

EDIFICIOS INTELIGENTES

*Humberto R. Giancaglini**

En la década de los años 70 hubo manifestaciones incipientes dirigidas a la realización de algunas construcciones de casas denominadas “inteligentes”, pero fue en la década de los 80, particularmente durante su segunda mitad, cuando se manifestó un incremento notable tanto en las actividades del tipo informativo como en el crecimiento del número de casas inteligentes.

Este crecimiento fue favorecido por la sostenida reducción de los costos de muchos de los equipos utilizados en computación, informática y telecomunicaciones.

La gran cantidad de recursos tecnológicos disponibles para el mejoramiento

del confort han llevado al desarrollo de una amplia gama de aplicaciones que hace unas décadas no hubiesen sido posibles debido a su elevado costo. También en el proyecto de edificios se fueron incorporando sistemas en forma progresiva para lograr el cumplimiento de

* Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires.

una gran diversidad de funciones, tales como la detección temprana de incendios, la coordinación del movimiento de ascensores, la operación de alarmas ante intentos de intrusión en el edificio, la intercomunicación entre oficinas, el control electrónico de temperatura y humedad en los ambientes, etc.

Sin embargo, la incorporación de los beneficios que los dispositivos automáticos pueden proporcionar a un edificio determinado se realizaba, usualmente, agregando sistemas para cada función adicional, como si fuesen unidades independientes. Por ejemplo, el portero eléctrico era instalado por una empresa, la que seguramente era independiente de la que proyectara e instalara el sistema de ascensores. Lo mismo podría decirse respecto de los sistemas de seguridad contra incendio o de otros servicios.

Es precisamente la coordinación armónica de la totalidad de las funciones, tanto de operación como de seguridad en un edificio, lo que lleva a calificarlo como **edificio inteligente**. Los beneficios fundamentales de esta coordinación son lograr una sustancial economía en la realización de las instalaciones y en los costos de operación del edificio, así como poder ampliar las prestaciones del sistema.

El campo de aplicación de estos conceptos abarca todo tipo de edificios, independientemente de su tamaño o utilización. Así, tanto para una construcción concebida para alojar las oficinas de un ministerio gubernamental o la escuela de una zona rural o un consorcio de departamentos de vivienda, etc., son aplicables los conceptos y las tecnologías concernientes a los edificios inteligentes. La idea de inteligencia acordada al edi-

ficio es la de dar cumplimiento de las funciones que deben realizar los diversos sistemas, con eficiencia y en las condiciones de mayor economía posible. Además, el costo de incorporación de los atributos exigidos debe ser amortizado en un lapso relativamente corto.

Las características distintas que se exigen a un edificio inteligente pueden ser resumidas, en forma general, en los tres grupos que se indican a continuación:

a) Condiciones de habitabilidad. Acondicionamiento del aire (ventilación, calefacción y refrigeración), provisión de energía (electricidad y combustibles), provisión de agua, ascensores, etc.

b) Protección de personas, edificios y objetos. Seguridad contra incendio, robo e intrusión, control de acceso al edificio y de presencia de personas.

c) Confort y comunicaciones. Teléfono, télex, facsímil (fax), teletex, transmisión de datos, televisión, videocable, videoconferencia, computadoras, bancos de datos, centrales telefónicas privadas (PBX), procesamiento de textos, red de área local (LAN), etc.

Se comprende que debido a la variedad de aplicaciones de los edificios, los requisitos exigidos en cada uno de ellos pueden variar ampliamente y, en consecuencia, serán también muy diferentes las características distintivas que se han indicado.

En la publicación *Transmissione Dati e Telecomunicazione*, Giuseppe Saccardi, en un artículo titulado "Informazione ed Edificio Inteligente" presenta una tabla sobre la subdivisión funcional de las instalaciones de automatización en razón del destino que se va a dar a los edificios, que aquí se presenta parcialmente como Tabla 1.

TABLA 1- Subdivisión funcional de las instalaciones de automatización de acuerdo con el destino de los edificios

Tipo de edificio	Universidad	Hospitales	Oficinas	Viviendas
HABITABILIDAD				
Acondic.de aire	•	•	•	•
Provisión de energía	•	•	•	•
Agua, ascensores	•	•	•	•
PROTECCION				
Incendio	•	•	•	•
Robo e intrusión	•	•	•	•
Control de acceso		•	•	
Presencia de pers.		•	•	
CONFORT Y COMUNICAC.				
Teléfono	•	•	•	•
TV y CATV				•
Videoconferencia	•	•	•	
Videotex	•	•	•	•
Télex y Fax	•	•	•	
Banco de Datos	•	•	•	
PABX	•	•	•	
LAN	•	•	•	
Computadora PC	•	•	•	

Es oportuno hacer algunos comentarios sobre esta tabla. Obsérvese que los títulos Videoconferencia, Télex y Fax, Bancos de datos, PABX y LAN (acrónimo inglés para Red de Area Local) aunque no figuran de uso en las viviendas, forman parte de los edificios utilizados en universidades, hospitales y oficinas. Esto se debe a que uno de los motivos más importantes que condujo al desarrollo de los edificios inteligentes fue, precisamente, la necesidad de incorporar en la mayoría de las actividades sistemas de informática y de telecomunicaciones. Más aun, en la actualidad es creciente el número de viviendas que cuentan con alguna computadora personal y poseen,

además del servicio telefónico común, los servicios de facsímil (fax).

Aunque se pueden incorporar a edificios existentes todas las instalaciones necesarias para dotarlos de características inteligentes, es mucho mayor la flexibilidad que puede lograrse en edificios nuevos que hayan sido proyectados con la idea de aplicar los conceptos de automatización y eficiencia. En efecto, los cambios frecuentes de organización y de distribución de tareas en edificios de administración de empresas requieren cambios en la configuración del sistema inteligente.

La evolución del desarrollo de los edificios inteligentes ha llevado a crear un

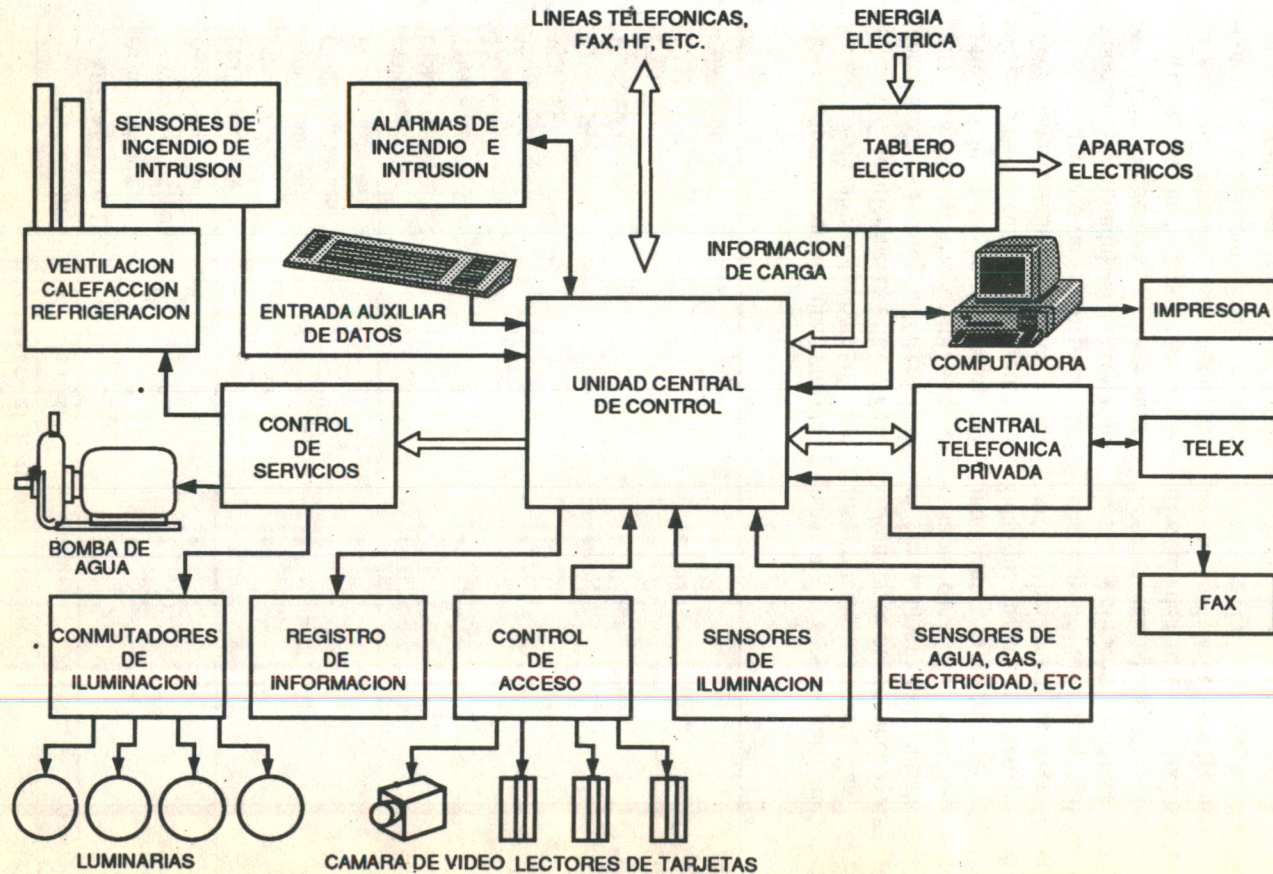


Figura 1 - Diagrama esquemático de un sistema para "Edificio inteligente".

nuevo término: “domótica”, que podría ser definido como la ciencia y las tecnologías asociadas que permiten proyectar edificios inteligentes. El término proviene de la raíz latina *domo* (casa) y la partícula *tica*, característica de los sistemas automáticos y que proviene del término griego *automatos*, que significa “que se mueve por sí solo”.

Los servicios que se consignan en la Tabla 1 deben estar adecuadamente armonizados para que el edificio sea considerado inteligente. Esto se logra con una unidad central de inteligencia que recibe la información de las diversas mediciones que se realizan en distintos puntos del edificio y que caracterizan su funcionamiento. Con la información recibida y sobre la base del programa preestablecido, la unidad central de control envía las señales que accionan dispositivos o establecen las comunicaciones que permiten que el edificio funcione de acuerdo con lo programado.

Ejemplo de configuración de un sistema de edificio inteligente

La configuración del sistema inteligente depende tanto de la arquitectura del edificio propiamente dicho como de los servicios que va a prestar, es decir, del destino que se le va a dar.

Debido a la gran diversidad de diseño de los edificios y de su utilización, la configuración del sistema inteligente es muy variada. Sin embargo, y con el fin de poder analizar la interrelación entre los distintos componentes y secciones, se va a describir someramente la diagramación de un sistema que podría ser aplicado a un edificio de administración de una empresa pequeña, la que se ilustra en la

Figura 1.

El bloque denominado Unidad Central de Control es el que recibe información de todos los sensores (temperatura, humedad, intensidad de iluminación, etc.) y sobre la base del programa en él contenido genera las señales de comando para accionar los órganos de control (conmutadores eléctricos, alarmas acústicas, válvulas solenoide, etc.) a fin de dar cumplimiento al programa almacenado. Esta unidad electrónica es, en realidad, una computadora configurada especialmente para desempeñar las funciones de Unidad Central de Control. Está constituida por uno o más microprocesadores, memorias RAM y ROM, memorias de disco rígido y/o flexible y eventualmente visualizador e impresor.

La Central Telefónica Privada puede ser una central automática (PABX) que interconecte las diversas líneas externas ya sean telefónicas, de Télex o Fax, con los teléfonos internos del edificio. Puede también hacer la conexión automática para enviar mensajes de auxilio en el caso de alarmas de incendio o de intrusión en el edificio.

La Unidad Central de Control permite también la interconexión de computadoras localizadas en el edificio o el acceso exterior a otras computadoras o a Bases de datos.

La Entrada Auxiliar de Datos se utiliza para modificar el programa de operación del Edificio Inteligente, ya sea en forma transitoria o definitiva, a fin de adecuar el funcionamiento del edificio a circunstancias distintas de las existentes en el momento de haberse incorporado el programa original.

El Tablero Eléctrico conecta la red de provisión de energía eléctrica con los

diferentes aparatos y artefactos eléctricos del edificio, pero, a diferencia de los tableros comunes, para muchos de los circuitos de consumo existen sensores que permiten medir permanentemente la potencia consumida, así como también el factor de potencia de la carga. Esta información es enviada, en tiempo real, a la Unidad Central de Control, la que la registra en función de la hora y fecha, a fin de poder realizar estudios estadísticos para mejorar el programa de operación del edificio.

Los Sensores de Incendio e Intrusión permiten detectar tanto el comienzo de un incendio en el ámbito del edificio como la presencia de intrusos en su interior. Estos sensores se colocan en posiciones estratégicas y sus señales son conducidas a la Unidad Central de Control, en la que inmediatamente después de ser interpretadas se ordenan las acciones pertinentes, accionando las alarmas del tipo acústico y/u óptico y efectuando automáticamente las comunicaciones telefónicas necesarias.

El Control de Acceso recibe las señales de los controles de acceso, que por medio de tarjetas magnéticas u ópticas permiten reconocer si la persona en cuestión está autorizada o no para entrar en el edificio o recinto. Por otro lado, cámaras de vídeo, colocadas en puntos estratégicos, controlan la presencia de intrusos y eventualmente graban imágenes de ellos.

El Registro de Información tiene por función almacenar información de específico interés para el uso en algunas oficinas, sin tener que recurrir a las memorias de la Unidad Central de Control. Finalmente, el bloque denominado Control de Servicios es el que supervisa los ser-

vicios del edificio tales como la climatización (ventilación, calefacción y refrigeración), los interruptores de incendio y apagado de los artefactos de iluminación (luminarias), el accionamiento de las bombas de llenado de los tanques de agua, etcétera.

Beneficios que proporciona la incorporación de inteligencia

El esquema de la Figura 1 ofrece una idea de la complejidad que puede llegar a tener una instalación que pretende dar al edificio características inteligentes. Surge la pregunta sobre si el costo de incorporación del sistema es compensado por los beneficios que se obtienen con él. La respuesta a tal pregunta es que si el proyecto del sistema ha sido cuidadosamente estudiado, resulta sensiblemente económico, por cuanto se amortiza un tiempo relativamente corto y luego comienza a proporcionar beneficios económicos. Pero lo más importante es que se agrega el mejoramiento de los sistemas de seguridad, tanto del edificio y de sus instalaciones como de las personas que habitan o cumplen funciones en él. Además se logra económicamente un mayor confort.

Para ampliar los conceptos expresados se hace a continuación un ordenamiento de los beneficios.

a) Ahorro del costo energético

Se refiere fundamentalmente a la reducción del consumo de energía eléctrica, de combustible (gas y otros combustibles) y de agua. La disminución del costo de suministro de la energía eléctrica se logra por dos caminos conexos: por

reducción del consumo de kWh y por medidas que conduzcan a la obtención de tarifas más reducidas.

La reducción del consumo de energía eléctrica se puede conseguir, entre otros medios, con la automatización de los controles de encendido y apagado de luces, la programación horaria y semanal de los intervalos de iluminación artificial, la automatización de la orientación de las pantallas de sombra en las ventanas para un mejor aprovechamiento de la iluminación con luz solar y para obtener una reducción de los gastos de refrigeración ambiental durante el verano.

La disminución de la tarifa que aplica la empresa proveedora de electricidad puede obtenerse, por una parte, mejorando el factor de potencia de la carga y, por otra parte, reduciendo la demanda o potencia instalada. Las empresas fijan un costo global por kWh que depende del Factor de Potencia ($\cos \phi$) y de la máxima potencia que se requiere de la línea de distribución, durante un lapso definido (por ejemplo, 15 minutos). Esta potencia máxima es denominada carga máxima o potencia instalada, y el precio promedio del kWh dependerá de la relación entre la energía eléctrica consumida en el mes o bimestre y la potencia instalada.

Se puede reducir la carga máxima programando, por medio de la Unidad Central de Control, una supervisión permanente de la potencia eléctrica que se está solicitando a la línea. Esta información es conducida desde el Tablero Eléctrico (véase Figura 1) hasta la Unidad Central de Control. En el programa contenido en la Unidad se puede dejar establecido que en el momento en que la carga se acerque al valor máximo se desconecte al-

guna carga que pueda ser diferida sin inconvenientes, hasta tanto la carga baje de nivel. Por ejemplo, podría cortarse transitoriamente la alimentación de las bombas de llenado de agua de los tanques. Otra situación que provoca un aumento grande de la carga instantánea es la simultaneidad del arranque de varios motores. Durante el período de arranque de motores eléctricos, la intensidad de la corriente tomada a la línea puede ser varias veces superior a la que corresponde al estado de régimen. Los arranques pueden ser programados de manera tal que en el caso de que un motor esté en el período de arranque se inhiba el arranque de todos los demás, hasta tanto haya transcurrido el período de arranque, que puede ser solamente de algunos segundos a algunas decenas de segundo, según sea la potencia del motor.

En lo que se refiere al factor de potencia de la carga, las empresas de suministro de electricidad suelen instalar, además del medidor usual que registra la potencia activa consumida, un segundo medidor que registra la potencia reactiva, es decir, la potencia que no entrega energía a la carga pero que encarece las instalaciones de la empresa. Se "castiga" al usuario cuya carga reactiva es grande ($\cos \phi$ bajo), incrementando la tarifa.

Uno de los artefactos que constituyen cargas con bajo factor de potencia son las luminarias con tubos fluorescentes. Por ese motivo resulta conveniente proveer al artefacto de los capacitores necesarios para mejorar el factor de potencia, ya que la diferencia de tarifas amortizará el costo de los capacitores en un intervalo seguramente inferior a un año. Otras cargas con bajo factor de potencia las constituyen los motores de corriente al-

terna sobredimensionados, es decir, colocando motores de potencia nominal mucho mayor que la potencia realmente requerida. La corrección del factor de potencia de la carga no solamente tiene incidencia sobre las tarifas sino también sobre el costo de la instalación eléctrica, por cuanto si los capacitores de corrección son conectados sobre los artefactos mismos, es posible reducir la sección de los cables de alimentación de la carga.

Gas y otros combustibles

Los servicios de calefacción suelen consumir combustibles líquidos o gaseosos. Lo mismo que se ha expresado respecto de la economía de energía eléctrica es aplicable en los combustibles, es decir, hacer una programación adecuada para la reducción de los gastos. Los horarios de actividad en el edificio y los planes de actividad semanal y anual conducen a la ejecución de un programa para operación en la Unidad Central de Control. Esta última, con la información permanente que le proporcionan los sensores de humedad y de temperatura, acciona los comandos necesarios para el cumplimiento exacto del programa, sin derroche de energía térmica.

El Consumo de Agua implica también consumo de energía por el gasto de electricidad de las bombas de llenado de los tanques. Como el tiempo de accionamiento de sus motores queda registrado en las memorias de la Unidad Central de Control, el análisis estadístico periódico de estos registros, que puede hacerse en forma automática, permite generar señales de alarma para alertar sobre consumos anormales, como pueden ser los provocados por la pérdida permanente de

una descarga directa de inodoro en los servicios sanitarios.

b) Seguridad

Deben ser considerados los sistemas de seguridad contra incendio y los de seguridad contra la intrusión en el edificio. En ambos casos se busca minimizar las amenazas de destrucción, tanto del edificio como de los bienes contenidos en él y de preservar la integridad física de las personas presentes en el edificio. Más adelante se darán detalles de las instalaciones y aparatos utilizados para satisfacer las necesidades de seguridad.

c) Confort

La comodidad de uso y el bienestar que puede lograrse en un edificio dotado de inteligencia son mayores que en un edificio desprovisto de ella, por cuanto además de los servicios habituales, tales como la climatización de ambientes, pueden agregarse fácilmente otros que no son tan comunes como, por ejemplo, el encendido automático de luces al entrar en una habitación, por la acción de sensores pasivos de rayos infrarrojos o utilizando tarjetas inteligentes, y la localización del lugar en que se encuentra un empleado determinado.

d) Administración

La información contenida en las memorias de la Unidad de Control referente al consumo energético y a los requerimientos del sistema (movimiento de ascensores, operación de los equipos de climatización, consumo de agua, etc.), permite corregir y optimizar los programas

de control. Conduce también a la realización de un mantenimiento preventivo y correctivo y a la realización de un historial de las intervenciones, evaluando la calidad de los proveedores de tales servicios.

Además, ante la presencia de fallas en el sistema es posible que se ejecute una reprogramación automática y una activación de sistemas de emergencia, como por ejemplo, la puesta en marcha de un generador local de energía eléctrica. La utilización de visualizadores (monitores) vinculados con la unidad de control facilitan la tarea de modificar los programas ante circunstancias que no habían sido previstas.

Elementos y componentes que constituyen el sistema del edificio inteligente

De acuerdo con sus funciones, los componentes del sistema pueden ser agrupados en la siguiente forma: a) los sensores y órganos de mando; b) el equipo de operación automática (Unidad Central de Control), y c) la red interna de interconexión.

Los sensores y órganos de mando son los que permiten medir las magnitudes físicas, tales como la intensidad de iluminación y la temperatura, descubrir y evaluar eventos como la iniciación de un incendio y/o la intrusión en el edificio y, finalmente, accionar los órganos de mando para satisfacer los requerimientos del programa.

Sensores de temperatura

Cuando interesa la medición de la temperatura, por ejemplo en los ambientes, o el agua de una caldera de calefacción,

se suelen utilizar transductores que expresan el valor de la temperatura en una variable eléctrica, por ejemplo, los termistores (resistores cuyo valor depende de la temperatura, generalmente de coeficiente negativo, denominados NTC) o también termocuplas o termómetros de resistencia de platino, etc. La elección del tipo de termómetro depende de la temperatura a medir y del grado de precisión requerido. Aunque la señal eléctrica analógica de la temperatura (resistencia, tensión o corriente) podría ser utilizada directamente por la Unidad Central de Control como señal analógica, los sensores suelen tener una pequeña plaqueta electrónica que normaliza la señal; llevándola a valores analógicos prestablecidos o los digitaliza. Esta normalización simplifica las características de las entradas en la unidad de control, ya que permite intercambiar entradas y adecuar las condiciones de operación del sistema con la programación (*software*).

En lugar de los sensores analógicos es muy frecuente utilizar sensores de temperatura mucho más simples, como son los sensores de temperatura límite. Un ejemplo lo constituyen los termostatos de ambiente, que actúan sobre el sistema de acondicionamiento de ambientes (calefacción o refrigeración) haciendo que los equipos pertinentes arranquen o se detengan cuando se llega a los valores límites prefijados.

Estos sensores se denominan también binarios, o controles "de todo o nada", porque solamente reconocen dos situaciones: que la temperatura alcanzó el valor límite o que no la alcanzó. Estos termostatos de ambiente suelen tener como elemento sensible una lámina bimetálica que cierra y abre contactos eléctricos

cos para proporcionar la señal binaria.

En los sensores binarios es necesario hacer que la temperatura de cierre y la de apertura de los contactos sea algo diferente, para evitar frecuentes encendidos y apagados de los equipos de climatización, ya que ello conspira contra la vida de los componentes y aumenta el consumo de los motores por la mayor carga durante el arranque. La elección de la diferencia de temperatura entre el cierre y la apertura, que se denomina histéresis, es un compromiso entre lo que se puede tolerar desde el punto de vista del confort y el desgaste de los equipos. La histéresis puede lograrse adicionando un pequeño imán al sistema de contactos, con lo que se incrementa la fuerza con que ellos se cierran y por eso su apertura se produce con una temperatura diferente de la de cierre. La posición del pequeño imán modifica la magnitud de la histéresis, permitiendo así hacer un ajuste de ella.

Un termostato de ambiente puede estar constituido por una espiral de lámina bimetalica cuyo extremo libre posea, además del contacto eléctrico para control, una prolongación ferromagnética que se enfrente a una pieza magnetizada. El contacto eléctrico fijo es en realidad regulable a rosca, en forma de poder modificar el entrehierro que corresponde a la posición de los contactos en situación de circuito cerrado. Esta regulación permite modificar la fuerza de atracción a la prolongación del bimetálico y con ello regular la histéresis del termostato. La regulación de la temperatura de cierre y apertura del termostato puede realizarse cambiando la posición de reposo de la espiral, por rotación de su centro de empotramiento.

Sensores de iluminación

Los ambientes de un edificio requieren tener un grado de iluminación acorde con la función que desempeñan. Si la iluminación de ellos es por luz natural durante el día, puede haber necesidad de encender automáticamente las luces cuando la iluminación diurna no sea suficiente, ya sea por la hora del día o porque las condiciones meteorológicas hacen que la iluminación sea insuficiente aun en horas diurnas. Es por estos motivos que un edificio inteligente requiere sensores de iluminación, es decir, dispositivos que permitan medir la intensidad de iluminación de los ambientes.

Los sensores de iluminación suelen ser transductores fotoeléctricos, generalmente constituidos por células fotorresistivas, fotodiodos o fototransistores. Las células fotorresistivas, también llamadas fotoconductoras, son elementos constituidos por una capa delgada de material semiconductor depositado sobre una superficie aislante. Dos electrodos metálicos conectan la superficie semiconductor, constituyendo el conjunto un resistor. El semiconductor utilizado tiene la propiedad de reducir su resistencia al ser iluminado, con lo que resulta un transductor de intensidad de iluminación a resistencia eléctrica. Por otra parte, en los fotodiodos y en los fototransistores, que son alimentados por una fuente de tensión, la corriente que circula es función de la intensidad de iluminación. En algunos casos los sensores de iluminación proporcionan señales eléctricas que son relativamente débiles y, como se ha dicho para la aplicación de los sensores de temperatura, es necesario amplificarlas y normalizarlas.

Detectores de incendio

Estos detectores tienen por finalidad realizar el temprano descubrimiento del comienzo de un incendio en el edificio, con el fin de hacer actuar los sistemas automáticos de sofocación y/o accionar las alarmas y comunicaciones necesarias para reducir los efectos del siniestro.

Existen varios tipos de detectores, pero no siempre unos pueden sustituir a los otros, ya que depende del origen del incendio. En efecto, cuando el incendio se inicia con materiales combustibles que no generan llamas, sino que producen gran cantidad de humo, como sucede con materiales tales como las alfombras de lana, el linóleo, los artículos de algodón, de caucho, de polietileno, etc., los detectores más adecuados son los que se basan en la capacidad de percibir humo en el ambiente, por lo cual se denominan detectores de humo.

Por otra parte hay materiales que inician el incendio con una fuerte elevación de temperatura en el aire del ambiente, aunque la producción de humo no sea tan intensa. Tal es el caso de muchos combustibles líquidos como son la nafta, el alcohol, etc. Puede haber también producción simultánea de calor y de humo, como acontece por la combustión de querosén. Cuando la probabilidad de que el incendio sea producido por aquellos combustibles, los detectores de calor son los más convenientes. En muchas oportunidades es necesario utilizar ambos tipos de detectores en un mismo ambiente, si existe la posibilidad de diversos orígenes de incendio.

Dentro de la familia de detectores de humo, se pueden considerar como los más interesantes los llamados de ioniza-

ción y los fotoeléctricos. Los detectores de ionización utilizan una fuente radioactiva de partículas α de muy baja intensidad que provoca la ionización del aire ambiente en la inmediata proximidad de la fuente radioactiva. Los iones son captados por un electrodo que se encuentra próximo a la fuente de partículas α , con lo que se establece una corriente eléctrica estable. Si se genera humo debido a un incendio incipiente, la captación de iones por el electrodo mencionado es fuertemente perturbada, con lo que hay una notable reducción de la corriente eléctrica en el electrodo.

Como la corriente captada por el electrodo es muy débil (del orden de los picoamperes o aun menor), se la debe amplificar con amplificadores operacionales con entrada MOS. También aquí la variación de corriente que se produce a la salida, como consecuencia de la presencia de humo, se utiliza para accionar los sistemas de alarma.

En los detectores de humo fotoeléctricos se usan LED como generadores de rayos infrarrojos y fototransistores sensibles a los rayos infrarrojos como detectores de ellos. El flujo de infrarrojos se colima y entra oblicuamente en el espacio situado entre dos superficies planas reflectoras, con lo que el rayo sigue una trayectoria en zigzag hasta que emerge del espacio sensible, para incidir finalmente en la lente del fototransistor, provocando la circulación de una corriente eléctrica. La presencia de humo en el espacio sensible intercepta total o parcialmente la trayectoria del rayo, con lo que se reduce la corriente en el circuito del fototransistor. Esta reducción de la corriente fotoeléctrica, convenientemente amplificada, acciona el sistema de alarma.

Los detectores de calor actúan sobre la base del aumento de temperatura que se produce en el ambiente donde se inicia el incendio. Se fabrican con diferentes sensibilidades para adecuarlos a la temperatura normal del ambiente donde se instalan y pueden actuar con temperaturas comprendidas entre 55°C y 100°C. La temperatura de operación depende, también, aunque en menor grado, de la velocidad de crecimiento de la temperatura. Por ejemplo, un sensor que responda a los 73°C si la temperatura crece a un ritmo de 10°C por minuto, lo hará a los 88°C si el crecimiento de la temperatura se produce con un régimen de 30°C por minuto. Pero, por otra parte, en el primer caso la temperatura habrá alcanzado los 73°C a los siete minutos de iniciado el crecimiento de la temperatura y en el segundo caso lo hará a los tres minutos.

En algunas circunstancias es conveniente utilizar detectores diferenciales de temperatura, por cuanto es posible así distinguir entre el aumento uniforme de la temperatura en un ambiente y las diferencias que se producen ante la aparición de una fuente localizada de incendio.

Los detectores de calor utilizan los sensores de temperatura referidos anteriormente y además de los amplificadores y normalizadores de la señal mencionados se agregan los circuitos que permiten medir la velocidad de crecimiento de la temperatura (derivadores o diferenciadores). La combinación de ambas mediciones sobre una lógica adecuada conduce a la generación de las señales de alarma y eventualmente, la de accionamiento de los extintores de incendio.

Sensores de movimiento

Se refiere particularmente a los sensores que permiten detectar el movimiento de personas para descubrir la presencia o la intrusión en un edificio, en momentos en que no debería haber persona alguna. Seguidamente se describirán los fundamentos de los sistemas que se suelen utilizar.

Detectores ultrasónicos por efecto Doppler

El principio que utiliza este sistema es el cambio de frecuencia que sufre una onda ultrasónica al reflejarse sobre un cuerpo en movimiento, que se denomina efecto Doppler. Una configuración típica de este tipo de detector incluye un generador de una onda ultrasónica cuya frecuencia es del orden de los 40 kHz con un sistema de irradiación que prácticamente cubre todo el volumen en el que se desea verificar la presencia de intrusos. El mismo aparato que irradia el ultrasonido posee un detector que recibe las ondas ultrasónicas reflejadas, tanto por las paredes del recinto como por el cuerpo en movimiento. Las ondas reflejadas por las paredes u objetos fijos tienen la misma frecuencia que la emitida por el generador, pero las reflejadas por el cuerpo en movimiento, debido al efecto Doppler, pueden ser superiores o inferiores a la del generador, según sea el sentido del movimiento.

La comparación de la frecuencia emitida con las reflejadas, que se hace por heterodinaje, dará como resultado una frecuencia heterodina no nula si hay un objeto o persona en movimiento. La frecuencia de la señal heterodina depende de la velocidad de movimiento del objeto o persona, por lo que se suelen colocar filtros pasaaltos para registrar sola-

mente aquellos movimientos que sobrepasan una velocidad determinada. La sensibilidad de este sistema es muy grande y hace posible detectar movimientos muy lentos, con velocidades del orden del centímetro por segundo.

Detectores por efecto Doppler con microondas

Estos detectores provienen del desarrollo de radares utilizados en la medición de velocidad de los automóviles en las rutas, que se usan para evitar el exceso de velocidad. Para la construcción de esos radares se fabrican generadores de microondas en la banda de 10 GHz y de muy baja potencia (unos 8 miliwatts) utilizando diodos Gunn. La onda emitida incide sobre el vehículo y la onda que se refleja, con la frecuencia modificada por el efecto Doppler, es comparada con la onda incidente, pudiéndose así computar la velocidad del vehículo.

El sistema adoptado para detectar intrusos en un edificio hace uso de un equipo muy similar, de volumen muy pequeño (solamente unos pocos decímetros cúbicos) y de tan bajo consumo que puede ser alimentado con pilas o baterías recargables. La sensibilidad es muy grande y hasta unos ocho metros se puede detectar el movimiento de una persona desplazándose con una velocidad de 30 ó 40 cm/s.

Obsérvese que en los sensores descriptos se utilizan ondas que no pueden ser apreciadas por los sentidos humanos. Los sensores de ultrasonidos operan con 40 kHz y el oído humano no percibe ningún sonido de frecuencia superior a los 20 kHz. Por otra parte, las ondas electromagnéticas irradiadas no excitan ningún órgano humano.

Detectores pasivos de rayos infrarrojos

Son también detectores de movimiento pero, a diferencia de los descriptos anteriormente, funcionan utilizando los rayos infrarrojos emitidos por el cuerpo humano. Esto significa que no hay "iluminación" del espacio a ser vigilado por ninguna fuente auxiliar productora de rayos infrarrojos, de allí la designación de pasivos. La condición necesaria para que se genere la señal de alarma es que capte una radiación infrarroja emitida por un cuerpo en movimiento. Cuando se los utiliza en ambientes interiores de un edificio son de construcción relativamente sencillos, pero cuando se los usa en exteriores, debido a la presencia de fuentes infrarrojas en movimiento no previstas, como puede ser alguna reflexión de la radiación infrarroja emitida por un automóvil en movimiento y captada por el sensor, deben ser más elaboradas para evitar falsas alarmas.

La emisión infrarroja del cuerpo humano es captada por un sistema óptico compuesto por una multiplicidad de lentes que llevan las imágenes a la lente de entrada de un sistema de dos fotodiodos adyacentes, sensibles a los rayos infrarrojos. Los fotodiodos están conectados en oposición, de manera que la corriente generada por el conjunto es la diferencia de la que proporcionan ambos diodos. Si la fuente de infrarrojos se mueve, la imagen que incide sobre el sistema pasa de un fotodiodo al fotodiodo adyacente, por lo que hay una inversión del sentido de la corriente resultante. En la misma cápsula se aloja un transistor FET que amplifica la señal y un amplificador posterior acoplado con capacitores elimina cualquier componente estable de corrien-

te, reaccionando solamente ante los cambios de posición de la fuente, es decir, los producidos por los movimientos. Debido a la discontinuidad de los campos ópticos cubiertos por las diversas lentes, el movimiento hace que la corriente resultante de los dos fotodiodos fluctúe en sentido y amplitud, con una frecuencia que depende de la velocidad del movimiento y de la distancia respecto del sistema óptico.

Redes Locales

Anteriormente se señaló que además de los sensores, los órganos de mando y la unidad central de control, un edificio inteligente posee una red interna que permite conectar los diversos órganos de control y de comunicación. Esta red interna suele denominarse Red de Area Local, o simplemente **Red Local**, para diferenciarla de la red externa (por ejemplo, la de los teléfonos de la red pública, la de télex, los enlaces satelitales, etc.). A las Redes Locales se las suele referir con el acrónimo LAN, proveniente de la expresión inglesa *Local Area Network*.

La Red de Area Local es la columna vertebral que vincula todos los ámbitos del edificio con la Unidad Central de Control. Por otra parte, esta última se conecta con el exterior del edificio por líneas telefónicas, sistemas de comunicación de alta frecuencia, por satélites o con redes informáticas, etcétera.

La 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 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 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.

Esta parte del estudio es de gran 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 sustanciales de las prestaciones de los nuevos equipos. La sustitución 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 sustituidos. 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 de 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., ya que su vida útil suele ser mucho mayor.

Una de las causas por las que puede 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 hay 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 un red de datos externa, modificación del sistema de computación, etcétera).

Cuando un edificio no es muy grande puede preverse que la longitud total de los cables que permitan hacer el enlace entre dos puntos a través de la red interna, resulte ser relativamente reducida (por ejemplo, unos 100 m). Si la velocidad máxima de transmisión de datos es reducida, por ejemplo del orden de algunas decenas de kbits/seg, 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. 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 100 metros. Debe señalarse que en los casos en que el régimen de transmisión de información digital sea 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 coaxiales 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 formada 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 mo-

dificar 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.

Históricamente, las Redes de Area Local fueron creadas durante la mitad de la década de los años 80 como una necesidad de mejorar la comunicación entre máquinas computadoras. El término fue acuñado para diferenciarlas de las redes de cobertura extensa, particularmente de cobertura global, a las que se denominaron en inglés *Wide Area Networks*, referidas por su sigla WAN (Redes de Area Extendida).

La definición de las Redes Locales (LAN) que da el Comité 802 del IEEE establece que "una red local es un sistema de comunicación de datos que permite la comunicación entre sí de un cierto número de equipos independientes". El concepto de local implica dos cosas: que la extensión de la red sea relativamente reducida, y pueda ser aplicada tanto a un edificio como a un conjunto de edificios próximos entre sí y vinculados funcionalmente y por ser esta red totalmente local, no está sometida a las reglamentaciones que se exige a las redes de cobertura global.

Es interesante observar los cambios importantes producidos por la rápida evolución de las tecnologías incorporadas en los equipos utilizados en informática y por la reducción sostenida de sus precios a lo largo de los últimos veinte años. Antes del advenimiento de las redes locales, la aparición de los programas (*software*) para el procesamiento de textos (*Word Processors*) y los de ejecución de las planillas de cálculo (*Spread Sheets*), y debido al surrimiento de las

microcomputadoras, en las organizaciones hubo una tendencia de la gente de desear trabajar con la mayor independencia posible de las grandes computadoras centrales ya existentes en la organización. Esto llevó a la instalación de muchas microcomputadoras dentro de las empresas. Sin embargo, una importante proporción de información elaborada por la computadora central necesitaba ser reinsertada en las microcomputadoras de quienes buscaban independencia, con lo que había un derroche de tiempo debido a la reinserción manual de la información. Esto condujo al desarrollo de las redes locales que permiten la comunicación simultánea entre las computadoras y otros aparatos de informática del organismo.

Pero aunque las redes locales fueron concebidas para aplicación en informática, son utilizadas además para apoyo de los servicios telefónicos, los de télex, de fax y también para el accionamiento inteligente de los servicios de confort y de seguridad contra incendio y contra intrusión. En resumen, las redes locales facilitan las funciones que llevan a considerar como inteligente un edificio, prestando apoyo para las funciones de automatización de servicios, procesamiento de la información, las telecomunicaciones y la administración de las bases de datos.

De acuerdo con lo que se dijo al comenzar este párrafo y según la complejidad de la instalación, la red local puede estar realizada simplemente por pares trenzados (también llamados pares telefónicos) o por cualquiera de los sistemas de transmisión de información, como ser los cables coaxiales, la fibra óptica, los enlaces de radiofrecuencia y de micro-

ondas y también los enlaces ópticos, con rayos láser sin el soporte de la fibra óptica, etc. La selección del sistema, o la combinación de sistemas depende de la cantidad de comunicaciones simultáneas y de la velocidad de transmisión requerida.

En aquellos edificios en los que la actividad de comunicaciones entre oficinas y usos de sistemas informáticos es muy intensa, como sucede en organismos ministeriales y en grandes empresas de actividad industrial y comercial, la red local que cubre los servicios requiere una consideración adicional en lo referente a la red telefónica privada y a la red de procesamiento de datos. Por ese motivo en los párrafos siguientes se analizarán algunos aspectos de esta parte de la Red Local aplicables a dicha clase de edificios.

La red telefónica privada

En los edificios en los que la actividad de comunicación es muy intensa y compleja, deben integrarse las redes de voz y datos constituyendo un sistema muy flexible y modular que permita modificar la configuración y ampliar la capacidad del sistema fácil y económicamente, y en forma progresiva, a medida que aumentan los requerimientos.

Entre otros atributos que debe presentar el sistema telefónico local merecen citarse los siguientes:

- a) Manejo sencillo por medio de marcación abreviada, rellamada, repetición automática de la marcación de un número almacenado, desvío de llamados en un grupo, conferencias múltiples y comunicaciones "manos libres".
- b) Acceso a la central privada bajo un

número urbano de cabecera.

c) Correo Electrónico.

d) Funciones de buzón (*voice mail*).

Es interesante destacar la utilidad de instalar un sistema de tasación, ya que ello permite llevar un registro individual de las llamadas que hacen los usuarios. Con ello se desarrolla una conciencia de economía en las comunicaciones y se puede lograr obtener una reducción de los abusos de llamadas.

Otro complemento importante es la incorporación de un sistema de buscapersonas (*paging*) y de controles de vigilancia, por cuanto ello no solamente reduce las pérdidas de tiempo en búsquedas sino que además aumenta la seguridad contra intrusión.

La red de procesamiento de datos

Es generalmente la red informática la que sufre con mayor frecuencia cambios de configuración y por ese motivo deberá ser proyectada en forma modular, a fin de tener la flexibilidad necesaria para soportar económicamente los cambios a que suele estar sometida.

Si el edificio en cuestión consta de varias plantas, y en cada planta se prevé la necesidad de tener una multiplicidad de puntos de trabajo con equipos informáticos, seguramente será conveniente utilizar una distribución estrella de la red informática en cada planta, debido a la mayor flexibilidad que esta topología proporciona a la red, y la interconexión entre las diversas plantas podría realizarse con líneas coaxiales verticales, que a veces se denominan "montantes". Esta interconexión requiere el uso en cada piso de una interfaz adecuada que permitirá conectar tanto las líneas de medi-

ción y control como las de comunicaciones e informática. Puede decirse que la estrella completa del cableado horizontal de cada piso se conecta a un único montante coaxial por medio de una interfaz que puede contener concentradores, multiplexores, etcétera.

Anexo

Detectores de ionización

Al describirse el principio de funcionamiento de estos detectores se señaló que se utilizan fuentes de ionización constituidas por pequeñas cantidades de sustancias que son isótopos radioactivos productores de partículas α , como es el Americio 241. Los materiales radioactivos se desintegran espontáneamente, lo que significa que en forma aleatoria átomos del material radiactivo pasan a la situación de átomos estables. Este pasaje de la situación de radiactivo a estable lo hacen emitiendo radiaciones nucleares, por ejemplo partículas α o partículas β , etc., y como los átomos estables no emiten radiaciones, gradualmente el material va reduciendo su capacidad de producirlas.

Una fuente de radiaciones constituida por una cierta cantidad de material radiactivo (radioisótopo) queda caracterizada: a) por la naturaleza del material radiactivo con que está realizada; b) por el o los tipos de radiaciones que genera y por energía de cada una de ellas; c) por la actividad de la fuente, y d) por la media vida del material radioactivo.

a) La naturaleza del material se refiere al elemento químico o mezcla de ellos que forman parte de la fuente. Por ejemplo, puede ser una fuente de radio-berilio, de

cobalto 60 o de Americio 241.

b) Las radiaciones producidas por la desintegración de las sustancias radioactivas son las partículas α , las partículas β y las radiaciones γ . Las partículas α y β tienen carga eléctrica positiva y negativa, respectivamente, mientras que la radiación γ son ondas electromagnéticas de muy alta energía, de la misma naturaleza que los rayos X.

c) Se denomina actividad de un radioisótopo al número de desintegraciones que se producen en la unidad de tiempo, por lo que la intensidad de la radiación resulta proporcional a la actividad. La unidad de medición de la actividad se denomina Curie, que se lo define como la cantidad de cualquier material radioactivo en el que se produzcan $3,7 \times 10^{10}$ desintegraciones por segundo.

Para dar una idea de la magnitud de la actividad de una fuente se puede señalar que un miligramo de Americio 241 emite 70×10^9 partículas α por segundo. Por una parte puede decirse que la irradiación de partículas α no es peligrosa, porque debido al gran poder ionizante que posee este tipo de radiación las partículas desaparecen a muy corta distancia de la fuente (a solamente algunos centímetros en el aire y en el caso de los sólidos, una hoja de papel es suficiente para detener su recorrido). Sin embargo, las fuentes de radiación α son extremadamente peligrosas si ingresan en el organismo. Por ejemplo, si por oler polvo de una fuente de este tipo o tocándola e inadvertidamente llevando los dedos a la boca pueden ingresar en el organismo (en los pulmones o en el sistema digestivo) pequeñas cantidades de material radioactivo generador de partículas α . En estas circunstancias la fuente resulta depo-

sitada sobre los mismos tejidos del cuerpo y la radiación α que es fuertemente ionizante, debido a la corta distancia puede provocar destrucción y eventuales mutaciones de las células de los tejidos o la aparición de tumores malignos. Por estas razones, al trabajar con detectores de humo de ionización es conveniente no abrir la parte que contiene la fuente de partículas α , que suele estar encerrada en una pequeña cápsula metálica que actúa como blindaje electrostático, como protección contra la irradiación de partículas α y también protección para evitar contaminación del cuerpo del operador con materiales radiactivos.

d) Se ha dicho que la desintegración radioactiva de una fuente hace que su actividad se reduzca con el tiempo. Se denomina media vida al tiempo que transcurre para que la actividad se reduzca a la mitad de su valor original. Por ejemplo, la media vida del Americio 241 es de 13 años. Ello significa que si originalmente la fuente posee una actividad correspondiente a dos microcuries, al cabo de 13 años se reduce a un microcurie y al cabo de 26 años a 0,5 microcurie. Por ello, si en un detector de humo de ionización se coloca una fuente de Americio 241 cuatro veces mayor que la necesaria para su correcto funcionamiento, podrá seguir operando durante 26 años sin necesidad de ser cambiada la fuente.

BIBLIOGRAFIA

ANGEL, P., "Domótica y espacios cotidianos. Un estudio sobre nuevas demandas e innovaciones en el hábitat contemporáneo", publicación de la Subsecretaría de Informática y Computación, Secretaría de Ciencia y Tecnología, Buenos Aires, 1993.

ASEA-BROWN BOVERI, "The Busch Watchdog 220/2 All Weather. A Sophisticated Movement Detector Giving You Extra Protection", Manchester M22 4RA.

BURCHAM, W.E., *Nuclear Physics*, Longmans Green & Co. Ltd., Londres, 1967, p.45.

CROSS, TH.B., "What makes a building intelligent?", *Data Communications*, marzo de 1986, p.239.

CROSS, TH.B., "What makes a building intelligent?", *Data Communications*, marzo de 1986.

ELEKTOR ELECTRONICS, "Infra-red movement detector", Elektor Publishers Ltd., U.K., Nº122, junio de 1985, pp.6-24/29.

ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, Ed.1960, T.1, p.802.

ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, Ed.1960, T.13, p.923.

GIANCAGLINI, H.R., Informe del "Estudio técnico económico para el diseño de edificios bajo el concepto de edificios inteligentes", entregado al Consejo Federal de Inversiones, 12 de setiembre de 1993.

MADRON, TH.W., *Local Area Networks: The Second Generation*, John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, 1988.

MEDINA, S. & HELMS, J.F., "Designing Intelligence into Buildings", *Data Communications*, setiembre de 1985.

MULLARD TECHNICAL COMMUNICATIONS, "CL8960 X-Band Doppler Radar Module", Vol.13 Nº124, octubre 1974.

MULLARD TECHNICAL COMMUNICATIONS, "Microwave Doppler Intruder Alarms", Vol.14, Nº131, julio 1976.

PERUCCA, E., *Física general y experimental*, Editorial Labor, Barcelona, 1953, T.II, p.710.

SACCARDI, G., "Informazione ed Edificio Intelligente", *Transmissione Datti e Telecomunicazione*, Nº55, diciembre de 1989.

