33

2. Instalación de Agua 34

3. Instalación Eléctrica 34

4. Conexiones de Sensores y de Organos de mando 34

ARQUITECTURA DEL SISTEMA INTELIGENTE DE LA ESCUELA 35

A. Evaluación del número de puntos controlados 35

Plano de la Escuela N°298 - Barrio El Progreso 36

Sistemas de Alarmas de incendio y de Intrusión 39

Detección de intrusos en el edificio 41

Tipo de detector a utilizar 42

5. Selección de la Unidad de Control 43

6. Cableado de sensores y actuadores 44

FIG.3. Plano de la Instalación de Sensores y Actuadores 46

FIG.4. Plano de la Instalación de Sensores de Alarmas 47

Visita a la Escuela en Colonia "Valentina Sur" 48

TERCERA PARTE: Edificio Subsecretaría de Hacienda 49

Pedido de Requerimientos del Edificio 50

ANEXO: Escuelas de Dallas, Texas, U. S. A. 52

Referencias Bibliográficas 56

PROLOGO

La **primera parte** de este informe consiste en una descripción general de los métodos y recursos utilizados en el proyecto de los *edificios inteligentes,* con el fin de facilitar a los profesionales que no fuesen especialistas en estos temas la mejor interpretación del estudio específico que es el motivo de este trabajo

Además de los conceptos usuales involucrados en la **domótica**, se describen ciertos detalles que si bien es cierto son de carácter tecnológico, están presentados en forma que sean fácilmente captados por quienes sean expertos en cuestiones de arquitectura o de ingeniería de construcciones, aunque no hayan incursionado en el campo de la automatización y de los controles automáticos.

Se agrega también una selección de *Referencias Bibliográficas,* que en algunos casos son artículos de divulgación presentados por revistas especializadas y en otros casos son textos especializados que permitirían profundizar el conocimiento de aspectos técnicos para quienes estuviesen interesado en ellos.

También se ha agregado un Apéndice en el que describe la aplicación de los conceptos de edificios inteligentes aplicados a un **conjunto de escuelas** que totaliza más de **1.400.000 metros cuadrados** de superficie, realizado en el Distrito de Dallas, Texas, E. U. A., con excelentes resultados, particularmentente en lo que concierne a la economía de energía, lograda por la aplicación de las técnicas referidas. Se ha elegido este ejemplo por cuanto una de las aplicaciones que tiene especial interés el Gobierno de la Provincia de Neuquén es, precisamente, un proyecto de edificio inteligente para ser aplicado a un programa de construcción de escuelas para la Provincia.

La **segunda parte** del informe contiene específicamente el estudio para transformar el proyecto de la Escuela N°298 del Barrio "El Progreso" llevándolo a las condiciones de *edificio inteligente.*

Para ello se analizan los planos y especificaciones del proyecto de la Dirección Provincial de Arquitectura y se aplican los conceptos contenidos en la primera parte del informe. Este trabajo se ha realizado con el objetivo no solamente de proponer las soluciones, sino con intención de guiar a quienes lo estudien para poder ellos mismos hacer diseños futuros con los conceptos de demótica.

Este proyecto se complementa con planos en los que se indican las canalizaciones posibles para hacer la instalación de la red de sensores, órganos de control e indicadores.

Por otra parte, se ha analizado la posibilidad de incorporar a una escuela ya construida el sistema estudiado para la "Escuela Tipo", a fin de acelerar la experiencia sobre los beneficios que proporciona la incorporación de los conceptos de domótica.

Finalmente, en la **tercera parte** de este informe se detalla el pedido de los requerimientos que deben satisfacerse para poder iniciar el estudio con el fin de transformar en "edificio inteligentede" un obra construida parcialmente, y que pertenece a la Subsecretaría de hacienda de la Provincia de Neuquén.

El edificio en cuestión tiene actualmente dos pisos y ha sido proyectado para "crecer" hasta seis pisos. Naturalmente no será posible hacer en corto plazo el proyecto domótico, pero con las repuestas al pedido de requerimientos se podrá dar una guía que permita evaluar el orden de magnitud de la operación.

ESTUDIO TECNICO ECONOMICO PARA EL DISEÑO DE EDIFICIOS PARA PEQUEÑAS ORGANIZACIONES DEL ESTADO PROVINCIAL BAJO EL CONCEPTO DE EDIFICIOS INTELIGENTES

1. Introducción

La actividad humana se caracteriza en la actualidad por hacer uso intensivo de una cantidad de recursos tecnológicos modernos que hace medio siglo no existían, o que eran accesibles sólo a una reducida parte de la población. Entre estos recursos pueden citarse, solamente a título de ejemplo, los contestadores telefónicos automáticos, las computadoras personales, los detectores de intentos de irrupción en un edificio y telecomunicación a centros policiales, los sistemas de previsión de incendios, etc.

Estos y muchos otros recursos tecnológicos se aplican actualmente, con mayor o menor extensión, tanto en edificios privados utilizados por empresas con actividades de las más diversas, como en unidades destinadas al uso como vivienda y también en una enorme cantidad de edificios públicos en donde se desarrollan actividades de gobierno, sanitarias, educacionales, de servicios, etc.

Pero la utilización de esos recursos modernos generalmente se lleva a cabo, en una gran parte de los casos, sin una coordinación adecuada en la secuencia de operaciones que permita optimizar el funcionamiento general del edificio. En particular, para lograr las mejores condiciones económicas de funcionamiento en lo concerniente al gasto de energía y de combustibles y para la adecuada provisión de los fluidos necesarios (agua, gas, electricidad, vapor, etc).

Los responsables de la marcha de la institución (Cuerpo Directivo, Gerentes, etc.) hacen un análisis detallado de las operaciones que deben realizarse y de ello surgen instrucciones a cumplir. Estas instrucciones se dan a quienes deben ejecutarlas, en muchos casos por programación del sistema de control. Por ejemplo, podría indicarse a qué hora debe ponerse en marcha y sacar de servicio el sistema de calefacción, o la iluminación continua de las escaleras de acceso; en qué casos se puede permitir entrar fuera de las horas de actividad a determinado personal de servicio o de mantenimiento, etc,.etc. Todo este conjunto de reglas surge del análisis **profundo e inteligente** para lograr el mejor funcionamiento posible del edificio que utiliza la institución. Qienes son responsables de la ejecución de las tareas encomendadas son solamente responsables de su **ejecución**, ya que la responsabilidad de las **instrucciones** corresponde a las esferas superiores.

Lo expresado anteriormente permite definir con mejor claridad qué es lo que se entiende por **EDIFICIO INTELIGENTE**: el agregado de sistemas automáticos de evaluación de las variables (puerta abierta fuera de hora, presencia de humo que caracteriza un principio de incendio, temperatura incorrecta en los ambientes de trabajo, iluminación diurna insuficiente a cierta hora del día, etc.); la utilización de algoritmos preestablecidos para tomar decisiones y **activar los actuadores** que corrijan las anormalidades (bloqueo de puertas, la información a centros de vigilancia, arranque de bombas hidráulicas , etc.). Estas y otras operaciones automáticas realizadas sin la intervención humana es lo que caracteriza a los *edificios inteligentes* [1].

Obsérvese que lo que hace el sistema es cumplir las instrucciones inteligentes que ha desarrollado el grupo responsable de la dirección de la la institución. No es el edificio el que ha creado y ejecutado las tareas inteligentemente. Desde hace muy poco tiempo se

ha acuñado un nuevo término, **DOMOTICA**, que podría definirse como la ciencia y las tecnologías asociadas que permiten proyectar *edificios inteligentes* [2].

Domótica proviene de la raíz *domo* (del Latín *Domus*:"casa") y la terminación *tica*, que caracteriza las acciones automáticas (del Griego, *automatos*:"que se mueve por sí solo"). En efecto, la mayoría de las acciones que tienen lugar en un edificio inteligente son automáticas.

2. Ejemplo de una instalación en edificio inteligente

Con el fin de dar una idea más detallada de las tareas que pueden ser ejecutadas automáticamente en un edificio, en la Fig.1 se presenta el diagrama de bloques de un sistema desarrollado para dicha finalidad. El edificio en cuestión podría ser utilizado para el desarrollo de actividades de una oficina pública que requiera procesar información contenida en los archivos propios, o los que pudiesen llegar por vía telefónica, telex, FAX, u otros sistemas telemáticos. Se parte de la base que en el edificio del ejemplo muchas de las oficinas cuentan con iluminación natural una importante parte del día, aunque algunas de ellas requieren iluminación eléctrica durante todas las horas de trabajo.

Las oficinas tienen servicios de aire acondicionado y de calefacción de aire caliente centralizados, y las entradas a los diversos recintos del aire tratado (refrigeración, ventilación o calefacción) pueden ser reguladas con mandos accionados eléctricamente.

El acceso a ciertas partes del edificio donde se archiva información confidencial, o en aquellos lugares donde hay instalaciones críticas, es controlado con cerraduras de apertura por tarjetas magnéticas, y los lugares en los cuales es necesario establecer una vigilalancia visual están equipados con cámaras de toma de imágenes del tipo de televisión, ya sea de luz visible o infrarroja.

DIAGRAMA DE UN SISTEMA DE EDIFICIO INTELIGENTE

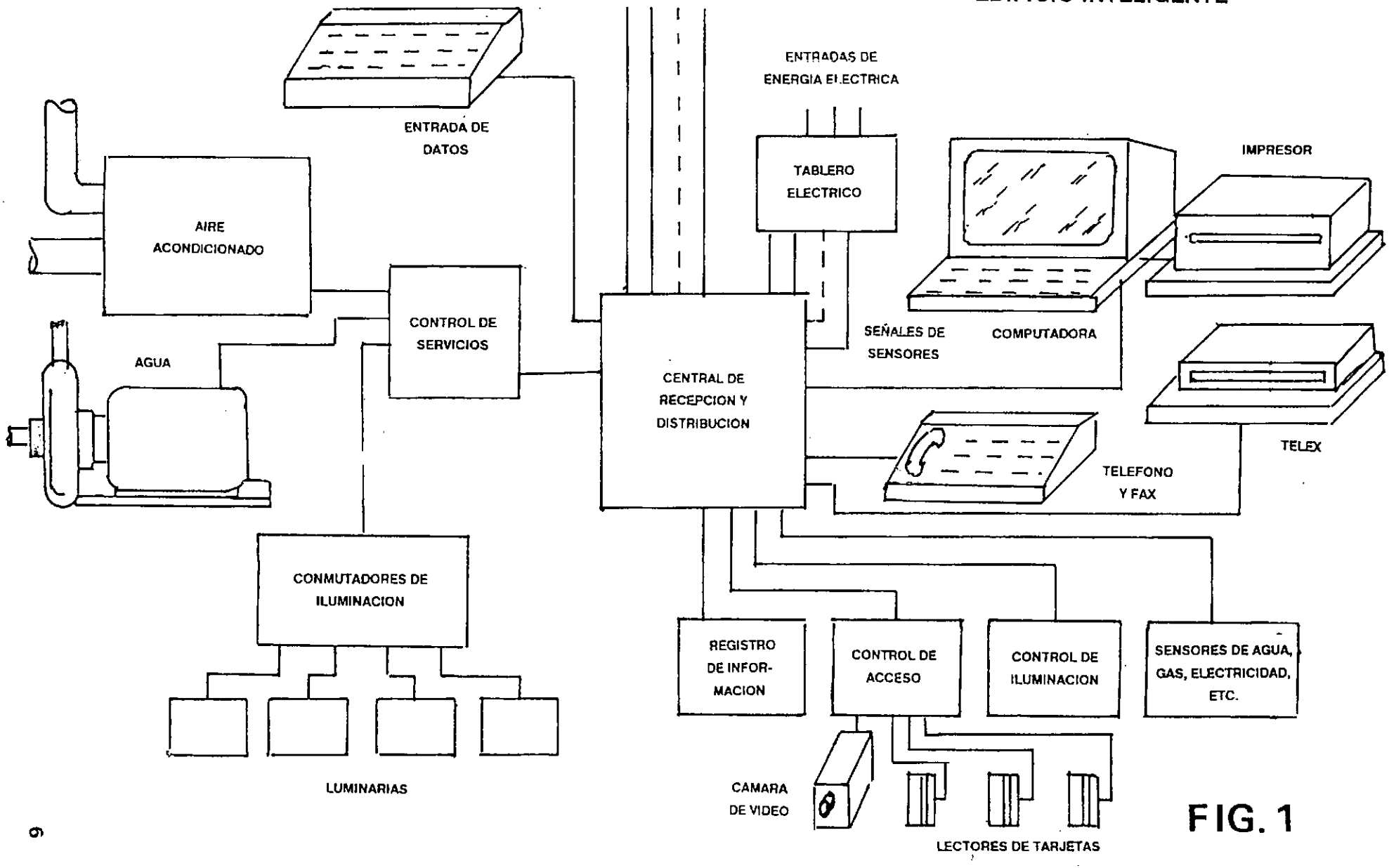


FIG. 1

Aunque se haya previsto en la programación todo el accionamiento del sistema, se debe considerar la posibilidad de poder hacer la modificación de ella en cualquier momento, frente a acontecimientos que se presentasen y que habrían pasado inadvertidos como posibles.

Hechas aquellas consideraciones puede ahora analizarse más detalladamente la arquitectura del sistema con ayuda de la Fig.1 pero conviene previamente hacer algunas reflexiones sobre el papel que cumplen los diversos componentes

En primer término debe observarse que hay una red interna de comunicaciones que converge en una "CENTRAL DE RECEPCION Y DISTRIBUCION", a la cual llega la información dada por los diversos sensores (temperaturas, caudales de fluidos, presencia de personas,etc.). La información recibida es elaborada de acuerdo con la "inteligencia" que se le proporcionó a través del programa incorporado y la Central emite las señales eléctricas que a través de la red accionará los órganos de maniobra que permitan cumplir el programa incorporado.

Por ejemplo, cuando comienza a declinar el día, la iluminación natural de un determinado recinto disminuye por debajo del nivel considerado como mínimo aceptable y podría accionar el encendido de las luces (luminarias) de las habitaciones en cuestión. Sin embargo no lo hará a menos que los detectores de personas informen que el recinto está activamente ocupado. Se incorporan también criterios de horarios de funcionamiento de las oficinas, o de la no laborabilidad de los días feriados. En estos dos casos los que dan la información a la central de recepción serían las señales eléctricas de un reloj y de un calendario electrónicos respectivamente

El mismo criterio que se ha utilizado para la realización del control de iluminación es aplicable para el control del aire acondicionado o de la calefacción central. Los sensores de presencia de personas, el reloj y calendario electrónicos son también empleados para estos controles.

Además del calendario y reloj electrónicos y de los sensores que detecten la presencia de personas, los ambientes a ser contolados deberán disponer de sensores de temperatura que proporcionen a la unidad de control la información necesaria para el acondiconamiento ambiental. Eventualmente deberán disponerse de higrómetros que sensen el grado de humedad relativa en los ambientes para accionar adecuadamente el sistema de climatización.

La bomba centrífuga que aparece en la figura con la indicación "AGUA" representa el sistema de llenado del tanque de agua de alimentación para todo el edificio. Generalmente el control de bombeo suele hacerse con un control eléctrico accionado por un flotante instalado en el tanque mismo. Este sistema es suficiente para edificios en los que no se han incorporados los conceptos de "edificio inteligente", que en general tienden a optimizar, además de la calidad de los servicios, **la economía de su operación.**

Puede obtenerse economía en el costo de la provisión de energía eléctrica para el funcionamiento de las bombas por dos caminos, que se basan en los sistemas tarifarios. Por un lado, la utilización de las llamadas "tarifas nocturnas" -que son menores que las normales- permite reducir el costo unitario de la energía eléctrica, para lo cual se utilizaría el reloj electrónico para que las bombas de llenado del tanque ccionen durante el período nocturno en el que la tarifa es mucho más reducida. Si la programación del sistema automático se realiza en forma tal que en el momento de terminar el período de tarifa mínima el tanque quede lleno, las necesidades de bombeo durante el día serán también mínimas, y eventualmente nulas. El sistema inteligente tiene también que tener en cuenta que en algunos edificios puede haber falta de provisión de agua debido a la baja presión existente en la red de distribución de agua corriente.

El otro camino para reducir el costo de la energía eléctrica es el de diminuir la llamada **"Potencia Instalada"** o **"Demanda"**, que es la máxima potencia que en un intervalo de tiempo determinado debe proporcionar la empresa que suministra la energía eléctrica. Si se programan las cosas en forma tal que no arranquen simultáneamente varios motores, la potencia máxima que se exige

resulta más reducida, con lo que la empresa proveedora de electricidad obtiene el beneficio de poder aumentar la provisión de energía eléctrica con las mismas instalaciones. Es por esta razón que suelen reducir la tarifa cuando es menor la relación entre la potencia de cresta y la energía total suministrada durante un intervalo de tiempo determinado. La programación inteligente de las instalaciones y su correcta operación permite, en muchos casos, amortizar rápidamente el costo de las instalaciones que proporcinan "inteligencia" al sistema.

La provisión de sistemas de control de acceso a un edificio mejora la seguridad contra sabotajes, hurtos, etc., pero cuando se lo ejecuta en el contexto de "edificio inteligente" resulta mucho más económico que cuando se lo instala como un sistema independiente. En efecto, algunos de los sensores que pudiesen haber sido instalados para otros servicios (por ejemplo, cámaras de toma de TV, sensores infrarrojos, detectores de movimiento, etc.) sirven para esta otra finalidad. La red de comunicaciones internas y los enlaces a la red externa pueden utilizarse, con programación adecuada, para fines múltiples. Por ejemplo, si hay un sistema automático de discado a la central de bomberos cuando los detectores de humo dan la alarma de principio de incendio, también puede utilizarse para dar el aviso telefónico automático a la central de vigilancia cuando los detectores (sensores de movimiento) detecten la presencia de intrusos en algún local.

En la Fig.1 se presentan también los aparatos típicos que caracterzan a los sistemas de comunicación y de informática: teléfono, FAX, TELEX y sistemas de computación. Estos aparatos se incluyen en las instalaciones porque están vinculados con la red que provee "inteligencia" al edificio, tanto en la red interna como en las comunicaciones, en algunos casos por intermedio de *modems*, al servicio externo de comunicaciones. El diagrama de la Fig.1 representa las instalaciones de un modelo típico de edificio inteligente. pero es conveniente ver más en detalle las características de algunos componentes y órganos de ejecución de operaciones.

3. Elementos fundamentales de un edificio inteligente

Los componentes de un sistema de edificio inteligente pueden ser agrupados, de acuerdo con sus funciones, en los tres grupos siguientes:

a) La red interna de interconexión

b) Los equipos de apoyo para la automatización de oficinas (sensores y órganos de mando)

c) Los equipos para operación automática de los servicios del edificio (unidad de control) [3].

a) La red interna de interconexión es la columna vertebral que permite vincular todos los ámbitos del edificio (oficinas, salas de conferencia, sala de servicios, etc.) con la **Central de Recepción y Distribución**. Esta última, a su vez, se conecta con el exterior del edificio (líneas telefónicas, de Télex, de FAX, de informática; enlaces de radio, o satelital, o por otros medios).

Esta red interna puede estar constituida por una *Central Privada* (también denominada **PBX** ,que proviene de la expresión inglesa "Private Branch Exchange"), o en los casos en que el edificio no justifique la incorporación de una central privada, simplemente se realizará una red local cableada de acuerdo con las necesidades particulares del sistema. Por otra parte, si la magnitud de la red interna hace que el problema del cableado sea tan complejo que comprometa la arquitectura del edificio puede resolverse la dificultad, incorporando un sistema de transmisión de datos por fibra óptica o creando una *Red Digital de Sistemas Integrados* ***(RDSI)***. Esta red digital, que en inglés se denomina "Integrated System of Digital Network" o "**ISDN**", consiste en utilizar una misma línea para transferir información proveniente de diversos aparatos a la Central, y desde la Central a las oficinas. Esto se logra, entre otros métodos, por *digitalización de la información* y *multiplexado en el tiempo.*

Cuando se hace una elección acertada del el tipo de red interna de interconexión puede lograrse una importante economía en el costo de la instalación con un proyecto adecuado de la Red Interna de Intercomunicación,

Esta parte del estudio es de mucha importancia por la incidencia que tiene en el diseño mismo del edificio. Un edificio puede tener una vida útil de unos **cincuenta años** y los equipos fundamentales del edificio (calefacción, aire acondicionado, provisión de agua fría y caliente, etc.) pueden durar **unos quince años,** mientras que los aparatos y componentes utilizados en comunicaciones e informática evolucionan tan rápidamente que resulta natural que en un corto plazo, que puede ser de unos **cinco años**, surja la necesidad de renovaciones debido a mejoras substanciales de las prestaciones de los nuevos equipos. La substitución de los equipos es, en general, de fácil realización por cuanto los tamaños y las potencias requeridos suelen ser del mismo orden (o probablemente menores) que los de los equipos a ser substituidos. Es también posible que se agreguen nuevos aparatos, sensores, etc., que tengan fácil cabida en los ámbitos del edificio. Las dificultades surgen cuando hay que interconectarlos, ya sea dentro los mismos ámbitos o en la Central de Recepción y Distribución, si los conductos para la instalación de la red no han sido proyectados para aceptar las ampliaciones requeridas. No sucede lo mismo con los equipos fundamentales como los de calefacción, ventilación, aire acondicionado, provisión de agua a los locales sanitarios, etc., cuya vida útil suele ser mucho mayor.

Una de las causas por las que pueda haber necesidad de reconfigurar la red interna es el cambio de asignación del uso de las oficinas, lo cual sucede en los casos en que hayan modificaciones en el organigrama de la institución que utiliza el edificio. El cambio de funciones de una oficina puede significar cambios importantes en los equipos de comunicación o telemáticos (acceso a una red de datos externa, modificación del sistema de computación, etc.)

Cuando un edificio no es muy grande, puede preverse que la longitud total de los cables que permiten hacer el enlace entre dos puntos del mismo, a través de la red interna, resulte ser relativamente reducidas (por ejemplo, unos 100 metros). Si la velocidad máxima de

de transmisión de datos es reducida, por ejemplo del orden de algunas decenas de kilobits/segundo, pueden instalarse manojos de 27 pares por ejemplo, con un blindaje común para todo el multipar, que es la forma más económica de ejecutar la red [4]. Si el enlace cubre una distancia bastante inferior a los 100 metros y si el cableado ha sido realizado en forma de disminuir al mínimo el acoplamiento capacitivo e inductivo entre pares, los "pares trenzados" pueden ser satisfactorios aun con velocidades hasta de **un par de megabits por segundo,** sin necesidad de utilizar amplificadores para adaptación a la impedancia de la línea ("line drivers"). Por otra parte, en la actualidad se han desarrollado sistemas modernos de pares trenzados denominados ***cableados estructurales,*** con lo que es posible sobrepasar velocidades de decenas de megabits por segundo cuando las distancias a cubrir son sensiblemente inferiores a los l00 metros. Debe señalarse que en los casos en que el régimen de transmisión de información digital es alto (decenas de megabits por segundo), el cableado debe hacerse con unidades blindadas constituidas por un reducido número de pares.

Estos cableados estructurales pueden competir ventajosamente frente a la utilización de líneas coaxiles debido al hecho de ser simétricos y lograr, en consecuencia, una mayor inmunidad a las interferencias producidas por campos electromagnéticos externos. Una forma típica de cableado estructural está formado por cuatro pares trenzados . Se utilizan **cuatro pares** por razones de flexibilidad en su uso. Por ejemplo, aplicándolo a una central privada (PBX) se necesitan **dos pares** si la alimentación del aparato se hace independiente del circuito para la señal y **un solo par** si la alimentación no es independiente de la señal. Si se requiere enviar o recibir información en paralelo de ocho bits (Byte completo) serán necesarios **cuatro pares**. Disponer de hasta cuatro pares por punto terminal significa que se podrá hacer cualquier cambio de terminales sin necesidad de modificar el cableado. Debe tenerse en cuenta que cuando son varios los equipos a instalar en un local determinado, se necesitarán varios cables estructurales de cuatro pares trenzados.

Un elevado régimen de transmisión de datos permite, con solamente uno de estos cables, satisfacer una multiplicidad de maniobras y comunicaciones digitales por multiplexación en el tiempo de las señales "simultáneas". La mayor velocidad también significa disponer de una gran anchura de banda, por lo que también pueden utilizarse tales cableados para la realización de teleconferencias de video de barrido lento.

b) Los equipos de apoyo para la automatización de oficinas

Los equipos de apoyo son aquellos que permiten controlar **las magnitudes físicas, los eventos** y **los órganos de mando** o **actuadores** en los diversos ámbitos del edificio, de acuerdo con un programa preestablecido.

Las ***magnitudes físicas*** se refieren a aquellas variables como la temperatura y el grado de humedad en los diversos ambientes, el nivel de iluminación de los mismos, el nivel de agua en el tanque de almacenamiento del edificio, el grado de concentración de humo en los diversos recintos controlados, y otras variables que puedan ser "medidas".

Por otra parte, lo que se entiende por ***eventos*** son las circunstancias previstas por el sistema inteligente, pero que no son precisamente magnitudes físicas que se puedan medir. Entre tales circunstancias pueden citarse los casos en que fuera de las horas de trabajo se detecta la presencia de una persona no autorizada en el interior del edif cio, o las señales que proporciona un sistema pasivo de rayos infrarrojos que da una alarma acusando la presencia de intrusos en la entrada del edificio.

Las *mediciones* y la *detección de eventos* a que se refiere el párrafo anterior las realizan una gran variedad de **sensores**, que en la mayoría de los casos están constituidos por dispositivos que *traducen* lo que han sensado en una señal eléctrica, la que es conducida por la red de interconexión interna a la unidad de control y hará que ésta

provoque la operación automática de aquellos equipos requeridos por el programa contenido en la Unidad Central. La variedad de los sensores y detectores utilizados es tan grande que, solo título de ejemplo, se describirán brevemente algunos de ellos.

Sensores de temperatura

Los sensores de temperatura que se utilizan pueden ser de dos tipos: i) los que dan una salida "lógica" simple -que es generalmente una señal eléctrica- en el momento en que la temperatura que se mide llegue a un valor límite (que puede ser superior o inferior, según la aplicación) y ii) los que dan información sobre el valor de la temperatura en cada momento que se interrogue al sistema.La información se suele dar en forma de un número digital, o una señal eléctrica analógicaproporcional al valor de la temperatura.

Los sensores del tipo i) generalmente se utilizan para actuar como controles denominados "de todo o nada", es decir, ponen en funcionamiento o cortan la operación del sistema que provoca el aumento o la reducción de la temperatura. Por ejemplo, en un sistema de calefacción por combustión de gas permitiría cortar ("nada") el suministro de gas por medio de una válvula solenoide cuando se ha llegado a la temperatura máxima en el ambiente y abrir completamente la entrada de gas ("todo") en el momento en que la temperatura ha descendido por debajo del límite inferior. La diferencia entre los dos valores límites se designa con el nombre de **histéresis** del sistema de control. La elección del valor de la histéresis es comprometida porque si es muy grande, el confort producido por la calefacción disminuye debido a que las variaciones periódicas de la temperatura también es grande, y si la histéresis es muy reducida, se acortan los intervalos de tiempo entre el cierre y la apertura de la válvula solenoide, con lo que aumenta su desgaste y en consecuencia, se reduce su vida útil.

Por otra parte, los sensores del tipo ii) se utilizan en sistemas en que es posible graduar la intensidad de la calefacción, por ejemplo, regulando el caudal de gas en una instalación como la descripta en el ejemplo anterior. Ello significa que en lugar de accionar una válvula solenoide en un sistema de "todo o nada", se actuaría sobre una válvula que permita una regulación gradual del caudal, en proporción con los requerimientos de la temperatura ambiente. Este tipo de control, que se suele hacer con algoritmos más complejos (control ***proporcional-integral-derivada*** o "pid") en los que se tiene en cuenta la **desviación** del valor con repecto al valor deseado, modificado por la **integración respecto del tiempo** de las desviaciones de la temperatura y también dependiente de la **velocidad de variación** del valor respecto del tiempo (derivada de la variable).

Independientemente del tipo de regulación que se adopte, siempre se necesitará un **sensor de temperatura**, es decir, el elemento que mide la temperatura, el termómetro propiamente dicho. En la actualidad, y porque resulta práctico utilizar sistemas termométricos que expresen la temperatura en forma eléctrica (tensión, corriente o resistencia eléctricas), suelen utilizarse termocuplas, junturas de semiconductores, termistores, etc., como ***transductores termoeléctricos*** [7].

Los transductores de temperatura suelen dar señales eléctricas relativamente débiles, por lo que requieren ***amplificación,*** y en muchos casos ***excitación eléctrica*** adecuadas. Por dichas razones, estos transductores son vinculados a pequeñas plaquetas de circuito impreso en las que se incluyen todos los componentes adicionales que permiten obtner las señales de amplitud suficiente como para poder accionar los sistemas de control. Es decir, las señales se adecuan o ***normalizan*** de acuerdo con los requisitos del sistema. Esta normalización o ***estandarización*** permite cambiar el tipo de transductor sim problemas para el sistema opertavo de control. Siempre se busca normalizar la respuesta de los sensores que correspondan a diversas magnitudes (presión, humedad, caudal, etc.) para simplificar la arquitectura del sistema.

Sensores de iluminación

En los casos en que es necesario controlar automáticamente el encendido de los artefactos de iluminación ***(luminarias)*** de un local, se utilizan un sistema de control conjuntamente con algún sensor o medidor de la iluminación, como se hace para el control de la temperatura. El sensor de iluminación es generalmente un ***transductor fotoeléctrico***, es decir, un elemento que proporciona una señal eléctrica dependiente de la intensidad de iluminación. Entre los transductores fotoeléctricos que existen pueden mencionarse la ***células fotoresistivas,*** los ***fotodiodos,*** los ***fototransistores*** y algunos otros tipos de poca utilización en la actualidad tales como las *células fotoeléctricas* de vacío y gaseosas y las *células fotovoltaicas* de selenio y de óxido de cobre.

Las *células fotoresistivas*, también llamadas *fotoconductivas*, son elementos constituidos por un delgado conductor depositado sobre una superficie aislante, que tiene la propiedad de modificar su conductibilidad eléctrica al ser iluminada, creciendo esta conductibilidad a medida que sea mayor la intensidad de la iluminación.

Los fotodiodos y los fototransistores son diodos y transistores semiconductores que tienen una pequeña "ventana" que permite que la luz recibida del exterior incida sobre la juntura del diodo o del semiconductor, modificando su conductibilidad eléctrica. Auque la naturaleza del fenómeno es algo diferente, hay similitud con el funcionamiento de las células fotoresistivas.

Tal como se ha dicho para el caso de los sensores de temperatura, los sensores de iluminación también dan señales eléctricas débiles que deben ser amplificadas y normalizadas para adecuarlas a los requerimientos de la unidad de control. Sin embargo, el sistema de control puede ser de los más simplificados pudiéndose adoptar el tipo de "todo o nada", es decir, las luces se encienden o se apagan. Los motivos de esta simplificación son los que se indican a continuación:

* Cuando el ambiente a ser iluminado cuenta durante el día con la intensidad de iluminación necesaria, el control de iluminación mantendrá apagadas las luminarias. El límite inferior de iluminación se habrá fijado de antemano y cuando se llega a él, el control automático encenderá las luces. Naturalmente que el nuevo nivel será superior al nivel mínimo, aun en el caso en que la iluminación exterior haya llegado a nivel cero. No es necesario hacer un ajuste gradual de la iluminación artificial porque a diferencia de la calefacción, no resulta nada molesto que la intensidad de iluminación sea un 20 o 30 por ciento mayor que el nivel mínimo aceptable. Este criterio no es aplicable en el control de la temperatura por cuanto no resulta agradable que la temperatura ambiental sea 5 o 10 grados superior que la correspondiente a las condiciones de máximo confort.

* Otra característica del control de iluminación que lo diferencia mucho del control de calefacción es la respuesta casi instantánea del sistema de control: en el momento en que el nivel de luz natural disminuye por debajo del valor prefijado, el control fotoeléctrico enciende casi instantáneamente las luces;. prácticamente no hay retraso en la acción. En cambio, en el control de calefacción, si recién se encendiese el quemador cuando la temperatura hubiese bajado por debajo del límite inferior, el reta do del tiempo necesario para elevar la temperatura del fluido que provee las calorías al ambiente controlado hace que con un sistema de "todo o nada" se tengan variaciones muy grandes de temperatura, o desgastes prematuros en los órganos de control. Por esta razón es que los sistemas de control de temperatura son más elaborados que los de iluminación, como se ha dicho en el párrafo anterior.

Sensores de humo

En general, antes que se declare abiertamente un incendio suele haber producción de humo en las proximidades del foco donde se inicia. La detección temprana de su

iniciación tiene como ventaja fundamental la posibilidad de comenzar acciones que sofoquen el principio de incendio o de limitar los efectos destructivos del mismo.

Los detectores de humo son generalmente dispositivos en los que el humo intercepta un rayo de luz colimado que actúa sobre un sensor fotoeléctrico (fototransistor) siendo la reducción de la señal proporcionada por el sensor una medida de la opacidad del humo. Cuando la densidad del humo sobrepasa un nivel predeterminado, se genera la señal de alarma de incendio.

Sensores de ionización

Otro tipo de detector de incendio utiliza el efecto de ionización de los gases por efecto de la elevación de su temperatura. A diferencia del detector de humo, se emplea como señal de comienzo de incendio el aumento intenso de la temperatura del aire en la zona donde se inicia el mismo. Como la conducción térmica del calor desde el aire a cualquier detector de temperatura es relativamente lenta, se prefiere utilizar la propiedad de los gases que al ser calentados por encima de cierta temperatura se ionizan, es decir, hay un régimen de producción de cargas eléctricas. Estas cargas son recogidas por un par de electrodos polarizados eléctricamente que dan lugar a una corriente que permite detectar la ionización, y en consecuencia, la aparición de un foco de incendio.

El dispositivo que permite generar la alarma está constituido por un par de electrodos, por ejemplo, dos alambres paralelos de acero inoxidable de un milímetro de diámetro y 4 cm de longitud con un espacio libre entre ellos del orden de un milímetro. El aire es muy buen aislador a la temperatura ambiente, pero al recalentarse por el comienzo del incendio se torna parcialmente conductor por el proceso descripto, y la débil corriente generada, al ser amplificada convenientemente constituye la señal de alarma requerida por el sistema.

El sistema de control a utilizar con estos detectores también es sencillo, por cuanto se trata simplemente de usar la salida amplificada y normalizada en un control del tipo binario (de "todo o nada") para dar la alarma e iniciar las operaciones de lucha contra el siniestro.

Sensores de movimientos furtivos

Corresponde a los sensores que se utilizan para detectar la presencia de intrusos en un edificio, o la intención de penetrar en él. En realidad, se trata de detectores de movimiento, por cuanto en una intrusión siempre existe el movimiento del intruso.

Uno de los principios más utilizados para la descubrir la presencia de una persona en movimiento es el ***efecto Doppler***, que para esta aplicación consiste en aprovechar el cambio de frecuencia que sufre una onda por efecto del movimiento del cuerpo en el cual se refleja, fenómeno que permite no solamente descubrir que una persona se está moviendo sino que también se puede determinar, con cierto grado de aproximación, la velocidad con que se mueve.

Una de las configuraciones típicas de estos detectores consiste en un generador de frecuencia ultrasónica, del orden de los 40 kHz, que se irradia cubriendo todo el volumen en el que se desea verificar la presencia de intrusos. El mismo aparato que irradia el ultrasonido posee un detector de las ondas ultrasónicas que son reflejados por los objetos existentes en el ámbito protejido, incluyendo paredes, puertas y ventanas. Como todos estos objetos están en reposo, ***la frecuencia captada por el receptor tiene igual valor que la generada por el emisor.***

Pero si en el local hay una persona o cualquier objeto en movimiento, ***la onda reflejada llega al receptor con una diferencia de la frecuencia*** respecto a la que está emitiendo el generador. La comparación de ambas frecuencias permite determinar si hay una persona u objeto móvil en el recinto controlado y tomar las acciones de protección convenientes.

Tambiém ha sido aplicado el efecto Doppler para detectar el movimiento de personas utilizando tanto microondas como rayos infrarrojos. Los equipos del primer tipo provienen del desarrollo de los radares utilizados en la medición de la velocidad de los automóviles en las rutas, con el fin de aplicar penalidades por infracciones. Para tales finalidades se han construido generadores de microondas en la banda de 10 Gigaherz y de muy baja potencia (unos 8 miliwatts). La onda emitida incide sobre el vehículo y la onda que se refleja, con su frecuencia modificada por el efecto Doppler, es comparada con la frecuencia de la onda incidente, pudiéndose así computar la velocidad del objeto [9]. El sistema utilizado para descubrir la presencia de intrusos en un edificio hace uso de un equipo muy similar, siendo sus dimensiones muy chicas (unos cuantos decímetros cúbicos) y de tan bajo consumo que puede ser alimentado con pilas o acumuladores de tamaño pequeño. La sensibilidad es grande y hasta una distancia de unos 8 metros se puede detectar el movimiento de una persona, aunque su velocidad solo fuese de 30 a 40 cm/segundo, que es equivalente a una velocidad de 1,1 a 1,40 km/hora [10] .

También se suelen emplear sensores de movimiento basados en el uso de rayos infrarrojos cuya intensidad varía periódicamente (modulación) y que pueden proteger áreas relativamente grandes. Estos equipos operan en forma similar a la descripta en los casos anteriores, es decir, el cambio de la frecuencia de modulación por efecto del movimiento proporciona la información de la presencia del intruso.

Obsérvese que en todos los sensores brevemente descriptos ***se utilizan ondas que no pueden ser apreciadas por los órganos de los sentidos de seres humanos.*** En efecto, los sensores de los ultrasonidos han sido elegidos porque ningún oído humano es capar de percibir sonidos de frecuencia mayor de 20 kHz, y se utilizan 40 kHz. Las microondas no excitan ningún órgano sensorial y finalmente, los sensores de rayos infrarrojos emplean radiaciones que están por debajo del límite de precepción de ojo humano, que llega solamente al color rojo.

Sensores pasivos de rayos infrarrojos

Los sensores pasivos de rayos infrarrojos son también sensores de movimientos furtivos pero a diferencia del brevemente descripto en el párrafo anterior, lo que se detecta es ***la radiación infrarroja emitida por el cuerpo humano***. Esto significa que no hay una "iluminación" del espacio a ser vigilado con una fuente productora de radiación infrarroja, sino que se detecta la presencia del intruso por ser él una fuente de este tipo de radiación, y estar en movimiento. Esta última condición es importante por cuanto permite diferenciar la radiación del cuerpo en movimiento de la radiación infrarroja que puede emitir un cuerpo fijo., aun con temperatura relativamente baja. Este tipo de detector es muy elaborado porque necesita estar permanentemente verificando las condiciones térmicas de los objetos contenidos en el recinto vigilado para modificar la amplificación del sistema receptor de acuerdo con las condiciones de cada momento. Este sistema suele ser sumamente útil para vigilar el exterior de los edificios, pues puede cubrir sectores de hasta 180 grados y llegando a distancias de 16 metros.

Otros sensores

Existe una multiplicidad de sensores de otras variables, como pueden ser la **presión** , la **velocidad**, la **aceleración**, el **grado de humedad relativa**, el **pH** de una solución, etc., que utilizan diversos recursos físicos y también de tecnología electrónica. El tema es muy amplio, pero tal como se expresó en la introducción del párrafo 4., se han descripto solamente a título de ejemplo algunos de ellos, particularmente los que se aplican más frecuentemente en **domótica.**

Los órganos de mando o *actuadores*

En el párrafo 3b), entre los los ***equipos de apoyo*** se citan los ***órganos de mando*** o ***actuadores***, los cuales cumplen la misión de **ejecutar** la acción que la unidad de control ha elaborado.

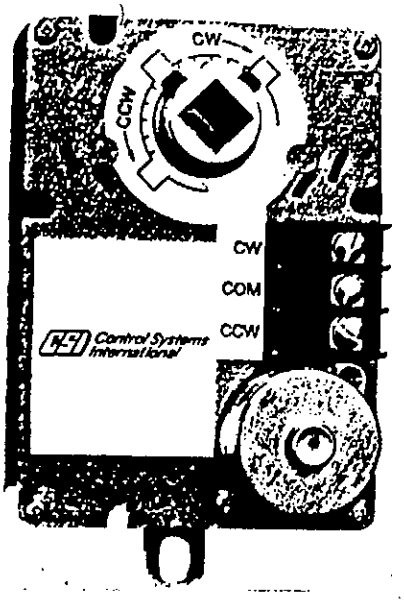
Los órganos de mando pueden ser de naturaleza muy diferente. Por ejemplo, si en una fábrica hay un local donde haya gran riesgo de que se produzcan incendios, para evitar el peligro que el fuego se propague a otros ambientes se colocan puertas de seguridad que cierren las comunicaciones con los otros locales. Los detectores de incendio, en caso de comienzo del siniestro, generarán las señales de alarma que llegarán a la unidad de control. Esta última produce la señal necesaria para accionar el sistema de cierre y en el caso de utilizar cierre neumático, el órgano de mando puede ser simplemente una válvula solenoide que abre la entrada de aire comprimido (o de vacío) para los pistones que accionan la puerta. Si el cierre se efectuase con motores eléctricos, la señal eléctrica de mando actuaría sobre un contactor, el cual conectará el motor a la red eléctrica de alimentación.

El sistema de cierre por gravedad está constituido simplemente por una puerta deslizante, suspendida con rodamientos que se deslizan sobre una barra levemente oblícua (casi horizontal), de manera que el peso tiende a cerrarla. En condiciones normales, la puerta se mantiene abierta por un retén mecánico que impide su cierre, pero si se produce una alarma de incendio, el órgano de mando retira el retén, y la puerta se desliza con los rodamientos sobre la barra, cerrando el ámbito donde se ha iniciado el siniestro.

La variedad de actuadores es muy grande y cubre todas las necesidades que surgen de la aplicación de sistemas automáticos. La breve descripción realizada solamente ha sido hecha para mejor ilustración de las funciones que desempeñan estos componentes utilizados en instalaciones provistas de automatismos.

En la figura de la página siguiente se han reproducido las especificaciones de una unidad comercial de actuador para el control del caudal de aire caliente y otra unidad, también comercial, sensora de temperatura. Es interesante comentar algunas de las características de ambos dispositivos. El motor de mando es capaz de proporcionar un par de rotación del sistema que controla el aire caliente de 5.2 kilográmetros.

MOTOR DE MANDO PARA CONTROL DE CAUDAL DE AIRE CALIENTE



Controlador de caudal fabricado por Control Systems Internacional.

Permite el accionamiento del órgano de control de caudal por rotación ajustable en valores discretos de 45°, 60° y 90°, girando ya sea en el sentido de las agujas del reloj, o en sentido opuesto

Es operado con 24 volts de corriente alterna y tiene tres conexiones: Entrada común de 24 V, entrada para girar la derecha y entrada para girar a la izquierda. Las entradas son controladas con triacs.

El Modelo ACT03 requiere solamente 2 VA de potencia, tiene una velocidad de rotación de 1° por segundo y un par de 51 Nm cuando está en movimiento y 66 Nm en condiciones de bloqueo.

El peso total es de 760 gramos y las dimensiones son 86 mm x 141 mm por 60 mm (altura).

Montaje directo sobre eje de 12.7 mm de diámetro (1/2 ")

Hay otro modelo, el ACT02, cuya rotación es fija, de 90°.

SENSORES DE TEMPERATURA CON SALIDA LINEAL EN TODO EL INTERVALO DE MEDICION

Laa unidades de control para las que han sido desarrollados estos sensores tienen incorporadas la fuente de alimentación necesaria para accionar estos sensores.

Serie LTS80 Son elementos sensibles encapsulados en una unidad cilíndrica estanca. Para la conexión del elemento posee un par de conductores de 400 mm de longitud con terminales. La cápsula tiene 6,35 mm de diámetro y 25.4 mm de longitud.

Serie LTS80W. Son sensores planos, encerrados en una envoltura conductora del calor para ser montada en una pared o cualquier superficie plana. Las dimensiones son 51 mm x 61 mm.

Características técnicas:

Precisión de los sensores: A 25°C el error puede llegar, como máximo, a ± 0.84°C.

Entre 0°C y 70°C el error típico es de ± 1.12°C y el máximimo es de ± 1.4°C.

Operando en el *modo de tensión* la sensibilidad es de 10 mV/°C. El desplazamiento ("offset") lleva a estos valores:

@ - 25°C.....2.482 V
@ 0°C.....2.732 V
@ 25°C.....2.982 V
@ 50°C.....3.332 V
@ 105°C.....3.782 V

Valores límite

La linealidad se mantiene entre -40°C y 110°C.

Tensión de alimentación:

Mínima.....12 V c.c.
Máxima.....30 V c.c.

La potencia que toma el motor es de solamente 2 VA y el par generado es de más de 5 kgm, suficientemente elevado para accionar por rotación cualquier sistema de control de caudal de aire. Este par grande se logra utilizando un tren de engranajes que realiza una gran demultiplicación de la velocidad angular del motor. Obsérvese que la velocidad angular del eje de 12.7 mm es de solamente un grado por segundo, es decir, toma 1.5 minutos girar un ángulo de 90 grados.

Con respecto al sensor de temperatura puede observarse que en la zona de los 25°C, el error máximo de temperatura puede alcanzar ± 0.84°C, lo cual es perfectamente tolerable. Aunque esta magnitud del error sea aceptable, estos sensores no constituyen un sistema de medición de gran precisión, pero en cambio son componentes muy económicos y que toleran un tratamiento rudo

c) Los equipos para operación automática de los servicios del edificio

En el párrafo 3 titulado *Elementos fundamentales de un edificio inteligente* se presentó como tercer título el que corresponde a la ***Unidad de Control*** o ***Equipo para la Operación Automática***. Esta parte del sistema es el que da sus características de inteligencia. La importancia del mismo es tan grande que se justifica iniciar un párrafo especial para él.

4. El Sistema de Control

Los diversos sensores del sistema como así también los órganos de mando de la instalación del *edificio inteligente* se conectan a equipos que se denominan **"Unidad de Control de Procesos"**. Estas unidades son verdaderas pequeñas computadoras que poseen microprocesadores, memorias y programas incorporados. Con la información dada por los sensores, el calendario y el reloj, y aplicando los algoritmos contenidos en los programas***(software),*** las Unidades de Control elaboran las señales eléctricas que permiten accionar los órganos de mando, con el fin de cumplir con los requisitos del programa.

En general, se suelen utilizar varias *Unidades de Control de Procesos* en lugar de emplear simplemente una unidad proyectada específicamente para la instalación a la que se va a incorporar. Esto se hace por las siguientes razones: Por una parte, para hacer más económica la fabricación de dichas unidades como consecuencia de la estandarización y por otra parte, para dar flexibilidad al proyecto al permitir la incorporación de modificaciones sin necesidad de hacer cambios fundamentales en las instalaciones.

En este trabajo está previsto un proyecto de edificio inteligente aplicable a una escuela tipo, que luego servirá de modelo para la edificación de muchos establecimientos en la provincia de Neuquén. Como se verá más adelante en este informe en la sección titulada **Arquitectura del Sistema Inteligente de la Escuela**, se van a necesitar *más de noventa puntos de control,* incluyendo *los de medición, los de operación* y *los de señalización.*

Si se analizan las características de una unidad comercial de control de procesos , por ejemplo el Modelo 7716 PCU de la *Control System International*, algunas de las características que se van a comentar seguidamente muestran que podrían ser decuadas para el objetivo buscado. En primer lugar, es un sistema de ingreso de datos y salida de instrucciones de velocidad suficientemente alta para la mayoría de los procesos industriales. La velocidad es de 19.2 kB por segundo, de acuerdo con la RS-485.

La unidad de control de proceso Modelo 7716 ha sido realizada con una plaqueta que combina las funciones de procesamiento de datos, memoria, comunicaciones y entrada y salida de datos en un solo circuito impreso. Los terminales permiten desconexión rápida, y la conexión opcional de interfaces para modems y conexión directa de una puerta RS232. La confiabilidad inherente de este proyecto monolítico se acrecienta por una segura protección contra transitorios, condiciones de verificación automática de funciones y opción para comunicaciones con fibra óptica.

Características de la Unidad de Control para el Procesamiento de Datos

a) Señal de salida para órganos de mando analógica o PWM

En los casos en que el órgano de mando sea accionado por una señal analógica, puede elegirse entre la excitación proporcional a una corriente eléctrica de continua o a una tensión, también de continua.

Además es posible accionarlos utilizando una señal de pulsos unipolares modulados por su anchura, lo que en inglés se denomina ***Pulse Width Modulation***, y que se abrevia PWM.

b) Uso de claves para distintas interfaces

En aquellos casos en que puede ser necesario evitar que personas no autorizadas modifiquen instrucciones del programa se emplean **claves**. Las claves son simplemente palabras o frases que si no se introducen previamente en el procesador, éste rechaza cualquier instrucción que se quiera incorporar.

c) Reconfiguración automática de la Red de Area Local ante averías de la misma

El programa de la unidad de control preve, para los casos en que haya un desperfecto en alguna de las secciones de la Red de Area Local **("LAN")** caminos alternativos, y conmuta automáticamente las rutas pertinentes. En estos casos, emite una señal para informar la anomalía. Además, si no hay "ruta" alternativa genera una señal de alarma.

d) Arranque automático del sistema al reactivarse la provisión de energía eléctrica

Cuando hay una interrupción en la provisión de energía eléctrica, toda la información contenida en las memorias volátiles se mantiene por la existencia de baterías recargables que posee el equipo, pero el sistema de potencia queda interrumpido. Al reactivarse la red el sistema de potencia arranca automáticamente.

Sistema de Control Automático PID

En la **Sección 3b)**, al hacer referencia de los **sensores de temperatura**, se ha mencionado el sistema de control denominado "PID". Este tipo de control es de gran importancia, por lo que a continuación se describirá un poco más en detalle sus singularidades y la forma en que opera.

En un sistema de control automático se denomina error la diferencia entre el valor de la magnitud que se desea estabilizar (por ejemplo la temperatura en una sala) y el valor que se desea obtener, que suele llamarse el *valor de consigna*.

Se dice que un sistema de control es **proporcional** cuando la acción correctiva del error es proporcional a éste. En el ejemplo de la calefacción de la sala, si la temperatura real es mucho menor que la deseada, el sistema proporcional hará que la generación de calor sea muy intensa, con el fin de reducir el tiempo necesario para acercarse al valor deseado. Pero a medida que se va acercando al valor deseado el error disminuye y en consecuencia el régimen de calentamiento también disminuye.

Como el sistema amplificador del error tiene un valor finito, siempre tiene que haber un error residual para que sea posible generar el calor necesario para compensar las pérdidas de calorías del ambiente calentado.

Si además de la acción correctora proporcional al error se agrega *otra acción correctora proporcional al error acumulado a lo largo del tiempo*, lo que se podría definir matemáticamente como **la integral del error respecto del tiempo**, se tendría la ventaja que a medida que pasa el tiempo el error integrado también crece y la acción correctora puede llevar a cero el error. Este sistema de control se denomina **PI**, por ser **proporcional al error y a su integral respecto del tiempo.**

El sistema de control PI permitiría lograr un equilibrio estable del valor de la variable controlada, que para el caso del ejemplo es la temperatura de la sala, si no hubiesen perturbaciones que tiendan a cambiar el estado de equilibrio. Pero considérese el caso en que la sala estuviese vacía y a partir de una hora determinada comience a llegar gente. La repetida apertura y cierre de las puertas podría producir una reducción un tanto brusca de la temperatura. Esta disminución de la temperatura puede no ser alta, pero un cambio de solamente dos o tres grados en un tiempo muy corto (10 a 20 segundos) suele ser molesto. Por otra parte, el control proporcional provoca un calentamiento adicional relativamente pequeño porque el error no es muy grande, y la parte proporcional a la integral del error también es chica ya que no ha pasado tanto tiempo de integración del error.

Para contemplar estas situaciones y tener un control automático de mayor eficiencia se ha desarrollado lo que se conoce con el nombre de **control dependiente de la derivada del error.** En realidad lo que se hace es adicionar al control **PI una componente de corrección proporcional a la velocidad con que cambia el error**, es decir, a *la derivada del error respecto del tiempo.* Por este motivo este tipo de control se denomina **PID** , y es la forma más elaborada y eficaz de realizar el control automático, particula ente para los sistemas de calefacción.

Aunque en su origen el sistema PID fue desarrollado para controles de variables analógicas, sus conceptos se utilizan en la actualidad con tecnología digital, pero la única diferencia estriba en que las variaciones de las magnitudes se realizan en forma de diferencias finitas (discontinuas) como consecuencia de la digitalización.

El Módulo de Control PID a que se refiere este párrafo 4e) es, precisamente, de la unidad 7716 PCU, que se ha tomado como ejemplo de Unidad de Control. Esta unidad permite la realización de *Control Digital Directo* ***(DDC)*** de operaciones programadas digitalmente.

Características Adicionales de la Unidad de Control 7716

Control Digital Directo (DDC). La unidad permite realizar el control digital directo de operaciones programadas digitalmente, y que, en el caso de así requerirse, pueden ser modificadas con facilidad.

Capacidad de puntos de entrada y de salida. Básicamente, la unidad permite la conexión de 8 puntos de entrada y 8 puntos de salida, pero puede expandirse a 16 puntos de entrada y 16 de salida utilizando bloques de terminales accesorios.

Fuente de alimentación. La unidad requiere 24 V ± 10 % de corriente alterna, y consume 40 VA de potencia.

Dimensiones de la plaqueta: 244 mm x 356 mm

Temperatura de operación: 0° a 50°C

5. Expansión de la capacidad de la Unidad de Control

La unidad de control descripta en la página anterior, aun con las expansiones, permitiría controlar hasta 16 puntos de entrada y otros tantos de salida. Utilizando tres de ellas se podrían controlar hasta 48 puntos de entrada y 48 de salida, lo que satisfaría los requisitos expresados anteriormente para el sistema del edificio escolar.

Las unidades de control pueden ser conectadas a la misma red de área local, incrementándose así el número de puntos controlados. También pueden ser conectadas, a través de la red de área local y con interfaces adecuadas a otros puntos de control situados fuera del ámbito donde opera el sistema de control.

Por ejemplo, utilizando un ***MODEM***, puede tenerse acceso a la red telefónica, con lo que resultaría posible realizar una comunicación telefónica automática a la Central de Bomberos en el caso de alarma de iniciación de incendio o de policía en el caso de intrusión con intenciones de robo.

La utilización de los *MODEMS* para tener acceso a la línea telefónica permite también la interconexión de los sistemas de control correspondientes a instalaciones que no están situadas en un mismo edificio. Puede tomarse como ejemplo el caso de una pluralidad de edificios pertenecientes a diversos ministerios del gobierno de una misma provincia. Se supone que todos los edificios en cuestión están equipados *con el criterio de edificios inteligentes.*

Colocando un *MODEM* en cada una de las instalaciones será posible interconectar los equipos a través de la la red telefónica de la ciudad. Esta interconexión puede ser de mucha utilidad porque permite, entre otras cosas, pedir información como puede ser el consumo de combustible de la calefacción con fines de centralizar las estadísticas, o comunicar la iniciación de siniestros en un edificio que en ese momento no está ocupado, o modificar el programa de cualquiera de las instalaciones utilizando una computadora única para el servicio de todos los edificios, etc.

6. Los sistemas lógicos de la unidad de control

En el diagrama de la Fig.1 el bloque denominado "Central de Recepción y Distribución" recibe las señales de los diversos sensores para decidir la acción a tomar sobre la base de las instrucciones contenidas en su programa de operación.

Es interesante observar cómo la información proporcionada por un sensor, que podría llevar a ejecutar una acción determinada, puede llegar a ser modificada al recibir la información que entregan otros sensores. Las modificaciones son consecuencia de la aplicación de conceptos lógicos que han sido introducidos en el programa. Un ejemplo permitirá comprender más ajustadamente el concepto.

En el ejemplo del control de iluminación que se ha dado en el párrafo 3, si el nivel de la luz

diurna es inferior al valor que se ha prefijado para el ambiente controlado, el control automático ***encendería los artefactos de iluminación.*** Sin embargo, si esto ocurre durante la noche, fuera de las horas de funcionamiento de la oficina, no debería haber iluminación para evitar derroche de energía eléctrica. Como uno de los sensores que cuenta la instalación es ***un reloj***, aparece la condición lógica de no encender (a pesar de estar obscuro el ambiente) porque en el programa de control se fija que durante el intervalo de tiempo en que no hay actividad las luces deben estar apagadas.

También se incluyen en los programas de control otras condiciones lógicas, como puede ser la dependencia de la información proporcionada por un calendario para considerar la inactividad durante el fin de semana, o durante el período de vacaciones en la oficina controlada.

En el párrafo 3b) titulado *Los órganos de mando o actuadores* se pone como ejemplo el cierre automático de las puertas de seguridad para evitar la propagación del incendio de un local a otro local. Si el sistema actuase solamente respondiendo a la señal de los detectores de iniciación de incendio se correría el riesgo de dejar atrapadas en el recinto personas que todavía no hubiesen tenido tiempo de huir del recinto. Pero este riesgo desaparece si se incluye en la instalación sensores que determinen la presencia de personas y el sistema lógico del programa no permite actuar a los órganos de mando de cierre de las puertas hasta tanto no se haya evacuado el recinto.

Debe señalarse que no obstante encontrarse el programa de control ya prefijado y registrado en la memoria de la unidad, el mismo puede ser fácilmente modificado, ya sea por un evento circunstancial como para hacer un cambio más o menos permanente de operaciones. Estos cambios se realizan en forma sencilla. No se necesita ser una especialista en "software" para aprender a modificar el programa de control.

SEGUNDA PARTE

EL PROYECTO DE LA ESCUELA DE DIEZ AULAS

El informe suscripto por los funcionarios Cristina González, Arq. María Eugenia Moreno y Arq. Jorge N. Villanueva expresa que "El proyecto del edificio para la escuela de 10 aulas del Cosejo Provincial de Educación de la Provincia de Neuquén es un prototipo de máxima en cuanto a sus posibilidades de crecimiento y el de mayor demanda del sector", y por esos motivos ha sido elegido como modelo para proyectar el "sistema de edificio inteligente".

En relación con el sistema constructivo adoptado, puede resumirse el informe en la siguiente forma: Los muros serán dobles de ladrillo a la vista, estructura de columnas y vigas de hormigón armado y estructura superior metálica con cubierta de chapa ondulada galvanizada. Tanto los muros como la estructura de cubierta poseen aislación térmica de poliestireno expandido de 38 mm de espesor para las paredes y 50 mm en la cubierta. No se menciona la utilización de dobles vidrios para las ventanas.

Las actividades que se desarrollan en el edificio escolar comprenden sectores bien definidos: aulas para enseñanza teórica, laboratorio, biblioteca y locales para la dirección, para la secretaría y la sala de reuniones. Además de los servicios sanitarios, cocina, sala de música, sala de máquinas, patios (abiertos y cubierto), se tratará de tener terreno disponible par eventual crecimiento del edificio.

El aula tipo proyectada es de 7.20 m x 7.20 m , con una altura mínima de 2.90 m y se preve la necesidad de un un cubaje mínimo de 4.7 m^3 por alumno. De no cumplirse este requisito, se dispondrá de aventamientos para lograr ventilación cruzada.

En lo referente a la calefacción de los ambientes durante el invierno, para la zona de Neuquén, Capital, la máxima temperatura será de 20°C cuando la temperatura exterior sea de -10°C, es decir, una diferencial de 30°C. En los interiores podrá se de 15°.

En lo que concierne a la iluminación, la suma horizontal de los aventamientos no será inferior al 75 % del lado mayor del aula, con una altura mínima de 2.00 m .

INSTALACIONES TECNICAS

1. Calefacción central

La calefacción se efectúa por aire caliente, con intercambiador de calor y quemadores de gas natural. Se utilizarán dos equipos independientes, uno de 90 mil Cal/hora y otro de 55 mil Cal/hora. La circulación del aire caliente se realiza con bombas centrífugas, también independientes. El equipo mayor se utiliza para la calefacción de las aulas y Administración, y el otro para el "Salón de Uso Múltiple" (S.U.M.). Tendrá un sistema automático de corte del gas cuando el aire caliente alcance a la salida la temperatura de 90°.

El aire caliente se distribuye por conductos galvanizados, y los de retorno son del mismo tipo pero tendrán aislación térmica y en todo lugar de la instalación que sea necesario se colocarán "*dampers*" de regulación del caudal. Los difusores tendrán 100 % de regulación y las rejas de difusión serán de doble regulación, con 100 % de regulación.

Del análisis del **Plano 08-1** surge que hay alrededor de 45 bocas de salida **distribuidas en 25 recintos**, uno de los cuales es el denominado **S.U.M.**. El uso de registros ("dampers") para poder modificar el caudal de aire caliente posibilita la automatización de la apertura y el cierre de los difusores, utilizando órganos de mando adecuados. Se definirán también cuáles serán los ambientes en donde se van a colocar sensores de temperatura.

Como también hay retorno de aire caliente y toma de aire exterior, habrá que medir, seguramnte, la temperatura de estas dos variables y establecer un algoritmo que permita un buen compromiso entre la pureza del aire en los ambientes y el costo del servicio de calefacción

2. Provisión de agua

Se dispone de tres tanques de reserva de 1000 litros cada uno. Para el bombeo se cuenta con un tanque de reserva de 1000 litros y una bomba con motor eléctrico de 1 HP. Un tanque adicional, también de 1000 litros, que se llena por desborde del tanque de bombeo se usará para riego de las plantas de canteros y espacios verdes que rodean el edificio.

La provisión del agua caliente se efectúa con un tanque termo de 150 litros de capacidad "de alta recuperación" No se estipula la potencia (Calorías/hora), lo que permitiría determinar cuantitativamente el sentido de la expresión *de alta recuperación.*

3. Instalación Eléctrica

La instalación eléctrica para iluminación y fuerza motriz es convencional, de acuerdo con las normas en vigencia. El Tablero General se instalará en la sala de máquinas. La conexión de tierra se realizará con una jabalina. La conexión de la jabalina a la instalación eléctrica del edificio se encuentra en una cámara de inspección, la que normalmente está cerrada por una loseta, pero se accede a la cámara quitando la loseta, que es removible.

En la sala de máquinas donde se alojan los tableros y motores podrá instalarse también el acumulador y su cargador para alimentar sistemas de alarma de intrusión al edificio, previendo que haya un corte (accidental o deliberado) de la línea la provisión de energía eléctrica exterior.

3. Conexiones de sensores y órganos de mando

Como en el proyecto original no se habían considerado las instalaciones auxiliares necesarias para que la escuela tuviese las características de ***edificio inteligente***, deberá realizarse un plano de la instalación complementaria para poder alojar los cables e instalar los sensores, actuadores y aparatos necesarios.

ARQUITECTURA DEL SISTEMA INTELIGENTE DE LA ESCUELA

Para la realización del proyecto debe determinarse, en primer lugar, **la cantidad de lugares** donde se van a realizar **mediciones**, aquellos *lugares* donde se van a instalar **órganos de mando** o "actuadores" y tambien los **lugares** donde se instalarán **visualizadores** que proporcionen información de situaciones particulares en el sistema. Esos *lugares* donde se conectan sensores, órganos de mando y visualizadores tienen el nombre genérico de **puntos**, y la complejidad del sistema es, en cierto modo, proporcional a la cantidad de puntos que posee. Cada "**punto**" del sistema se caracteriza por el tipo de variable que maneja, por ejemplo, *temperatura del recinto, comando de circulación de aire caliente abierto*, *grado de iluminación del recinto insuficiente*, etc.

Además debe definirse la categoría de la variable que caracteriza a cada punto. Una temperatura puede ser una variable analógica, como se requiere cuando el valor de estabilización el el recinto dependa de otra variable, como puede ser de la temperatura ambiente en el exterior del edificio. También puede ser simplemente una variable binaria,"*sí* o *no*", si se trata de un control sencillo de temperatura, en el que el sistema de calefacción arranca o se detiene, simplemente, cuando la temperatura del ambiente controlado está por debajo del valor mínimo admisible o por encima del máximo, respectivamente.

A. Evaluación del número de puntos controlados en la escuela

Con referencia al *Plano 02-3 de la Escuela N°298, Planta General*, puede observarse la existencia de los ambientes que se indican a continuación:

a) 10 Aulas de 7 m x 7 m

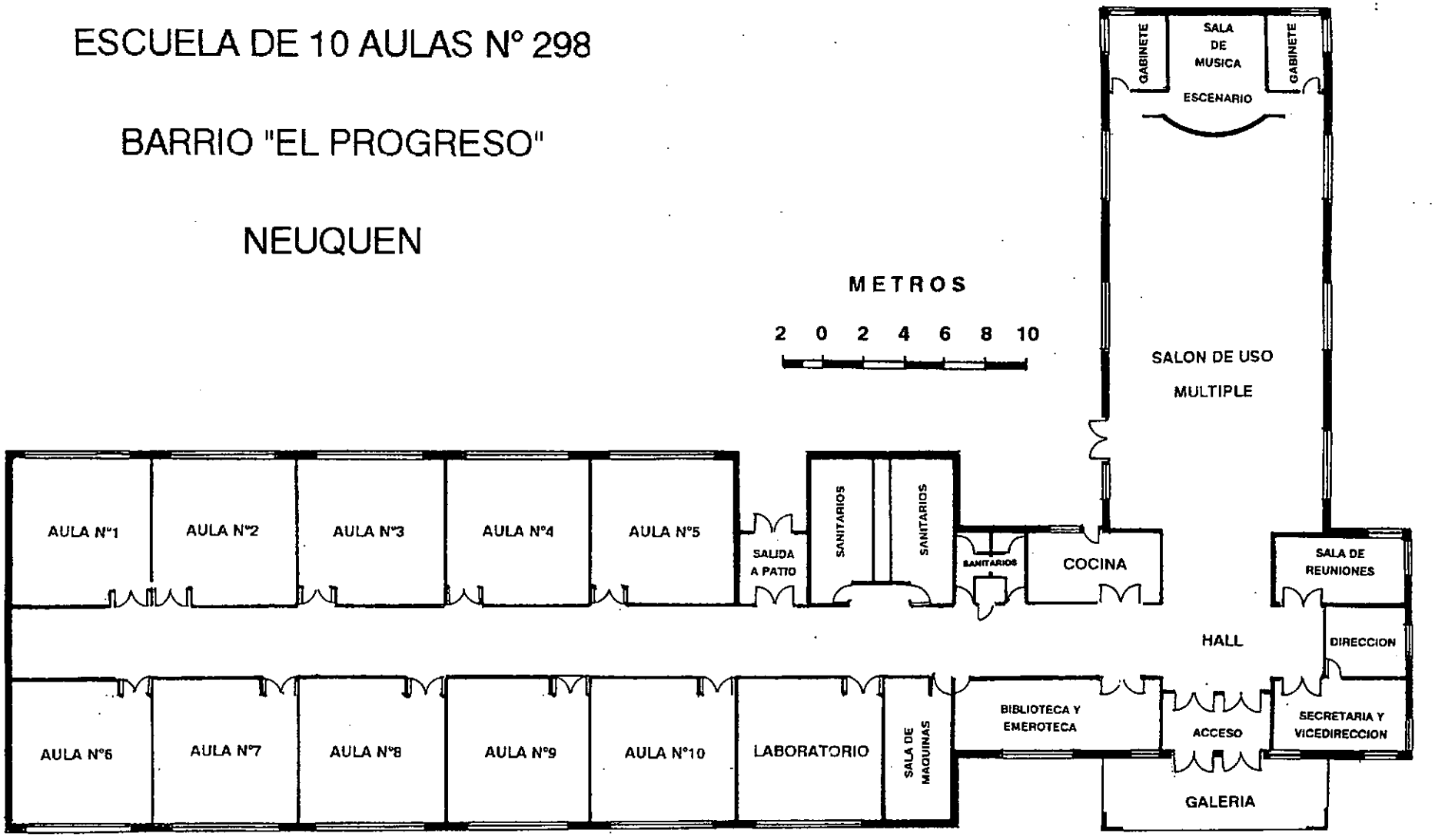
b) 1 Laboratorio para experimentos de 7 m x 7 m

c) 1 Sala de máquinas de 7 m x 3.40 m

ESCUELA DE 10 AULAS N° 298

BARRIO "EL PROGRESO"

NEUQUEN



a) 10 Aulas de 7 m x 7 m

b) 1 Laboratorio para experimentos, de 7 m x 7 m

c) 1 Sala de máquinas de 7 m x 3.40 m

d) Baños para escolares 7m x 7 m

e) Biblioteca y hemeroteca 9.90 m x 3.40 m

f) Secretaría y Vicedirección 6.15 m x 3.45 m

g) Dirección 3.40 m x 3.40 m

h) Sala de reuniones 6.15 m x 3.50 m

i) Baños docentes 3.40 m x 3.40 m

j) Cocina 3.40 m x 6.18 m

k) **S.U.M.** con Auditorio y Sala de Música) 20.55 m x 10.40 m

Referencia al plano 7-1 Instalación agua fría y caliente

m) 5 tanques de agua de 1000 litros

n) 2 bombas de agua con motores de 1 HP (una de ellas es auxiliar)

Cómputo del número de puntos de medición y accionamiento

Cada una de las 10 aulas referidas en **a)** requiere: – medición de temperatura, – accionamiento de los controles de caudal de aire caliente ("dampers"), – medición de intensidad luminosa y – accionamiento y corte de la iluminación artificial del aula. Todo esto totaliza ***40 puntos***. Obsérvese que 20 de ellos (medición de temperatura y control de caudal de aire caliente) pueden conducir variables analógicas, si se desea un control gradual de buena eficiencia.

Para el laboratorio referido en **b)** puede aplicarse el mismo criterio, lo que agrega **4 puntos** más, dos binarios y dos analógicos.

La sala de máquinas es un caso particular. No tiene iluminación natural y contiene el sistema de calefacción central de aire caliente, por lo que tiene el control de los motores de las

bombas centrífugas de impulsión del aire caliente y del quemador de gas natural. Además, el pliego de la licitación de provisión e instalación del sistema de calefacción exige la provisión de todo el sistema automático de seguridad, regulación y control de motores y quemadores por el mismo provedor de los equipos, lo cual es muy conveniente.

Sin embargo, el *sistema inteligente* agregará, al automatismo propio del equipo, aquellos atributos tales como el de evitar la simultaneidad de arranque de motores (hay dos motores eléctricos de las equipos de calefacción y uno sólo de los motores de las bombas hidráulicas de llenado de tanque en operación). Por otra parte, la regulación automática de los caudales de aire caliente que alimenta cada una de las aulas y el laboratorio se ralizará con los *actuadores* ("servos") que manejan los "dampers" pertinentes. Esto significa que debe preverse para la sala de máquinas, el **local c)**, **tres sensores binarios** que sensan el estado de los contactores de los motores, y en el momento en que arranca uno de ellos, la unidad de control comienza a contar tiempo inhibiendo durante este período el arranque de cualquier otro motor, hasta tanto haya pasado el transitorio de sobrecorriente.

Los locales que contienen los baños para escolares y los de docentes podrían ser regulados con un único sensor de temperatura y un único actuador para el aire caliente. Por otra parte, por las características propias del servicio habrá necesidad de usar iluminación artificial, de manera que no se necesitarán controles de nivel de iluminación. En consecuencia, el número de puntos para sensores y actuadores para los locales **d)** e **i)** totaliza **tres unidades**: uno para sensor de temperatura (analógico), uno para operación del "damper" del flujo de aire caliente (analógico) y el tercero binario, para operar el encendido de la iluminación artificial.

Con referencia a la Secretaría y Vicedirección y a la Dirección, locales f) y g), por ser este último de tamaño relativamente chico, podrían ser controlados con el mismo sensor de temperatura y por el mismo operador de "damper". También podría utilizarse un medidor de intensidad de iluminación común para ambos locales juntamente con el órgano de

comando de la iluminación artificial. En resumen, **dos puntos de variables analógicas** y **dos puntos de variables binarias**.

La Biblioteca y Hemeroteca **(local e)** y la Sala de Reuniones **(local h)** tienen iguales requerimientos que las aulas, por lo que deberían contabilizarse **cuatro puntos analógicos** y **cuatro digitales** para estos ambientes.

La cocina **(local j)** podría tener igual tratamiento que las aulas, lo que exigiría prever **dos puntos con sensores analógicos** y **dos digitales.**

Con referencia al sistema de calefacción, debe señalarse que tanto para los locales de los baños como para el de la cocina no se deben instalar retornos de aire.

Finalmente, el *Salón de Uso Múltiple* y la *Sala de Música* también necesitan controles de temperatura y controles de iluminación, pero podrían instalarse controles comunes para ambos locales. Esto equivale a decir que las necesidades para el **Local k** incluye **dos puntos para sensores analógicos** y **dos digitales**. Además, los cinco tanques de agua referidos en **m)** necesitan medición del nivel de agua, preferiblemente analógico, por lo que habría que agregar **cinco puntos para sensores analógicos**

Sumando las necesidades expresadas, la totalidad de puntos de medición o de control de órganos de mando en lo que se refiere a **iluminación**, **calefacción** y **niveles de agua** resulta:

Cantidad de puntos de variables analógicas..... 38

Cantidad de puntos de variables binarias.....38

SISTEMA DE ALARMAS DE INCENDIO Y DE INTRUSION EN EL EDIFICIO

Los sistemas de alarma tanto de incendio como de intrusión son binarios, ya que se puede establecer que *hay comienzo de incendio o no lo hay*, y también cabe expresar que *entraron intrusos en el edificio o no entraron*.

En lo que concierne a las alarmas de incendio y con referencia al plano de la escuela (Fig.3 en la página 36) hay tres locales en donde es imprescindible la colocación de sensores, ya sea de humo o de ionización. Ellos son la **Sala de Máquinas,** la **Cocina** y la **Dirección** o la **Secretaría**

Los dos locales mencionados en primer término son los más proclives a dar lugar a la iniciación de un incendio, pero se debe prever que en la Dirección o en la Secretaría pueden haber archivos de documentos de mucha importancia, por lo que puede ser necesario colocar este tipo de sensores. El mismo criterio puede aplicarse para el local de la Biblioteca.

En lo que respecta a las características del sistema de alarma, si lo que se desea es simplemente que se genere la alarma indicando que se inició el incendio, sin definir el ámbito donde ha actuado el detector, se necesitará una sola línea para todos los puntos controlados. Pero si se desea disponer de la información referente al local donde se inició la alarma, se necesitarán tantos puntos de control como ámbitos controlados

Si se aplica este último criterio para las alarmas de la escuela y además se quiere hacer la comunicación automática del evento, por ejemplo, a la central de bomberos, o al domicilio del Director, o a ambas direcciones, se necesitará un punto de control más para accionar el sistema de comunicación telefónica. Esto significa que el sistema de incendio necesitará **cinco puntos** adicionales de control.

La señales son, como se dijo, del tipo binario pero el sistema deberá disponer de un ***modem*** para tener acceso a la red telefónica de la ciudad, y el "discador automático" para efectuar los llamados de alarma.

En resumen, el **sistema de alarma de incendio** requiere: acceso a **cinco puntos de variables binarias, un modem telefónico y un discador automático.**

DETECCION DE INTRUSOS EN EL EDIFICIO

La elección de los lugares donde se deben colocar los detectores de intusión requiere una consideración especial, particularmente para el caso de las escuelas. Si el intruso se encuentra muy cerca de las entradas (puertas, ventanas sin rejas, etc.) aunque hayan franqueado las entradas del jardín, no es una evidencia de intención de violar el edificio. Una alarma que que se activase en estas condiciones puede ser contraproducente por cuanto en muchos casos resultaría una ***falsa alarma*** y el resultado sería el de no confiar en el sistema, y descartar los llamados de alarma. Por ejemplo, los mismos escolares pueden entrar en los jardines de la escuela, fuera de las horas de funcionamiento de ésta, para jugar a la pelota. Si bien es cierto que ellos no están autorizados para ello, en el fondo no se trata de una intrusión, ya que no hay intención de hurto o vandalismo.

Por otra parte, si el sistema de detección se encuentra en el interior mismo del edificio, la alarma se activará cuando hubo violación de alguna o varias de las entradas posibles, y en ese caso es altamente probable que haya intención de delinquir.

El programa del sistema anulará el accionamiento de las alarmas durante las horas de actividad escolar y estará activo cuando el edificio esté sin gente, o durante la noche, auque haya un sereno. Se debe prever que en el caso que haya un sereno durante la noche, en el momento que el mismo entre en la escuela debe anular transitoriamente el sistema de alarma para evitar una falsa alarma. En ese caso se utilizan ya sean botoneras donde se entra un número de código o tarjetas magnéticas que se pasan en una ranura para su lectura.

Volviendo a la Fig.3 de la página 36, los puntos en donde convendría colocar detectores de intrusión son: Las dos puertas indicadas **Acceso** frente a la **Galería**, las dos puertas exteriores indicada **Salida al Patio** y las puertas que dan al exterior del **Salón de Uso Múltiple**.

Tipo de detector a utilizar

Como las distancia a cubrir es pequeña ya que corresponde a puertas dobles (aproximadamente 1.50 m), conviene utilizar controles fotoeléctricos de infrarrojo de semiconductores (LED y fototransistores) que pueden ser alimentados con baterías, eliminando así el riesgo de que la alarma quede fuera de servicio en el caso de corte de energía eléctrica de la línea de 220 V.

La salida de cada una de las alarmas entrará independientemente a la unidad de control, por lo que se debe prever **tres puntos adicionales de sensores**, de carácter binario. Se podría además utilizar el *modem* seleccionado para las alarmas de incendio, para hacer enlace por medio de la red telefónica ya sea con la central policial de la zona, o con autoridades de la escuela.

Si a los requisitos establecisos para los sensores y órganos de mando para el control de iluminación y calefacción dados en la página 39 se agregan los de incendio (pág. 40) y los de intrusión de esta misma página, pueden resumirse las necesidades totales en el cuadro siguiente:

Variables analógicas	38
Variables binarias: 38+5+3 =	46
Total de puntos de control	**84**
Modem telefónico	1
Detectores de incendio	4
Sensores de intrusión de infrarrojos	3
Discador telefónico automático 5 números	1

A esta lista deberá agregarse las alarmas acústicas y visuales que se considere conveniente incorporar en el sistema.

5. Selección de la Unidad de Control

En la página 29 se ha descripto brevemente una unidad comercial de control, el Modelo 7716 de la CSI, que con la extensión es capaz de controlar hasta 32 puntos, ya sea tanto de variables analógicas como binarias. También se ha indicado la conveniencia de utilizar unidades normalizadas que puedan hacer "crecer" el sistema simplemente agregando más módulos. Para el caso de la escuela, se podrían usar **tres** módulos como el mencionado, con lo que se dispondría de 32 x 3 = 96 puntos de entrada o de salida, con un excedente de 12 puntos frente a los necesarios. Estos puntos excedentes podrán ser utilizados para señalizaciones, o también para futuras ampliaciones del sistema.

Las unidades pueden ser operadas directamente con el programa contenido en sus memorias EEPROM (Memorias solamente de lectura, programables y de borrado eléctrico) Las modificaciones que pudiesen ser necesarias en el programa se hace por borrado eléctrico de aquellos *bytes* que deben ser modificados, y haciendo la reprogramación de la EEPROM.

Las Unidades de Control comerciales son en realidad computadoras especializadas en las que se ha tratado de simplificar al máximo el problema de la programación, y a pedido se proveen ya programadas para la tarea que deban desempeñar. Sin embargo puede ser útil adquirir el manual de programación que se vende separadamente, a fin de que el usuario, con alguna experiencia en programación, pueda modificar y hacer programas completamente nuevos.

En estos casos resulta de mucha utilidad contar con una computadora del tipo PC, con *monitor* e *impresor*, lo que no solamente facilitará la tarea de programar, sino que también permitirá imprimir estadísticas y seguir muy de cerca la operación del edificio inteligente, con lo que será posible optimizar el programa

También es posible utilizar la computadora misma como unidad de control, pero como no se tiene suficiente cantidad de *ranuras* ("slots") para conectar la multiplicidad de puntos de control requeridos, deberá desarrollarse y construirse una interfaz que *multiplexe* en el tiempo las entradas y salidas a fin de hacer compatible el sistema con el número de ranuras de la computadora disponible. El programa estará grabado en el disco rígido, pero normalmente deberá estar disponible, para la operación del sistema, en la memoria RAM de la computadora. Otra solución podría consistir en agregar una EEPROM al sistema, como tienen las unidades de control comerciales.

6. Cableado de sensores y actuadores

Aunque el número de puntos de entrada y salida es relativamente grande, la *red interna de interconexión* no presenta dificultades para el sistema de la escuela porque una gran cantidad de la variables son binarias, "sí o no", y además no se necesita gran rapidez de operación tanto de los sensores como de los órganos de mando. Se ha visto en la página 42 que son **82** los puntos de control, lo que significa que *ese mismo es el número de pares* que interconectan los sensores, órganos de mando y elementos de señalización con la o las unidades de control.

Estos pares trenzados conviene alojarlos en conductos en los que se pueda acceder a cualquier cable, en cualquier parte de su recorrido, como sucede cuando se los aloja en esos canales cable provistos de tapa de cierre que se pueda remover. Con el tipo de construcción de escuelas que se aplica en Neuquén, en el que la estructura resistente de vigas y columnas de hormigón armado forman un plano con las paredes de ladrillo a la vista, caben dos soluciones para el alojamiento de estos cables

Si se trata de escuelas ya construidas, puede sujetarse en las vigas superiores, utilizando tarugos y tornillos, canales cable de plástico. Después de alojar los cables y colocar la tapa

de cierre, se puede recubrir el canal, por razones de estética, con un perfil [de aluminio o de madera. Las derivaciones a los sensores o los actuadores se harán utilizando cajas con terminales prensacables, pasando por la parte de mampostería de ladrillo a la vista para los sensores, o a través del cielorraso para llegar a los conductos de aire caliente.

Si la escuela no ha sido construida aún, se puede utilizar una forma similar para alojar los cables, pero en estas condiciones el canal cable puede estar embutido en las vigas de hormigón, a la altura de la línea neutra para no disminuir sensiblemente el módulo resistente de ella. En este caso la tapa podría ser simplemente una chapa plana de aluminio, o un listón delgado de madera. Las cajas de conexiones podrían estar embutidas en la parte superior de las paredes de mampostería, por debajo de las vigas de hormigón.

En las dos páginas siguientes, en las figuras 3 y 4, se han representado en planta el recorrido de los conductos para la instalación de sensores y órganos de control de iluminación y calefacción (Pág.46) y la que corresponde a los sistemas de alarma de incendio y de intrusión (Pág.47).

Se ha previsto que el equipo de control estará instalado en la DIRECCION, sobre la pared adyacente a la SALA DE REUNIONES. Estos equipos son de pequeño espesor, y pueden ser fijados muy fácilmente sobre las paredes, de manera que si se decide colocarlos en otro ámbito, no habrá mayores problemas.

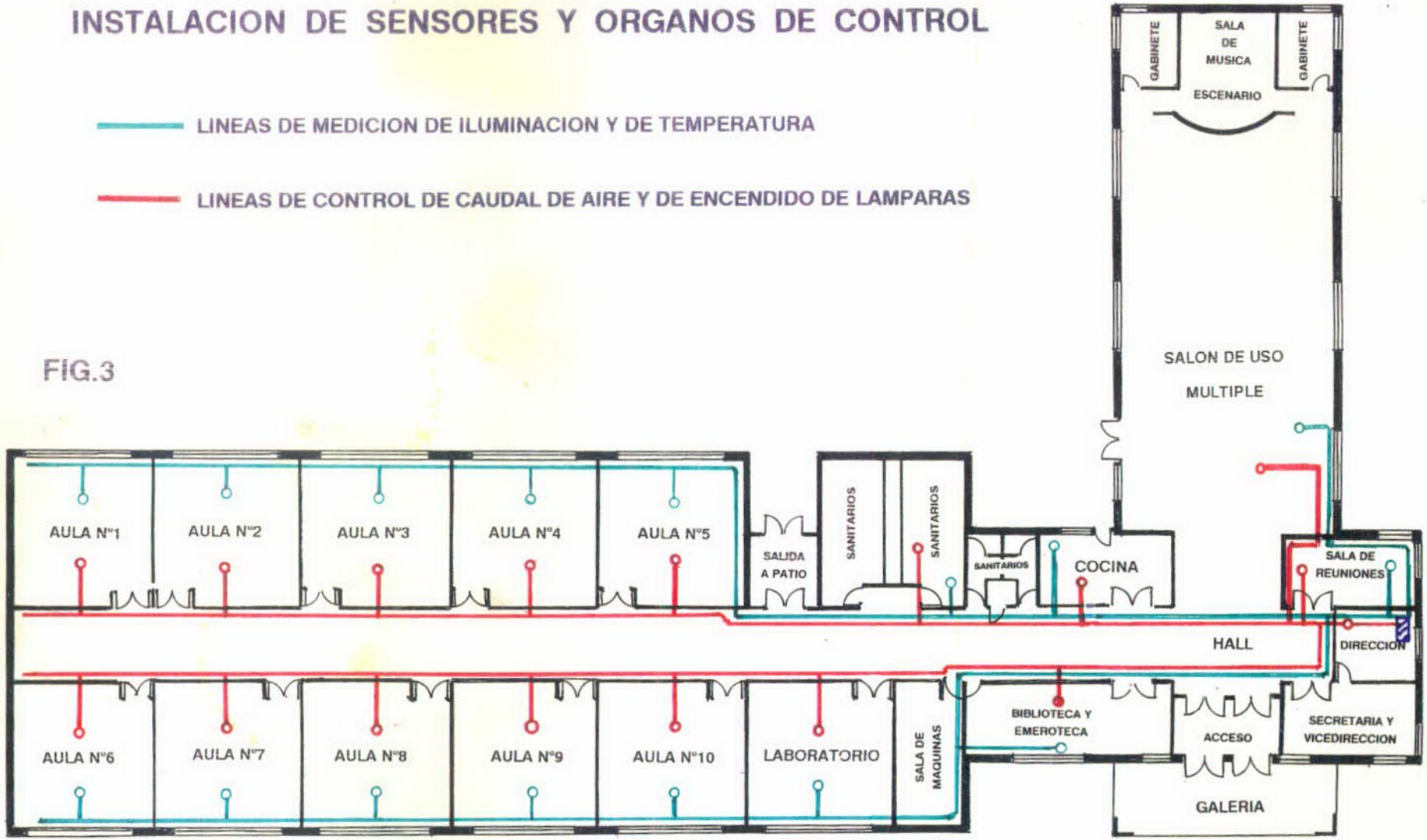
El encendido y apagado de todas los artefactos de iluminación se hace automáticamente con el equipo de control y de acuerdo con el programa almacenado. Sin embargo, puede haber cicunstancias que se quiera forzar un encendido manualmente. Previendo esta situación, los relevadores ("relays") de accionamiento de los artefactos son del tipo **inversores** ("una vía, dos posiciones") que permiten forzar el encendido con interruptores comunes, para lo cual la llave manual se conecta al contacto que corresponde a la posición de reposo del relay.

INSTALACION DE SENSORES Y ORGANOS DE CONTROL

LINEAS DE MEDICION DE ILUMINACION Y DE TEMPERATURA

LINEAS DE CONTROL DE CAUDAL DE AIRE Y DE ENCENDIDO DE LAMPARAS

FIG.3

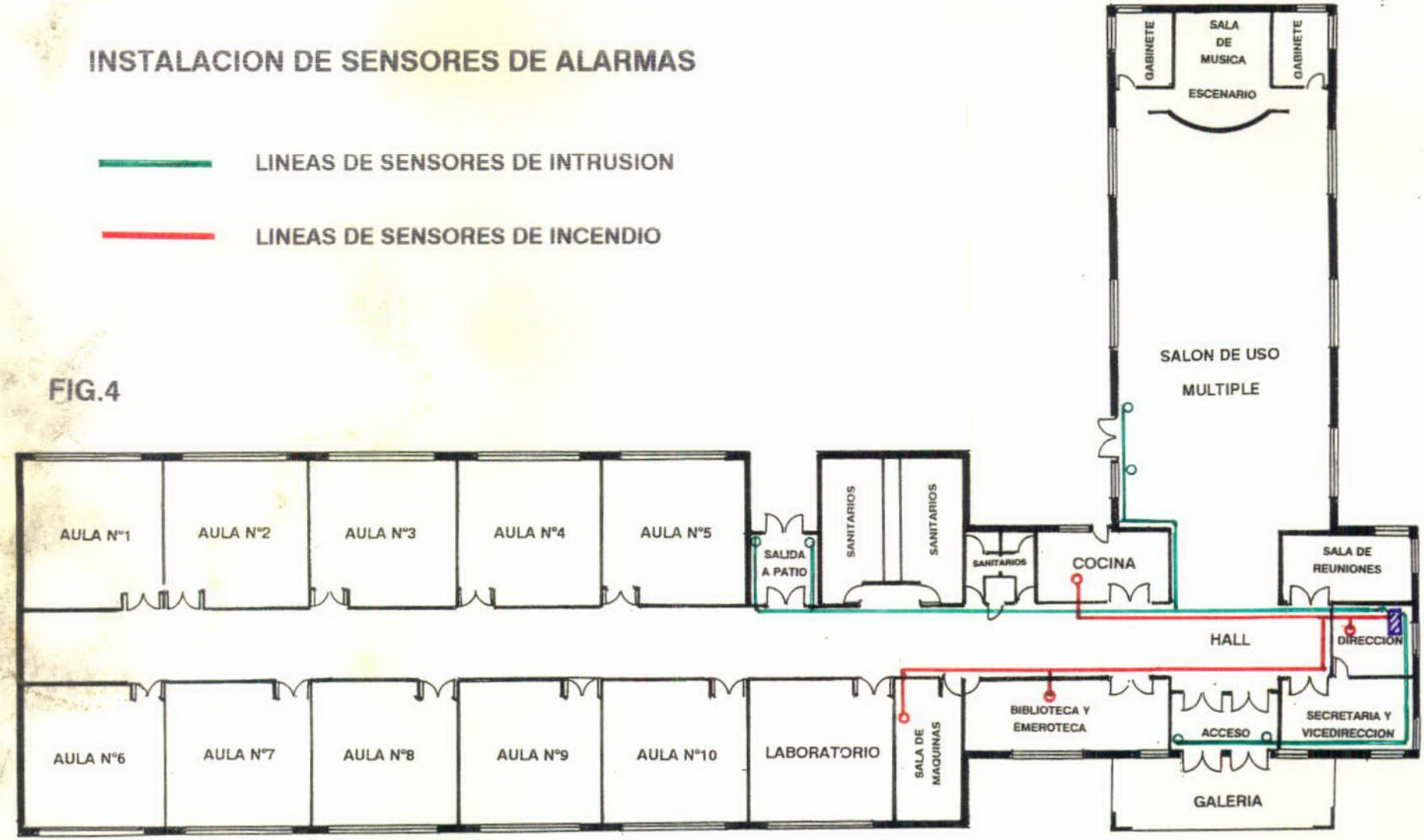


INSTALACION DE SENSORES DE ALARMAS

LINEAS DE SENSORES DE INTRUSION

LINEAS DE SENSORES DE INCENDIO

FIG.4



VISITA A LA ESCUELA UBICADA EN "COLONIA VALENTINA SUR"

Durante su estadía en Neuquén (juio 28-30), el autor visitó la escuela "Colonia Valentina Sur", de diez aulas, que es una versión anterior a la que se ha tomado como modelo para la incorporación de los conceptos de *domótica*. La arquitectura es muy similar al proyecto de la N°298, pero hay tres elementos que la diferencian: 1°. La sala de máquinas está ubicada sobre el pabellón de aulas, en el espacio en que se encuentran las cabriadas de soporte de los techos;. 2°. Las dos filas de aulas no están separadas por un corredor, sino que dan a un patio abierto interior, accesible a los jardines y 3°. el patio cubierto interior que podría utilizarse como "Salón de Uso Múltiple" no está suficientemente segregado del resto de la escuela, lo cual es importante cuendo se lo desea utilizar el salón para actividades ajenas a la de la escuela.

A pesar de las diferencias señaladas, habría interés de modificar las instalaciones para darle las características de *edificio inteligente* por dos motivos. Por una parte, porque es una escuela nueva **ya construida**, y por otra parte porque ya sufrió los perjuicios de una incursión de ladrones que hurtaron todo el sistema electrónico de amplificadores y vaciaron el depósito de comestibles de la escuela (la escuela da almuerzo a más de 150 escolares por día).

Como participaron en la visita el Ing. Adolfo Italiano, la Ing.Marta G. Flores y la Ing. María González se analizó con ellos la posibilidad de utilizar el mismo proyecto esbozado para la Escuela 298, con algunos cambios para adecuarlo a las diferencias de la planta de ambas escuelas

Es posible que se decida primero incorporar a esta escuela (la de Colonia Valentina Sur) el sistema de Edificio Inteligente programado, antes que a la Escuela N°298, que todavía no está construida, para aprovechar en forma inmediata los beneficios del sistema.

TERCERA PARTE

ESTUDIO DEL EDIFICIO DE LA SUBSECRETARIA DE HACIENDA

El edificio de referencia en el momento actual tiene dos pisos, que están ya habilitados y en funcionamiento, pero ha sido proyectado para totalizar seis pisos, es decir, edificar cuatro pisos más sobre los dos existentes.

El autor de este informe hizo una visita detallada al edificio, acompañado por los siguientes funcionarios del la Provincia de Neuquén: el Ing. Adolfo L. Italiano, (Dirección Provincial de Telecomunicaciones), la Ing.Marta G. Flores (también de la Dirección de Telecomunicaciones), la Arq. M. Eugenia Moreno y la Ing. María C. González, ambas funcionarias de la Dirección de Estudios y Proyectos. Previamente el Arq. Jorge Villanueva, Director de Estudios y Proyectos, hizo una descripción de los planes referente a la continuación de las obras en el edificio, y del interés en la aplicación de las técnicas de Edificios Inteligentes.

El interés de aplicar en ese edificio los conceptos de la *Domótica*, surge del hecho que permitiría extender la experiencia que se obtenga de su aplicación en los edificios para escuelas, que son de una sola planta, a edificios de varios pisos. En particular, en el edificio de la Subsecretaría de hacienda tanto el sistema telefónico como el informático serán complejos. Por esta razón, a la experiencia que resulte de la aplicación de la *domótica* en las escuelas en lo que se refiere a la economía de energía, y a la seguridad contra incendio, hurto y vandalismo, se agregaría experiencia en temas tan importantes como son las telecomunicaciones y la informática.

Con el fin de poder aprovechar el asesoramiento del actual contrato para avanzar todo lo posible en los estudios del edificio de la Subsecretaría, durante la visita a Neuquén realizada por el autor los días 28, 29 y 30 de julio, se cursó a la Dirección de Estudios y Proyectos el pedido de información que se indica a continuación, el que fue redactado con la colaboración del Ing. Italiano.

PEDIDO DE LOS REQUERIMIENTOS PARA EL EDIFICIO DE SEIS PISOS DE LA SUBBSECRETARIA DE HACIENDA

1. COMUNICACIONES

Analizar la necesidad estimada inicial y futura de comunicaciones telefónicas, de facsímil, telex y transmisión de datos para las oficinas de la torre.

* Cantidad de líneas internas
* Cantidad de líneas externas
* Vínculos con Telefónica Argentina
* Vínculo con la Red Arpac
* Vínculo con las redes locales de la Administración Provincial
* Vínculo con redes de datos satelitales (Antena en Terraza)
* Comunicaciones Radioeléctricas (Antenas en Terraza)
* Sistema de Videocable
* Sistema de Música Funcional

Se definirán valores estimativos de requerimiento de los futuros usuarios y su distribución en los distitos pisos. Se indicarán posibles medios de transmisión de la información para cada caso, de acuerdo con el volumen de información a transmitir y el desarrollo tecnológico actual.

2. SISTEMA DE ENERGIA

- Sistema de energía eléctrica

- Sistema de provisión de gas

Estimar la potencia requerida y el consumo mensual para los siguientes servicios:

* Iluminación

* Fuerza motriz para ascensores

* Fuerza motriz para calefacción

* Fuerza motriz para provisión de agua

* Aire acondicionado

* Sistemas de comunicaciones e informática

* Otros accesorios eléctricos

* **GAS** para el sistema de calefacción

* **GAS** para cocina y termotanques

3. PROVISION DE AGUA, PRODUCCION DE AGUA CALIENTE

Estimación del consumo mensual de agua corriente

4. ALARMAS DE INCENDIO

Sensores de humo y de ionización. Estimar la cantidad de sensores para controlar el edificio►

5. INGRESO DE PERSONAS

Estimación de la cantidad de accesos a controlar y de lectoras magnéticas

Definir locales de acceso restringido

6. CANALIZACIONES

Describir las canalizaciones previstas a nivel de montantes y por planta, para **Comunicaciones** y para **Energía Eléctrica**

7. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Características eléctricas de la puesta a tierra. Descripción del sistema. Valores de conductibilidad del terreno. Ubicación de la puesta a tierra. Independencia entre la puesta a tierra del sistema eléctrico y del sistema de comunicaciones a informática

ANEXO

Fundamentos de la Gestión del Sistema Energético de las Escuelas del distrito de Dallas, TX., E. U. A.

En 1985 se aprobó un programa en el que se autorizaba el gasto de unos 12 millones de dólares de los 195 millones que se gastarían, en total, para proyectos de reducción de los gastos de consumo de energía. La razón principal por la que se incluía la reducción del consumo de energía en el programa fue que el costo de energía en el distrito en aquel momento era de U$S 8.65 por metro cuadrado , considerando la superficie total de la escuela. Se esperaba que con el sistema de control del consumo de energía se podría reducir el consumo entre el 10 y el 15 por ciento .

Los resultados obtenidos son particularmente notables por las siguientes motivos:

a) **Costo total.** Muchas escuelas de distritos, como la de Los Angeles, California, habían gastado 12 millones para obtener los mismos resultados que en el caso de Dallas, donde se pudo hacer con menos de U$S 6 millones.

b) **Elección de un solo sistema en lugar de varios.** Se consideró conveniente que la provisión del sistema para economizar energía fuese proporcionado en todos los casos por el mismo fabricante. Las instituciones públicas deben **licitar** esta clase de trabajos y adjudicarlas al de menor precio de los que se presenten, previa verificación de la responsabilidad de la empresa. Muchas otras entidades en el área del distrito de Dallas, incluyendo la ciudad de Dallas, habían instalado en sus edificios sistemas de optimización del uso de energía. Pero debido a la incapacidad para proyectar o especificar todos los puntos a ser controlados en en un proyecto o contrato, terminaron implantando varios sistemas en una misma obra.

Como cada uno de los sistemas es independiente de los demás, con diferentes computadoras y programas (software), los distintos sistemas no pueden comunicarse entre sí. En consecuencia, se debe operar y hacer el mantenimiento de varios sistemas en lugar de uno sólo, lo que sería más conveniente.

Obviamente, sería poco práctico proyectar y especificar entre 10 mil y 12 mil *puntos de control y de mediciones* en cada una de las escuelas para hacer un pliego único para la licitación. De hacerse esto, el costo de consultoría externa hubiese resultado prohibitivo. Como entre el personal del Distrito habían dos ingenieros con experiencia en el proyecto de tales sistemas, se decidió que ellos "proyectarían" el sistema y prepararían el pliego para la licitación. Glenn Smith, Coordinador de la Gerencia de Energía y Delbert Fowler, Director de Proyectos y Constucciones del Distrito, prepararon todos los documentos de la licitación, haciendo ahorrar al distrito unos U$S 600.000 que hubiesen costado los aranceles del trabajo

Con el fin de cumplir con el objetivo de tener un único contratista para todo el sistema, se decidió que se licitaría la totalidad del proyecto, pero para hacerlo se aplicarían métodos que nunca habían sido utilizados anteriormente

c) Proceso de licitación utilizando *Precios Unitarios:* El concepto de utilizar "precios unitarios" permitió realizar el "proyecto", o especificación exacta de los *puntos de medición y control* en una escuela, en una forma manejable tanto para la Gerencia del Distrito como para el Contratista.

d) Costo y Programa de Control. Después de más de cinco años de trabajo con este contrato el proyecto sigue de acuerdo con lo programado dentro del "presupuesto" total establecido de U$S 6 millones. En lugar de especificar los 10.000 a 12.000 puntos que podrían ser requeridos en cada escuela, solamente fueron especificados aquellos puntos en

seis escuelas consideradas "piloto" donde se hicieron especificaciones detalladas, punto por punto; los precios de las las 177 escuelas restantes se basarán en precios unitarios, habiéndose definido los valores para ocho *.puntos tipificados de medición y control* Además el proyecto de construcción tendrá valor durante varios años y los *puntos* a ser instalados en cada escuela serán especificados a la iniciación de cada fase del desarrollo del proyecto. Se presume que con este método el programa podrá ser mantenido siempre dentro del presupuesto y con el mínimo de esfuerzo.

e) Desarrollo del programa. Previamente a iniciar la construcción se convino en que tanto el Distrito como la Compañía constructora se beneficiarían si se desarrollaba un plan de instalación. Fue así que hubo acuerdo en iniciar cada mes la instalación de cuatro escuelas. Esto significaba que se completaría la instalación de cuatro escuelas por mes. Este programa demostró ser muy eficiente, y se convino que el resto del programa concertado para todo el período se realizaría cuando los fondos disponibles así lo permitieran.

f) Criterio de sobriedad en la ejecución del proyecto. Se adoptó la sobriedad como criterio de realización del sistema, con énfasis en los puntos de control que permitan ahorrar energía. Generalmente se han especificado puntos de medición y control si con el oss se pudiesen definir secuencias que conduzcan a un ahorro de energía. De las pautas establecidas para el diseño y especificación de los *puntos de medición y control* de las seis escuelas piloto y basándose en los precios unitarios fijados por los contratistas, se estimó que el costo total podría estar comprendido entre 8 y 9 millones de dólares, pero después de definir y especificar los "puntos" para un cierto número de escuelas, los ingenieros del Distrito establecieron un presupuesto total de U$S 6 millones. Con las 12 escuelas que actualmente faltan por completar, se espera que el costo total será de U$S 5.500.000.-

Todos los conceptos previamente estudiados han producido los resultados deseados. El proyecto completo, desde sus comienzos, se mantuvo dentro de un presupuesto controlado por los ingenieros del Distrito de Dallas, sin sorpresas. El proyecto, que se acerca a su finalización después de cinco años de estar instalándose, se mantiene tanto dentro de los plazos fijados como del presupuesto original.

Beneficios obtenidos en

Economía de Energía

TABLA DE RESULTADOS

		Año 1986/87	Año 1990/91	Variación
Area total, m^2		$1{,}348 \times 10^6$	$1{,}456 \times 10^6$	+8,0 % (incr.)
Consumo, kcal.		0.260×10^6	0.239×10^6	-8.1 % (reduc)
Costo de la energía en U$S/kcal	}	38.4×10^{-6}	49.0×10^{-6}	+27.6 % (incr.)
Cons esp.kcal/m^2		26.5×10^3	22.5×10^3	-14.9 % (reduc.)
Costo total de energía: U$S	}	9.97×10^6	11.71×10^6	+17.5 % (incr.)

Nota: En la tabla original todas las medidas están dadas en unidades que se emplean en los países de habla inglesa (superficie en *pies cuadrados* y cantidad de calor en British Thermal Unit, y sus unidades derivadas) Para facilitar la interpretación de la cifras dadas en la tabla, se han convertido los valores expresándolos en el sistema internacional de unidades adoptado por la Argentina (MKS racionalizado).

9. Referencias Bibliográficas

[1] Thomas B. Cross, "What makes a building intelligent?", ***Data Communications,*** March 1986

[2] Arq. Patricia Angel, "Dom***ótica*** y Espacios Cotidianos",Publicación de la Subsecretaría de Informática y Computación, Secretaría de Ciencia y Tecnología, Buenos Aires, 1993

[3] Shuhei Kano, Intelligen Building Systems for the information Age Office, ***Communications Engineer International,*** April 1987

[4] Sam Medina and Jay F. Helms, "Designing Intelligence into Buildings",***Data Communications*** , September 1985

[5] Antonio Ballester, "Integración de Sistemas", Publicación de ***Staefa Control System,*** Madrid, Marzo 22 de 1990

[6].Hermann K. P. Neubert, "Instrument Transducers", ***Clarendon Press,*** Oxford University Press,London, 1975

[7] "Background Independent School District Energy Management System", ***Control System,*** Publicación 004/016, Enero 22 de 1992

[8]."PHOTOSENSORS Data Book", ***Toshiba Corporation***, 3601D.'86-8, Tokio, Japan

[9] "CL8960 X-Band Doppler Radar Module", ***Mullard Technical Communications***, Vol.13 Nr.124, October 1974

[10] "Microwave Doppler Intruder Alarms", ***Mullard Technical Communications***, Vol.14 Nr.131, July 1976