

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**INMÓTICA APLICADA AL ÁREA DE INTERNADO DE LOS  
HOSPITALES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**JOSÉ FLAVIO SILVESTRE GONZÁLEZ**

ASESORADO POR GUILLERMO SÁNCHEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2005

# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



## FACULTAD DE INGENIERÍA

### NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

<b>DECANO</b>	<b>Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos</b>
<b>VOCAL I</b>	
<b>VOCAL II</b>	<b>Lic. Amahán Sánchez Álvarez</b>
<b>VOCAL III</b>	<b>Ing. Julio David Galicia Celada</b>
<b>VOCAL IV</b>	<b>Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz</b>
<b>VOCAL V</b>	<b>Br. Elisa Yazminda Vides Leiva</b>
<b>SECRETARIA</b>	<b>Inga. María Ivonne Véliz Vargas</b>

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

<b>DECANO</b>	<b>Ing. Sydney Alexander Samuels Milson</b>
<b>EXAMINADOR</b>	<b>Ing. Luis Alberto Vettorazzi</b>
<b>EXAMINADOR</b>	<b>Inga. Virginia Victori Tala Ayerdi</b>
<b>EXAMINADOR</b>	<b>Ing. Edgar Estuardo Santos Sutuj</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez</b>

## **ACTO QUE DEDICO A:**

**DIOS**, todo poderoso, a quien debo todo y que me dio la perseverancia y entusiasmo necesarios para alcanzar esta meta

**MIS PADRES**, José Flavio Silvestre Aroche y María Ana González Pineda de Silvestre, quienes lucharon conmigo hasta donde sus fuerzas les permitieron

**MI ESPOSA SUCELY**, cielito lindo, gracias por tu paciencia, gracias por tu amor, fuiste mi motivación y te llevo en el corazón

**MI HIJADIANA MRCEDES**, regalo hermoso y gran incentivo que me ha dado EL SEÑOR para finalizar mis estudios.

**MIS HERMANOS**, Any, Griselda y Luis, porque de la forma como DIOS se los permitió fueron también apoyo incondicional

**MIS ABUELOS**, Ciro(Q.E.P.D), Alfonso(Q.E.P.D) y Leonor(Q.E.P.D), quienes seguramente estarían orgullosos de este triunfo

**MI ABUELA María Victoria**, que este logro le llene de satisfacción

**MIS TÍOS, TÍAS y PRIMOS y demás familia**, por darme entusiasmo en cada momento

**MIS COMPAÑEROS y AMIGOS**, Miguel, Eddy, Samy, Vivi, Jhoni, Flor de María, Edwin y todos aquellos con los que compartimos momentos intelectuales y hasta desvelos, que me han visto crecer y que llevaré en mi recuerdo

**MI PAÍS GUATEMALA**, tierra donde nací y donde he de descansar si DIOS me lo permite

**MIS CATEDRÁTICOS**, que me enseñaron desde las letras del abecedario hasta el Desarrollo de Software y fueron responsables de mi instrucción... Muchas gracias!!!

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	VI
<b>GLOSARIO</b> .....	VII
<b>RESUMEN</b> .....	XI
<b>OBJETIVOS</b> .....	XIII
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	XV

## 1. AUTOMATIZACIÓN DE EDIFICIOS

1.1	¿Qué es automatización de edificios?.....	1
1.2	Edificios inteligentes.....	3
1.3	Automatizando edificios.....	6
1.3.1	¿Qué se puede automatizar en un edificio?.....	6
1.3.2	¿Qué es necesario automatizar?.....	8
1.4	Condiciones y componentes para la automatización.....	9
1.5	Seguridad: Políticas y reglas.....	10
1.5.1	Condiciones físicas del edificio.....	11
1.5.2	Sensores .....	12
1.5.2.1	Sensores de luminosidad.....	12
1.5.2.2	Sensores de movimiento.....	13
1.5.2.3	Detectores de humo y fuego.....	14
1.5.2.4	Detectores de Gases .....	15
1.5.2.5	Sensores de temperatura .....	16
1.5.2.6	Sensores de monóxido de carbono .....	16
1.5.2.7	Sensor de presencia .....	17
1.5.2.8	Sensor de inundación .....	17

1.5.3	Actuadores .....	18
1.5.3.1	Módulo universal .....	18
1.5.4	Software asociado .....	19
1.5.5	Interfaz del computador con los dispositivos .....	20
1.6	Estándares: tipologías de red y protocolos para la inmótica..	21
1.6.1	Medios de transmisión .....	21
1.6.1.1	Protocolo X10 .....	22
1.6.1.2	C-Bus .....	24
1.6.1.3	Instabus .....	24
1.6.1.4	LonWorks .....	28
1.7	Control de la energía .....	29
1.7.1	El Racionalizador .....	29
1.7.2	El Racionalizador amperimétrico .....	29
1.7.3	El Racionalizador cascado-cíclico.....	30
1.8	Recomendaciones de Telefónica: Recomendaciones para la adaptación de la ICT.....	31
1.8.1	Edificaciones con proyecto de preinstalación domótica.....	32
1.8.2	Edificaciones sin preinstalación domótica .....	35

## **2 AUTOMATIZANDO EL INTERNADO DE UN HOSPITAL**

2.1	¿Qué se puede automatizar en el área de internado de un hospital? .....	39
2.1.1	Procesos en el internado de los hospitales .....	40
2.1.2	Controles en el internado de los hospitales que no están automatizados.....	41
2.2	¿Qué es necesario automatizar en el internado de	

un hospital? .....	42
2.2.1 Controles de ambiente y recursos eléctricos que tienen posibilidades de automatizarse en el internado .....	42
2.2.2 Comparación de controles utilizados actualmente contra controles automatizados .....	44
2.2.2.1 Controles preventivos.....	44
2.2.2.2 Gestión de la energía eléctrica .....	45
2.3 Componentes necesarios para automatizar un hospital.....	47
2.3.1 Sensores y actuadores .....	47
2.3.2 Un controlador central o control descentralizado ....	48
2.3.3 Una red para la comunicación de diferentes nodos y dispositivos necesarios .....	49
2.3.4 Otro componentes físicos necesarios .....	49
2.3.5 Software .....	50
2.3.6 Políticas de seguridad .....	51

### **3 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE LA AUTOMAIZACIÓN EL INTERNADO DE UN HOSPITAL**

3.1 Beneficios y costos de la automatización del internado .....	53
3.1.1 Obtención de recursos necesarios .. .....	54
3.1.2 Costo relativo de los recursos .....	55
3.2 Beneficios .....	56
3.2.1 Beneficios administrativos . .....	57
3.2.2 Ahorro económico .....	57
3.2.3 Energía eléctrica .....	57
3.2.4 Ambientación automática .....	57
3.2.5 Control de la seguridad del edificio .....	58
3.2.6 Prevención de incendios .....	59

3.2.4	Control del flujo de aire .....	59
3.3	Diferentes opciones de automatización .....	60
3.4	Implantación del sistema automatizado inteligente .....	61
3.4.1	Requerimientos físicos .....	62
3.4.1.1	Requerimientos de la edificación .....	62
3.4.1.2	Requerimientos eléctricos .....	63
3.4.2	Requerimiento de recurso humanos .....	64
3.4.2.1	Personal necesario .....	64
3.4.3	Procesos y tareas nuevas .....	65
<b>4</b>	<b>DESARROLLO DE UN MODELO DE SISTEMA EXPERTO</b>	
4.1	¿Qué es un sistema experto? .....	67
4.1.1	Base de conocimientos .....	68
4.1.1.1	Base de ceglas .....	68
4.1.1.2	Base de hechos .....	68
4.1.2	Motor de inferencia .....	68
4.1.3	Componente explicativo .....	69
4.1.4	Interfaz con el usuario .....	69
4.1.5	Componente de adquisición .....	69
4.2	Requerimientos del sistema inteligente .....	69
4.2.1	Definición de las tareas y controles a automatizar .....	70
4.3	Análisis y diseño .....	71
4.3.1	Definición de las reglas .....	74
4.3.2	Captación de hechos .....	76
4.4	Herramienta de desarrollo .....	76
<b>5.</b>	<b>UNA SOLUCIÓN INTEGRAL</b>	
5.1	Un proyecto inmótico en el ámbito público .....	81

5.1.1	Clasificación de dispositivos por circuitos eléctricos .....	82
5.1.2	Adopción del estándar X10 .....	83
5.1.3	¿Cómo ayuda un sistema experto? .....	84
5.1.4	Administración del sistema inteligente .....	86
5.1.5	Administración a gran escala .....	86
5.2	Un proyecto inmótico en el ámbito privado .....	87
5.2.1	Ambientación automática .....	88
5.2.2	Iluminación automática .....	89
5.2.3	Visita virtual al paciente .....	91
5.2.4	Control de accesos .....	92
5.2.5	Entretenimiento .....	92
5.3	Telemedicina .....	93
5.4	Consideraciones importantes .....	95
<b>CONCLUSIONES</b> .....		99
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		101
<b>REFERENCIAS</b> .....		103
<b>BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA</b> .....		105
<b>APÉNDICE 1</b> .....		107

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Sensor de luminosidad .....	13
2	Sensor de movimiento X10 .....	13
3	Sensor de humo y fuego X10 .....	15
4	Sensor de gases X10 .....	15
5	Sensor de temperatura X10 .....	16
6	Sensor de CO X10 .....	16
7	Sensor de presencia X10 .....	17
8	Sensor de inundación X10 .....	17
9	Sirena remota Powerhorn X10 .....	18
10	Módulo universal X10 .....	19
11	Arquitectura de Comunicación con Corrientes Portadoras.....	23
12	Arquitectura EIB .....	25
13	Pulsos EIB .....	26
14	Telegrama EIB .....	27
15	Especificación líneas EIB .....	27
16	Circuito del racionalizador .....	30

### TABLAS

I	Recomendaciones preinstalación domótica .....	34
II	Recomendaciones sin preinstalación domótica .....	36

## GLOSARIO

<b>Automatización</b>	Es el proceso de la mecanización de diferentes tareas con el objetivo de hacerlas más eficientes.
<b>Bel</b>	Unidad de medida para expresar la intensidad del sonido.
<b>Decibel o Decibelio</b>	Décima parte de un Bel.
<b>Domótica</b>	- Domotique+automatique: francés -. Por domótica entendemos la incorporación al equipamiento de nuestras viviendas de una sencilla tecnología que permita gestionar de forma energéticamente eficiente, segura y confortable para el usuario, los distintos aparatos e instalaciones domésticas tradicionales que conforman una vivienda [3].
<b>ICT</b>	Tecnología común de la información
<b>Inmótica</b>	Domótica aplicada a los edificios.
<b>Ión</b>	Átomo o átomos que ha perdido o adquirido uno o más electrones y, por lo tanto, posee una o más cargas elementales, positivas o negativas [15].
<b>Iónico</b>	Relativo a los iones. Dícese de un determinado tipo de enlace [15].

<b>Módem PLC</b>	Modulador y demulador -Controlador Lógico Programable-. Dispositivo para la comunicación entre un computador y otro a través de la línea eléctrica.
<b>OFDM</b>	-Orthogonal Frequency Multiplex Modulation-. Estándar utilizado para la comunicación por medio de corrientes portadoras. La información es distribuida en portadoras adyacentes que son enviadas simultáneamente y adaptan su tasa de Bit en función de las condiciones del medio.
<b>Pararrayos</b>	Es un dispositivo formado por una o más barras metálicas terminadas en punta y unidas entre sí y con la tierra o con el agua, mediante conductores metálicos y se coloca sobre los edificios o los buques para preservarlos de los efectos del rayo.
<b>RF</b>	Abreviatura del término radiofrecuencia
<b>Red Privada Virtual</b>	Su inicial es VPN -Virtual Private Network-. Es un tipo de red que utiliza Internet como medio de comunicación entre redes privadas de una organización y que para su comunicación utilizan protocolos -por ejemplo PPTP, L2TP- que encriptan los datos para que la información no sea revelada a personas ajenas.

<b>Sensor</b>	Todo dispositivo capaz de percibir una señal calorífica, mecánica, acústica, luminosa, eléctrica o electrónica.
<b>Sistema Inmótico</b>	Sistema basado en la implantación de la inmótica a un edificio.
<b>Sistema Inteligente</b>	Es un sistema capaz de tomar decisiones en base al conocimiento circunstancial con que cuente.
<b>TCP</b>	-Transfer Control Protocol-. Protocolo de red de computadores.
<b>UPS</b>	-Unit Power Suply-. Unidad abastecedora de poder. Batería de respaldo para aparatos eléctricos y electrónicos en caso de interrupciones de energía eléctrica convencional.
<b>Urbamótica</b>	Domótica aplicada complejos habitacionales y ciudades.
<b>Videoconferencia</b>	Es la comunicación de video y sonido entre dos partes, regularmente utilizando como medio de comunicación una red como Internet.
<b>X10</b>	Protocolo de comunicaciones basado en las corrientes portadoras. La comunicación se logra a por medio de emuladores y demuladores y la red eléctrica.

## RESUMEN

La automatización de edificios comienza a nacer en nuestro medio, en el mercado guatemalteco ya se pueden obtener dispositivos para mecanizar tareas simples como el control de la iluminación. Este es elemento importante dentro de un sistema electrónico que contribuye con la inteligencia de la edificación y a este concepto se le conoce como *inmótica*.

Además, se tiene el concepto de *domótica*, que es la automatización de casas. La inmótica pretende hacer lo mismo pero a mayor escala, y esto hace que la automatización sea más amplia. En el área de internado de un hospital se tienen diferentes tareas que pueden y deben ser automatizadas y, así, el personal puede concentrarse más en la atención al paciente.

Existen diferentes tecnologías, en cuanto a estándares, para implantar un sistema inmótico. Dentro de estas se pueden mencionar X10, C-Bus e Instabus. Las diferencias fundamentales radican en el protocolo de comunicación entre los dispositivos y los medios físicos de transmisión.

Para poder implantar un sistema inmótico es necesario evaluar las diferentes tecnologías y cómo se pueden adaptar a los requerimientos. En un hospital público, puede que el sistema sea adquirido por el estado, pero los controles prioritarios deben ser la ambientación automática y la gestión de los recursos como el eléctrico y el agua potable, así como la administración en sí del lugar. En un hospital privado, seguramente, la prioridad del sistema inmótico será el confort, pues es un elemento que produce un beneficio notable en la diferenciación con su competencia.

## OBJETIVOS

1. Definir los recursos básicos necesarios para la gestión automatizada del ambiente del área de internado de un hospital.
2. Identificar las diferentes actividades y procesos seguidos en un hospital, en cuanto a la gestión de ambiente y energía eléctrica que son posibles automatizar y los que ya fueron automatizados dentro del área de internado.
3. Definir un modelo de sistema experto para la gestión del ambiente y energía eléctrica en el área de internado de un hospital.
4. Describir soluciones apropiadas para implantar proyectos inmódicos con énfasis en el internado de hospitales, de acuerdo a las características de la edificación.

## INTRODUCCIÓN

La tecnología, constantemente, presenta nuevos componentes, evoluciona rápidamente y, con ello, se incrementan las opciones existentes para hacer más confortable nuestros espacios. Cada vez se invierte más en ella, porque se sabe de los beneficios obtenidos y un buen ejemplo de sus directrices es la inmótica.

La inmótica permite hacer una gestión automatizada de edificios, mejorando aspectos importantes como la prevención de la seguridad física de las instalaciones, ahorro por medio de la gestión de la energía eléctrica, control de la temperatura ambiental, iluminación automática, apoyo al control de accesos y brinda una arquitectura funcional y eficiente para el manejo de la información acerca de la situación física de los edificios.

En los hospitales se tienen áreas de internado donde se da recuperación a personas, un lugar, por lo general, poco confortable, sin embargo, con el uso de tecnología se puede hacer que las personas reciban su orden de alta y se retiren, talvez sin deseos de regresar, pero que al menos lleven un recuerdo de un lugar agradable, donde el personal se encargó exclusivamente de su cuidado.

Se hace énfasis en diferencias al automatizar un internado de un hospital privado y uno del sector público, pues presentan diferentes prioridades en los controles que al automatizar devuelvan un beneficio óptimo. En un hospital privado la opción de tener una visita virtual sería un atractivo valioso, mientras que en un público es más importante gestionar la energía eléctrica.

Se detallan las diferentes tecnologías que hacen posible la automatización, las cuales son variadas y donde el factor diferencial es el estándar, el cual tiene que ver con la forma y medios de comunicación entre los diferentes dispositivos necesarios para implantar un sistema inmótico.

# 1. AUTOMATIZACIÓN DE EDIFICIOS

## 1.1. ¿Qué es automatización de edificios?

Es la agregación de un sistema a los edificios que permite la gestión automatizada de sus instalaciones. También se conoce con el término *inmótica*, que proviene de las palabras “inmueble” e “informática”.

*Inmótica* está relacionado con el término *Domótica*, que proviene de “domestico” e “informática”, ambos conceptos se diferencian por su orientación al tipo de ambientes donde se automatiza. Aunque haya muchos aspectos similares, no es lo mismo automatizar una vivienda que un edificio, pues en un edificio se tienen controles diferentes y más complejos que en un hogar común.

Automatizar edificios es delegar el control de diferentes procesos a un sistema computarizado ya sea de una forma total o parcial. Tal automatización se puede llevar a cabo de forma descentralizada o centralizada, aislada o integrada. Todo depende de los requerimientos y recursos.

El objeto de la *inmótica* es hacer más cómoda la gestión de un edificio, a la vez de optimizar el uso de recursos como energía eléctrica y brindar un mejor ambiente como una iluminación y climatización adecuada.

Con un sistema inteligente –*inmótico*–, la gestión del edificio se puede reenfocar al mantenimiento del sistema, con poco esfuerzo, y a desarrollar tareas que requieran más intervención del humano. Por ejemplo, el control de la iluminación manual, se vuelve un poco tedioso.

Imaginése a un operador encargándose de muchos interruptores, ya sea con paneles de control centralizados o distribuidos; o bien el control de un complejo sistema de agua potable. Para este tipo de tareas encaja de mejor forma un ente que tenga capacidad y rapidez para gestionar interruptores y llaves de paso, con la mínima probabilidad de fallo, un *sistema inteligente*.

Si embargo, por ejemplo una tarea de limpieza, ya no es tan fácil de llevar por un sistema automatizado. Entonces, se pueden delegar tareas muy repetitivas y mejorar otras donde se puede esforzar por mejorar la apariencia del lugar.

El mantenimiento del sistema inmótico se reduce al cambio de pilas, fusibles y otras pequeñas tareas como monitorización. El sistema debería incluso ser capaz de detectar componentes con falla. La inmótica trae múltiples ventajas, si se acepta el cambio. Es más cómodo ingresar a una habitación y que el detector de movimiento ordene a los focos encenderse. Tal lugar debería haber tenido una iluminación tenue al detectar el posible ingreso de personas, por ejemplo, detectando la presencia de las mismas antes de ingresar al sitio. Sin todo este control, se tendría que buscar el interruptor y encender manualmente las luces.

Por otro lado, se podría por descuido dejar iluminado el lugar hasta que el personal del edificio se de cuenta que nadie utiliza el lugar, esto provoca el gasto innecesario del recurso eléctrico. Esta situación podría darse en repetidas ocasiones y por diferentes individuos dentro del edificio.

Así también se tiene el control de accesos a lugares, tanto al edificio como a áreas dentro de él. Hoy en día existen en funcionamiento sistemas de identificación ya sea por medio de tarjetas magnéticas, detectores dactilares o del iris ocular.

Tales sistemas pueden llegar a controlar quién y cuando puede estar una persona y en un lugar determinado. Además tienen imágenes por medio de cámaras de video en diferentes puntos del edificio.

Si embargo, soluciones integrales de automatización sólo se han dado en pocos lugares -relativamente hablando, en hospitales privados-, la mayoría que dice aplicar domótica o inmótica, ha tomado algunos componentes para controles como de seguridad contra robo, iluminación y otros.

## **1.2. Edificios inteligentes**

Cuando se trata de dar la definición de inteligencia, puede caerse en sesgos, por lo que a continuación se detallan unas definiciones hechas por expertos:

### **-Intelligent Building Institute –IBI-, Washington, D.C., E.U.**

Un edificio inteligente es aquel que proporciona un ambiente de trabajo productivo y eficiente a través de la optimización de sus cuatro elementos básicos: estructura, sistemas, servicios y administración, con las interrelaciones entre ellos. Los edificios inteligentes ayudan a los propietarios, operadores y ocupantes, a realizar sus propósitos en términos de costo, confort, comodidad, seguridad, flexibilidad y comercialización[1].

---

1

Julio César Pérez Guzmán, "Edificios Inteligentes" publicado en <http://www.monografias.com>

**-Compañía Honeywell, S.A. de C. V., México, D.F.**

Se considera como edificio inteligente aquél que posee un diseño adecuado que maximiza la funcionalidad y eficiencia en favor de los ocupantes, permitiendo la incorporación y/o modificación de los elementos necesarios para el desarrollo de la actividad cotidiana, con la finalidad de lograr un costo mínimo de ocupación, extender su ciclo de vida y garantizar una mayor productividad estimulada por un ambiente de máximo confort[1].

**-Compañía AT&T, S.A. de C.V., México, D.F.**

Un edificio es inteligente cuando las capacidades necesarias para lograr que el costo de un ciclo de vida sea el óptimo en ocupación e incremento de la productividad, sean inherentes en el diseño y administración del edificio.

Como un concepto personal, considero un edificio inteligente es aquél cuya regularización, supervisión y control del conjunto de las instalaciones eléctrica, de seguridad, informática y transporte, entre otras, se realizan en forma integrada y automatizada, con la finalidad de lograr una mayor eficacia operativa y, al mismo tiempo, un mayor confort y seguridad para el usuario, al satisfacer sus requerimientos presentes y futuros. Esto sería posible mediante un diseño arquitectónico totalmente funcional, modular y flexible, que garantice una mayor estimulación en el trabajo y, por consiguiente, una mayor producción laboral[1].

Según [2] las características fundamentales que se deben encontrar en un sistema inteligente son:

- Capacidad para integrar todos los sistemas
- Que actúe con condiciones varias, ligadas o no entre sí

---

1

Julio César Pérez Guzmán, "Edificios Inteligentes" publicado en <http://www.monografias.com>

2

Diccionario Enciclopédico Océano Uno, director de publicaciones Carlos Gispert. Grupo Editorial Océano.1990

- Que tenga memoria
- Que tenga noción temporal
- Que se comunique agradablemente con el usuario
- Que sea sencillamente modificable
- Que disponga de capacidad de autocorrección

El objeto de que un edificio sea inteligente es llevar a cabo una gestión optimizada de todo lo que tiene que ver con tal edificación, que se resume en los siguientes aspectos -según [1]-:

- Arquitectónicos
  - Satisfacer las necesidades presentes y futuras de los ocupantes, propietarios y operadores del edificio
  - La flexibilidad, tanto en la estructura como en los sistemas y servicios
  - El diseño arquitectónico adecuado y correcto
  - La funcionalidad del edificio
  - La modularidad de la estructura e instalaciones del edificio
  - Mayor confort para el usuario
  - La no interrupción del trabajo de terceros en los cambios o modificaciones
  - El incremento de la seguridad
  - El incremento de la estimulación en el trabajo
  - La humanización de la oficina
- Tecnológicos
  - La disponibilidad de medios técnicos avanzados de telecomunicaciones

---

1

Julio César Pérez Guzmán, "Edificios Inteligentes" publicado en <http://www.monografias.com>

- La automatización de las instalaciones
- La integración de servicios
- Ambientales
  - La creación de un edificio saludable
  - El ahorro energético
  - El cuidado del medio ambiente
- Económicos
  - La reducción de los altos costos de operación y mantenimiento.
  - Beneficios económicos para la cartera del cliente
  - La posibilidad de cobrar precios más altos por la renta o venta de espacios
    - Incremento de la vida útil del edificio
    - La relación costo-beneficio
    - El incremento del prestigio de la compañía

### **1.3. Automatizando edificios**

Existen diferentes factores a tomar en cuenta cuando se requiere crear o transformar un edificio en un sistema inteligente.

#### **1.3.1. ¿Qué se puede automatizar en un edificio?**

En los edificios existen muchos procesos en los que se puede llevar el control automatizado. Por ejemplo, el control de la iluminación sin automatizarse ,se reduce al control manual por parte del personal de mantenimiento y / o usuarios del edificio de los interruptores de los focos o lámparas y / o apertura de ventanas.

Si se habla de automatizar el sistema de iluminación, se supone un conjunto de componentes electrónicos y eléctricos, así como de un computador enmarcados dentro de una interacción, para el control de tal iluminación sin la necesidad de que un usuario tenga que preocuparse por la tarea.

Así también se puede automatizar la ventilación que tiene relación con la temperatura ambiental; el control de agua tanto del nivel de los depósitos como de las fugas; el control de gases y otros. Se puede automatizar una gran cantidad de controles tanto los llevados a cabo, como los posibles nuevos controles.

Por ejemplo, si no se tenía un control de la temperatura, con la automatización es posible llevarlo a cabo. Se puede tener otros controles como acceso áreas comunes o restringidas, en los cuales se pueden emplear métodos como tarjetas magnéticas, huellas dactilares y otros.

En general se puede aplicar inmótica en los siguientes casos:

- *Control de iluminación*, tanto en la gestión de los diferentes dispositivos lumínicos -focos y lámparas-, como del aprovechamiento de la luz solar.
- *Control térmico*, que es la gestión de la temperatura ambiental y que se subdivide en:
  - *Control del aire acondicionado*
  - *Control del flujo del aire*
- *Control de accesos*, una tarea que dependiendo de los dispositivos y recursos con que se cuenta, puede ser automático o semiautomático.

- *Prevención de Desastres*, definido como la prevención de incendios, fugas de gas e inundaciones. El sistema debe ser capaz de detectar cualquier posible peligro y informar a los ocupantes de acuerdo a su configuración.
- *Monitoreo de todos los subsistemas*, para mostrar al personal responsable del sistema la situación del edificio en tiempo real mediante interfaces de usuario. Incluso este monitoreo puede extenderse hasta permitir la gestión por medio de Internet
- *Control del flujo eléctrico*, para el control y asignación del recurso eléctrico por prioridad a los elementos del sistema que lo requieran.
- *Modelación del sistema*, si el sistema es capaz de almacenar la información de los sucesos del entorno, se pueden proyectar las diferentes tendencias a futuro, como el consumo de energía, frecuencia de los diferentes tipos de alarma y otros. Este tipo de resultados puede ayudar a la mejor toma de decisiones en cuanto a cambios en el sistema inteligente y del mismo edificio.

### 1.3.2. ¿Qué es necesario automatizar?

Como se ha mencionado anteriormente, se puede automatizar una gran cantidad de controles, pero no necesariamente sea requerido automatizar cada uno que se presente. Lo que es necesario automatizar se concluye de un análisis bajo una combinación de diferentes variables como, los recursos con que se cuentan, las prioridades y los beneficios a obtener.

Por ejemplo, podría automatizarse el riego del jardín de un hospital, pero podrían descuidar otros aspectos más importantes como el monitoreo de fugas de gas -un caso extremo-.

Cada caso es diferente, y depende de un estudio acerca de las prioridades en los controles, podría comprarse una solución completa, de la que en realidad se necesitaría sólo un porcentaje

Por lo general, los límites del alcance de los proyectos inmóticos están dados por un presupuesto, qué tanto se desea automatizar y la diferenciación en el aspecto tecnológico. En Guatemala el avance en esta área aún no es tan notorio, tan solo se observan sistemas especializados en ciertos controles, principalmente en el área de seguridad y acceso a espacios.

Sin embargo, el control del flujo eléctrico es uno de los que podría traer muchos beneficios, ya que es un rubro demandado fuertemente por los edificios. Por otro lado está el control del agua, que no es necesariamente cara, pero puede escasear.

Se puede automatizar cualquier control en la medida de que los recursos necesarios para su implantación como de su mantenimiento contra los beneficios obtenidos tengan una diferencia sustancialmente positiva para los intereses del edificio.

#### **1.4. Condiciones y componentes necesarios para la automatización**

Una vez que se decide automatizar un ambiente, es necesario efectuar un análisis de las condiciones necesarias para poder llevarlo a cabo. Se debe estudiar muy bien lo que se desea automatizar y observar la factibilidad de desarrollar e implantar el sistema inteligente.

El resultado del análisis depende de los recursos con que se cuentan y las necesidades a cubrir sin descuidar el tiempo de vida útil del sistema para proyectar los beneficios obtenidos a mediano y largo plazo.

En Guatemala, como en la mayoría de países, el éxito de un sistema domótico oscila entre el presupuesto dispuesto y la visión tecnológica que se adopte.

### **1.5. Seguridad: Políticas y reglas**

Al inicio no es tan fácil concebir cómo hacer el cambio. El punto de apalancamiento para poder hacer que los involucrados acepten una propuesta de automatización es hacerles ver los beneficios a mediano y largo plazo.

Las personas deben comprender cómo y porqué son beneficiosos los cambios a hacer. Por lo tanto es la tarea en la que más cuidado se debe tener, pues de nada sirve edificar un excelente sistema donde los usuarios se sientan incómodos ante algo que talvez nunca experimentaron.

Se debe enseñar al usuario a tener confianza en el sistema inteligente a la vez de mostrarle y explicarle las correspondiente limitaciones. Debe llegar a tener interacción de una forma amigable para que luego el mismo usuario pueda llegar ya sea conciente o inconscientemente a sugerir cambios o mejoras.

Por otro lado, cada ocupante en el edificio tiene sus tareas respectivas, juega un papel en el entorno. La administración del sistema no puede estar en manos de cualquiera, debe ser personal que tenga conocimientos básicos de inmótica para que pueda llevar a cabo una buena gestión.

Como se da en los sistemas de software, se deben definir roles que pueden ser definidos a través del mismo sistema inteligente. Dependiendo de la ocupación de la persona en el edificio, así serán sus atribuciones y posibilidades de acceso. Para poder brindar de una base sólida a estos aspectos de seguridad se vuelve necesario que el sistema sea capaz de administrar tales políticas y reglas, en semejanza de un sistema operativo moderno, de hecho podría llegar a gestionar la seguridad.

Las reglas y políticas de seguridad están conformadas por reglas básicas, como el permiso para interactuar con un interruptor importante dentro del sistema, y reglas personalizadas que dependen del lugar donde se lleve a cabo la automatización y los estatutos que rijan la organización en el edificio. Deben quedar plasmadas en la documentación del sistema para que los usuarios nuevos puedan tener una fuente de consulta concerniente al sistema inteligente.

Al igual que en los sistemas operativos actuales, la interacción de los usuarios dentro del sistema inmótico debería tener una estructura de permisos en base a roles del usuario. Siendo de esta manera, pueden definirse desde usuarios administradores hasta invitados.

### **1.5.1. Condiciones físicas del edificio**

Las condiciones físicas del inmueble se pueden evaluar en dos situaciones: para un inmueble existente o para uno que se construirá. Si es un inmueble existente, se debe evaluar su tiempo de vida, y la forma de adecuar el sistema de modo de que no se afecte en demasía la construcción, pues se tiene que identificar los lugares ideales para cada componente del sistema dentro del edificio sin que incremente considerablemente el coste total de la obra.

Si se trata de un edificio existente es necesario hacer una evaluación de la factibilidad para implantar el sistema, verificar el sistema eléctrico para determinar si hay necesidad de mejoras o incluso renovación total de la red, un aspecto importante en cuanto al aspecto eléctrico es la polarización de la electricidad.

Cuando se trata de un edificio por construirse, existe más libertad para situar los espacios y requisitos que exigen los sistemas inmóticos. La arquitectura física del sistema inteligente se puede acoplar al edificio de una forma óptima, mientras que en un edificio existente no necesariamente se tiene libertad para situar el conjunto de componentes de automatización, determinado por cuestiones estructurales o bien de políticas administrativas.

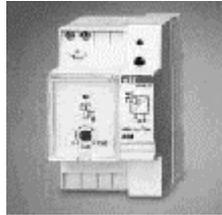
### **1.5.2. Sensores**

“Sensor” proviene del latín *sentío*, sentir. Los sensores son dispositivos que sirven para indicar diferentes propiedades de las sustancias tales como temperatura, humedad, iluminación y otras. Muchos sensores se basan en la variación su resistencia eléctrica producida por los cambios de las propiedades de los cuerpos o sustancias que miden. Existen diferentes tipos de sensores. Por lo general se instalan en las paredes.

#### **1.5.2.1. Sensores de luminosidad**

Los sensores de luz son utilizados para medir la intensidad lumínica en el ambiente donde se encuentren. En el medio guatemalteco son conocidos también como fotoceldas. En el protocolo X10 -tratado más adelante- se tiene un ejemplar de un sensor que puede manejar ocho diferentes fotoceldas.

**Figura 1. Sensor de luminosidad X10**



Fuente: <http://www.domotica.net> [3]

### **1.5.2.2. Sensores de movimiento**

Son utilizados para verificar la variación de la posición de las personas, objetos o animales. Los cambios los percibe mediante infrarrojos. En el protocolo X10 se tiene como ejemplo el detector de movimiento sin cables RF-X10 MS13pr, el cual envía una señal cuando detecta un movimiento por medio de radiofrecuencia a un módulo receptor X10, el cual se encarga de enviar señales ya sea a actuadores o al sistema en sí.

El sensor trabaja con baterías AAA y aproximadamente duran 3 meses.

**Figura 2. Sensor de movimiento X10**



Fuente: <http://www.domotica.net> [3]

### 1.5.2.3. Detectores de humo y fuego

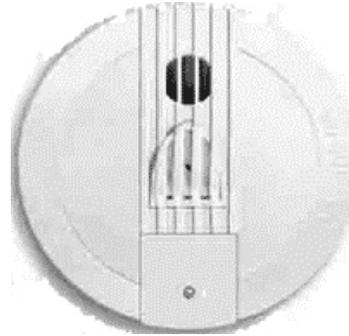
Son sensores que detectan la presencia de humo. El más utilizado -según [4]- es el sensor iónico, el cual se instala en el techo y entre sus elementos cuenta con una pequeña cámara de ionización, esta cámara consta de un núcleo radioactivo de poca potencia que es el que se encarga de la actividad ionizadora, que es capaz de despegar electrones de la corteza de los átomos e ionizar las partículas de humo que penetran del exterior de la cámara.

A consecuencia de esta ionización, la conductividad del aire contenido dentro de la cámara aumenta. Entonces se produce una corriente eléctrica en los extremos de la cámara que es detectada como una disminución de la resistencia de la línea o por consiguiente como un aumento de la intensidad de la corriente eléctrica.

Este incremento es lo que sirve de señal para avisar de la presencia de humos y por tanto del posible incendio[4].

Así también existen los sensores de barrera óptica, el cual consta de un emisor y un receptor de luz y cuando el humo ingresa entre ambos produce la interrupción y acción de la alarma o relé. Para el protocolo X10 Domotica.net promociona el de la siguiente figura, el mismo al detectar humo enciende una alarma de 85 decibeles.

**Figura 3. Sensor de humo y fuego X10**



Fuente: <http://www.domotica.net> [3]

#### **1.5.2.4. Detectores de gases**

Existen diferentes tipos de detectores de gases, entre los cuales se puede mencionar los detectores de gases tóxicos, entre estos se tienen los sensores electroquímicos y los de estado sólido; y los de gases combustibles que son sensores catalíticos. Los gases que comúnmente detectan son el gas butano, propano, metano y natural[3]. A continuación un ejemplo de un detector que funciona con protocolo X10.

**Figura 4. Sensor de gases X10**



Fuente: <http://www.domotica.net> [3]

### 1.5.2.5. Sensores de temperatura

También llamados termorresistores. Su resistencia varía según el cambio de la temperatura de las sustancias -agua, aire y muchos otros-. El de la figura 1.5 es un sensor X10 que se empotra en las paredes con el objetivo de ser discreto.

**Figura 5. Sensor de temperatura X10**



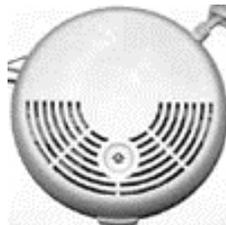
Fuente: <http://www.domotica.net> [3]

### 1.5.2.6. Sensores de monóxido de carbono

El monóxido de carbono produce una muerte silenciosa cuando se le inhala, por lo general si la persona se encuentra en un lugar cerrado. Para evitar este problema se puede tener un detector que sea activado por la mínima concentración de tal sustancia.

En el protocolo X10 se tiene el caso del que se presenta en la figura mostrada a continuación.

**Figura 6. Sensor de CO X10**



Fuente: <http://www.domotica.net> [3]

### 1.5.2.7. Sensor de presencia

Como su nombre lo indica, sirve para determinar si hay presencia de cuerpos en el lugar donde se instala, aproximadamente cubre un área de cuatro metros. En la Figura 7 se muestra un ejemplar que utiliza la radiación infrarroja para determinar la presencia de cuerpos. Tal ejemplar, se empotra en las paredes para ser discreto.

**Figura 7. Sensor de presencia X10**



Fuente: <http://www.domotica.net> [3]

### 1.5.2.8. Sensor de inundación

Detecta la presencia mínima de líquidos, por lo general agua. Debe instalarse en el piso. En la figura 8 se presenta un ejemplar.

**Figura 8. Sensor de inundación X10**



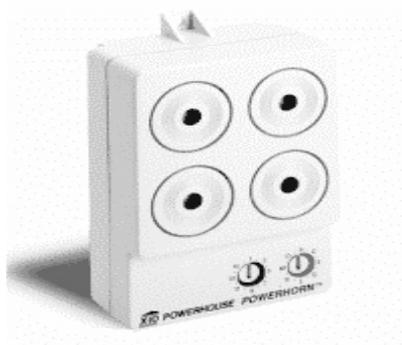
Fuente: <http://www.domotica.net> [3]

### 1.5.3. Actuadores

Los actuadores son dispositivos que ejecutan una acción, regularmente inducidas por un el sistema inteligente. Por lo general son cierres o aperturas de interruptores individuales o de un relé, que tiene conectado algún componente eléctrico o electrónico, incluso simples botones de encendido y apagado.

En la figura 9 se muestra una sirena que emite alarmas a 1000 decibeles, se activa por actuadores y el mando viaja por medio de corrientes portadoras.

**Figura 9. Sirena remota Powerhorn X10**



Fuente: <http://www.domotica.net> [3]

#### 1.5.3.1. Módulo universal

Convierte una orden X10 proveniente por PLC -emitida por un emisor X10- en un contacto eléctrico. En modo momentáneo, cierra un contacto eléctrico -pone en marcha un elemento- durante dos segundos cuando el módulo recibe una orden "On", después interrumpe el contacto -para el aparato unido a este periférico- [3].

---

3

<http://www.domotica.net>

A continuación un ejemplar.

**Figura 10. Módulo universal X10**



Fuente: <http://www.domotica.net> [3]

#### **1.5.4. Software asociado**

El software utilizado en este tipo de automatización está definido por el tipo de arquitectura, principalmente por el protocolo utilizado. Hasta el momento algunas empresas relacionadas con la inmótica son las que proporcionan del software identificándose con un estándar específico.

El software es incluido para soluciones integrales, pues cuando se automatiza ciertas tareas como iluminación automática, simplemente cuando el sensor de presencia hace una detección, induce el encendido de un foco o lámpara.

El software ayuda en casos donde se deben monitorear tanto la iluminación, la seguridad preventiva y otros controles, donde el sistema tiende a ser complejo y donde no sea tan simple como instalar los diferentes sistemas inmóticos independientemente.

El software puede servir tanto de monitoreo como de actuación, el operador de sistema puede por medio del software ordenar el cierre de persianas o de conductos de agua, incluso desde un lugar muy lejano, siempre que tenga acceso a tal acción por medio de Internet.

Una de las ventajas de las soluciones actuales es esa posibilidad de monitorear e incluso actuar remotamente sobre el sistema del edificio, tan sólo es indispensable la correcta autenticación del usuario con el objeto de que el sistema sea seguro.

En soluciones a gran escala por ejemplo, el acceso remoto al sistema inmótico instalado en diferentes edificios similares, como en escuelas, podría permitir la verificación instantánea y seguimiento del estado de las mismas, verificar sus inventarios, observar las aulas, si los maestros cumplen con su tarea, si existe hacinamiento en las escuelas -no tendrían que hacer una visita física para darse cuenta-, la temperatura ambiental-quizá no cuenten con los recursos como para ambientar el salón de clases y así tener una justificación para conseguir los recursos con el tiempo acortando el tiempo de evaluación-, observar la didáctica del maestro y verificar controles como la iluminación y el índice de consumo de energía eléctrica, el agua y otros.

Para tales controles si es necesario un software pues la rapidez del cómputo de tantos datos no es posible manualmente. Un ejemplo de control parcial es el software *Active Home Control V 1.3*, que permite el control de cámaras de video remotas, permitiendo apreciar video vía Internet; además permite el control de dispositivos remotamente como luces, electro-válvulas y cualquiera que puede manejarse por interruptores.

#### **1.5.5. Interfaz del computador con los dispositivos**

Al igual que el software asociado a la inmótica, dependiendo del estándar utilizado, así es la interacción del computador dentro del sistema inmótico. Por ejemplo, con el protocolo C-bus el computador es opcional, ya que cada nodo cuenta con un microcontrolador, mientras que en el X10 es el cerebro del sistema.

Regularmente se interconectan por un puerto de red o serial, depende del estándar utilizado -se tratan en el siguiente inciso-. Además puede haber comunicación inalámbrica por RF e infrarroja; ambas tienen sus ventajas y desventajas. La comunicación RF tiene un radio relativamente amplio en el edificio, sin embargo puede sufrir de distintas interferencias; la infrarroja se utiliza en ciertas aplicaciones a una distancia no mayor de dos metros, pero tiene menos probabilidad de interrupciones según la ubicación de los dispositivos de comunicación.

#### **1.6. Estándares: tipologías de red y protocolos para la inmótica**

La automatización de inmuebles ha venido siendo una tarea que han tomado muchas personas y han desarrollado varios componentes para los diferentes sistemas inmóticos. En la actualidad, en algunos países desarrollados -como Estados Unidos y España- ya existen muchos sistemas de ambientes automatizados, los cuales han sido impulsados por diferentes casas comerciales inmersas en el desarrollo de la inmótica.

Ya se pueden observar una gran cantidad de componentes inmóticos a la venta como cualquier producto en Internet. Sin embargo no todos los componentes son compatibles, cada fábrica por lo general tiene un estándar en cuanto a sus productos. Tales estándares son determinados por los medios requeridos, entre los más importantes el envío de información: *el bus de datos*.

Es por tal situación que hoy en día se pueden identificar diferentes estándares para la automatización. Cada uno con sus ventajas y desventajas; pero que persiguen el mismo objetivo: un ambiente gestionado por un sistema inteligente, que se encargue del confort, mantenimiento, optimización y seguridad.

Han habido diferentes nacimientos de estándares en Francia, en Escocia, Estados Unidos y otros.

### **1.6.1. Medios de transmisión**

La comunicación entre redes inmóviles puede ser por corrientes portadoras, cable par trenzado o por medios inalámbricos como la radiofrecuencia y la comunicación por infrarrojos. Las diferentes aplicaciones domóticas e inmóviles tienen un medio de comunicación o bien pueden valerse de ambos según el protocolo y estándar adoptado.

#### **1.6.1.1. Protocolo X10**

Es un protocolo de red que utiliza el fluido eléctrico para la transmisión de la información, a nivel eléctrico se denomina corriente portadora. Se vale la frecuencia de la corriente eléctrica para la modulación de los datos. Es ampliamente utilizado en las aplicaciones de domótica e inmóvil.

Todos los dispositivos se instalan y funcionan, sin mayor configuración. Hasta el momento se ha desarrollado bajo 120 o 220 voltios y 50 o 60 Hz. Es un protocolo desarrollado por ingenieros de Pico Electronics Ltda., en Glenrothes, Escocia[5]. Cada componente recibe información por el mismo medio por el que se abastece de energía.

En las primeras versiones, un protocolo sencillo de direccionamiento se podía identificar cualquier elemento de la red, en total 256 direcciones. El protocolo contemplaba 16 grupos de direcciones llamados "housecodes" y 16 direcciones individuales llamadas "unit codes".

---

5

[www.sisteainteligentes.8m.com](http://www.sisteainteligentes.8m.com)

6

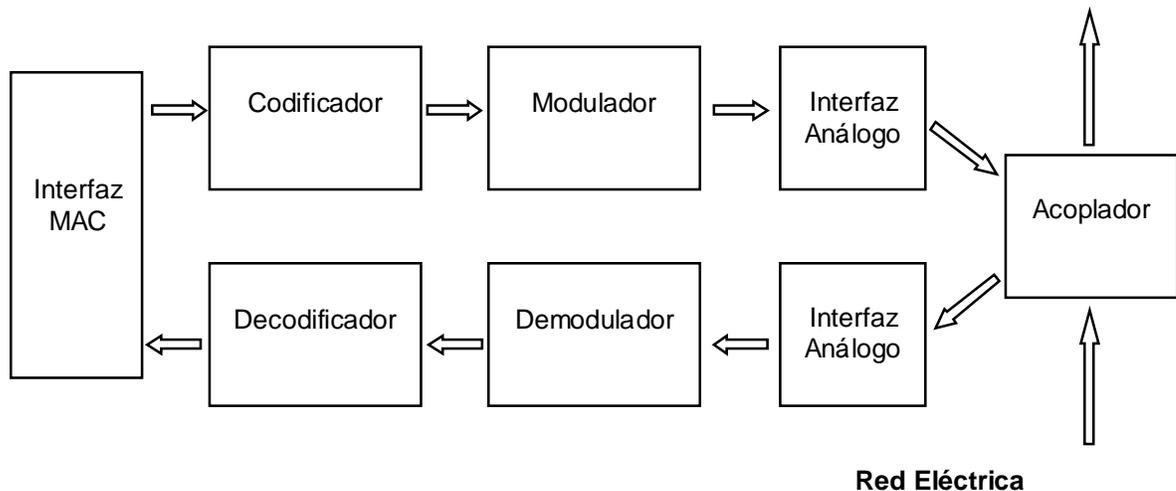
<http://www.homefutura.com>

A este protocolo se le añadieron "tiras" de comandos llamados "control strings" que no son más que ceros y unos -0 y 120/220 Voltios respectivamente- agrupados formando comandos; en total eran 6: encendido, apagado, reducir, aumentar, todo encendido, todo apagado[6].

Cada componente del sistema tiene un demodulador y modulador para interpretar tales "unos y ceros".

X10 forma parte de los protocolos que utilizan las corrientes portadoras. Para interactuar con el computador y otros dispositivos electrónicos existentes es necesaria la utilización de un MODEM PLC, el cual codifica la señal, en este caso a X10 y decodifica la señal X10 a un protocolo que el ordenador pueda entender, como por ejemplo TCP. En la figura 11 se muestra la arquitectura de comunicación de un protocolo de corrientes portadoras.

**Figura 11 Arquitectura de comunicación con corrientes portadoras**



Fuente: <http://www.domotica.net> [3]

### **1.6.1.2. C-Bus**

CEBus -Consumer Electronic Bus- es una tecnología basada en una red de par trenzado UTP categoría 5. Cada unidad de la red es independiente, ya que cuentan con un microprocesador independiente y esta programado por separado. Es un sistema inteligente distribuido, esto permite su funcionamiento aunque fallen alguno o algunos de sus componentes. No necesita de un computador centralizador, a menos que se desee tener interacción con el sistema mediante interfaces que por ejemplo, pueden permitir una monitorización de cada parte del sistema.

El cable par trenzado del estándar C-bus es independiente de la red eléctrica -120 ó 220V-, y trabaja con una tensión de 36 Voltios de corriente continua -Vcc-. Cada componente de la red se instala sin necesidad de reconfigurar el sistema, sólo se agrega y funciona. Entre tales componentes se tienen los de entrada, salida y de sistema.

Entre los elementos de entrada se tienen los sensores, interruptores y otros; entre los elementos de salida se tienen actuadores, relés y otros; y entre los de sistema están las fuentes de alimentación, puentes de red, interfaces con el computador y otros.

### **1.6.1.3. Instabus**

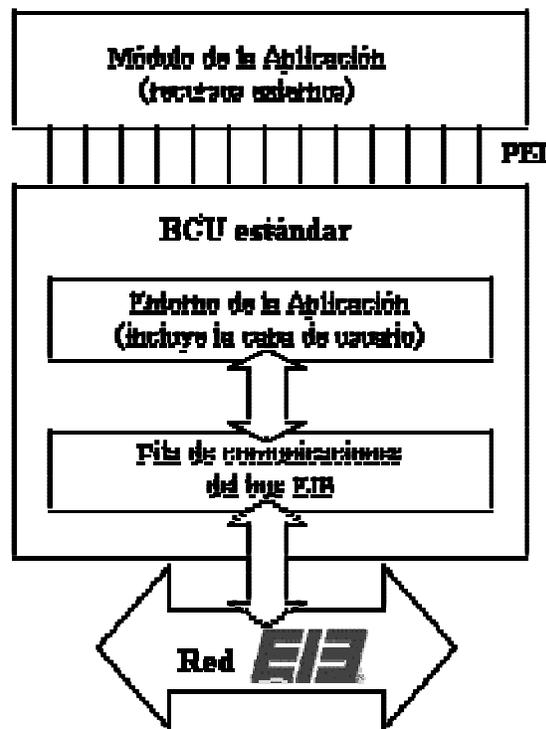
Es un estándar creado por empresas alemanas para la gestión de edificios, dando así origen al Bus Europeo de Instalación. Consta de un conjunto de elementos inteligentes descentralizados para la gestión de los inmuebles. Su bus de comunicación es una línea de cable doble en el cual se conectan todos los componentes serialmente.

Utiliza una tensión de 24 Voltios. Existe el ETS- EIB Tool Software, que es de utilidad para hacer interacción mediante un computador personal y el sistema físico, que es promovido por EIBA, que es conformada por varias empresas de diferentes países como España que promocionan el uso del protocolo EIB.

Cada dispositivo que se conecta al bus se puede dividir en tres partes [6]:

- Unidad de acoplamiento al bus -BCU - Bus Coupling Unit-
- Módulo de la aplicación -AM - Application Module-
- Programa de la aplicación -AP - Application Program-

**Figura 12. Arquitectura EIB**

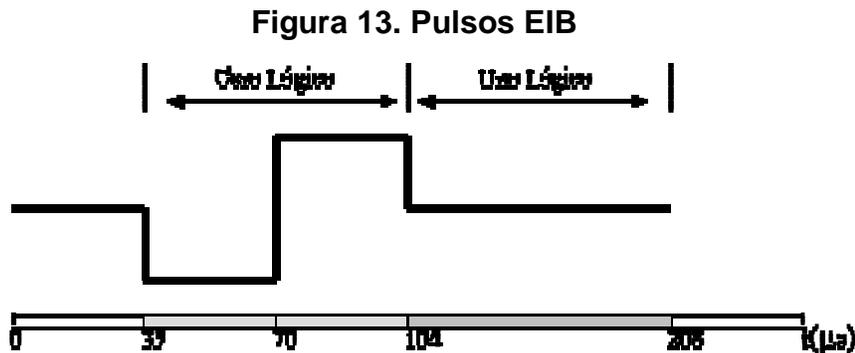


Fuente: <http://www.homefutura.com> [6]

5  
[www.sisteainteligentes.8m.com](http://www.sisteainteligentes.8m.com)

6  
<http://www.homefutura.com>

El módulo BCU se ocupa de la gestión de la comunicación con el dispositivo, así como del estado interno tal dispositivo. Este módulo se subdivide en transmisor y controlador, y este controlador es un microcontrolador con memoria RAM, ROM y EEPROM. La comunicación entre dispositivos está dada por “telegramas” que no son más que un conjunto de pulsos, la figura siguiente lo detalla.



Fuente: <http://www.homefutura.com> [6]

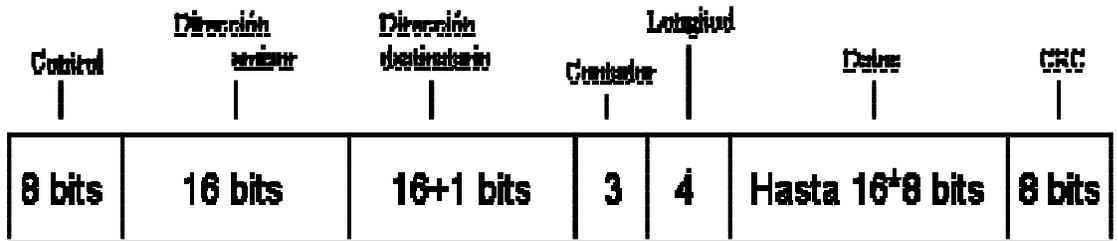
La comunicación es de un dispositivo a la vez, y si existen colisiones, se utiliza un algoritmo -CSMA/CD, Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance- para controlarlas. Entonces cada telegrama consta de un paquete de dígitos.

- Control -8 bits-
- Dirección del emisor. -16 bits-
- Dirección del destinatario. -16 BIT +1 BIT-
- Contador -3 bits-
- Longitud. -4 bits-
- LSDU -Link Service Data Unit-: que es la información a ser transmitida.- hasta 16x8 bits-
- Byte de comprobación. -8 bits^- [6]

---

6  
<http://www.homefutura.com>

Figura 14 Telegrama EIB



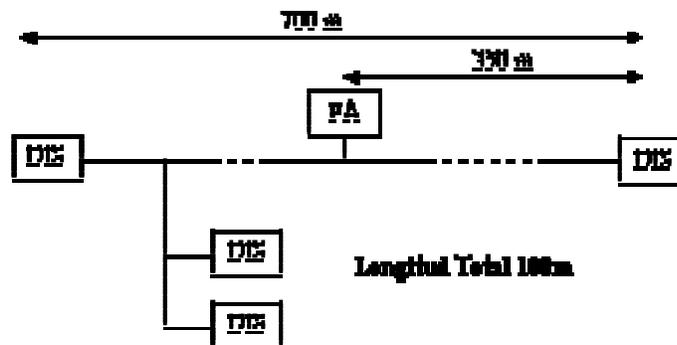
Fuente: <http://www.homefutura.com> [6]

El campo control define la prioridad del mensaje, así como la marca inicial del mensaje.

En el estándar EIB la mínima jerarquía es la línea, la cual consta de 64 dispositivos, sólo deben respetarse las siguientes premisas.

- Que haya al menos una fuente de alimentación
- La longitud total no supere los 1000 m
- La distancia máxima entre la fuente de alimentación y un dispositivo sea menor de 350 m
- La distancia máxima entre dispositivos no supere los 750 m.
- La mínima distancia entre dos fuentes de alimentación dentro de una misma línea sea mayor de 200 m[6]

Figura 15 Especificación líneas EIB



Fuente: <http://www.homefutura.com> [6]

Las líneas se agrupan en áreas, las cuales contienen hasta 115 líneas secundarias, por tanto se tendrán hasta 960 dispositivos por área. La línea principal debe tener su propia fuente de alimentación y las secundarias se conectan a ella con acopladores de línea.

Igualmente, las áreas se pueden agrupar en 15 para conectarse a una línea troncal –backbone- mediante acopladores. Esto arroja una cantidad de 14400 dispositivos en la red de EIB[6].

Para identificar los dispositivos se utiliza una dirección de red -16 bits-, definida por el área, línea del área y número de dispositivo en la línea. Las direcciones que comienzan con área cero se reservan para acopladores.

#### **1.6.1.4. Lonworks**

Es una tecnología de comunicación propietaria, fue desarrollada por Echelon Corp en 1990. Es similar al CEBus, la transmisión de datos puede ser por varios medios: corriente eléctrica, par trenzado, cable coaxial, Radiofrecuencia o infrarrojos.

Se ha aplicado en sistemas en el hogar así como en industrias, aunque más al último, ya que su coste es mayor en comparación con los demás estándares. Esto se debe a que desde su inicio ofrece una arquitectura descentralizada que permite distribuir la inteligencia entre los sensores y los actuadores instalados en la edificación y que cubre desde el nivel físico al nivel de aplicación de la mayoría de los proyectos de redes de control dotando al sistema de robustez y fiabilidad[5].

---

5  
[www.sisteainteligentes.8m.com](http://www.sisteainteligentes.8m.com)

6  
<http://www.homefutura.com>

## **1.7. Control de la energía**

La gestión de la energía eléctrica es uno de los propósitos de la automatización, pues en parte justifica el porque de adoptar la inmótica. Para tal control se tienen los siguientes conceptos.

### **1.7.1. El racionalizador**

Es un dispositivo que mide el consumo energético de una red eléctrica y que cuando un consumidor sobrepasa los límites consumo parametrizables, desconecta o desconecta según sea el caso.

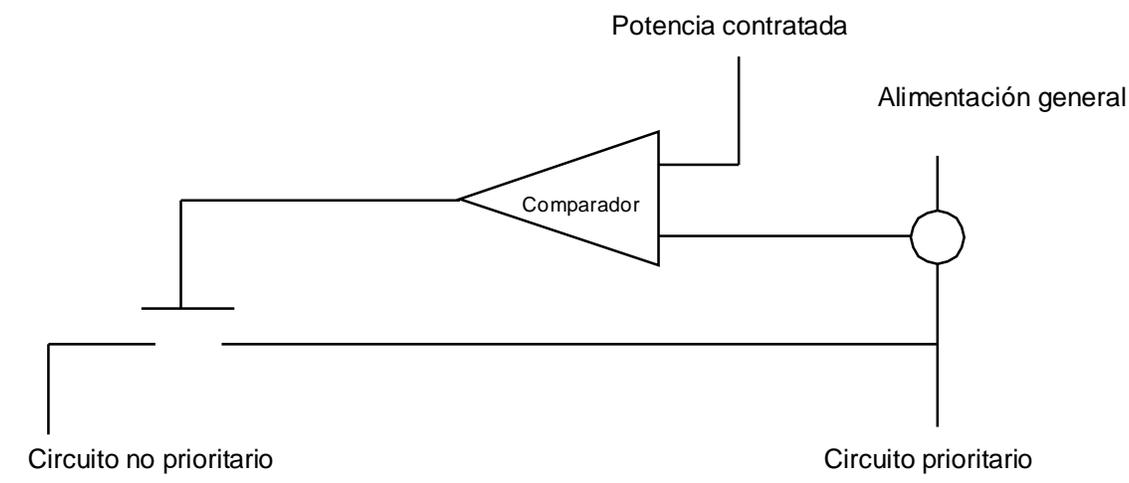
La desconexión o conexión de los dispositivos consumidores se basa en una programación y priorización de los elementos. Puede que haya equipos dentro del edificio que se pueden desconectar, pero algunos como la iluminación son necesidades inherentes. Se tienen dos tipos de racionalizador:

### **1.7.2. El racionalizador amperimétrico**

Compara constantemente la energía eléctrica consumida con la de referencia -potencia contratada-. Cuando la potencia consumida supera a la contratada, el racionalizador actúa abriendo uno o varios circuitos llamados *no prioritarios*.

Con el objeto de evitar el latido, el aparato está dotado de una base de tiempo que asegura la apertura mínima -unos minutos-. Luego de cada período el racionalizador intentará una reconexión de los circuitos abiertos y según el resultado de la comparación seguirá abierto o volverá a conectar.

**Figura 16 Circuito del racionalizador**



La instalación eléctrica controlada por el racionalizador se divide en dos partes:

- *Un circuito prioritario*, que no se corta nunca, alimenta la iluminación, los electrodomésticos, los enchufes y otros.
- Un circuito no prioritario, que se corta cuando el racionalizador detecta un consumo que se sobrepasa. Se puede dividir en varias salidas para permitir un racionalizado progresivo en función de la sobrecarga.

### **1.7.3. El Racionalizador cascado-cíclico**

Es una forma de funcionamiento donde los racionalizadores multisalidas dividen y equilibran los tiempos de desconexión. Usados mayormente en instalaciones de calefacción eléctrica, reuniendo toda la calefacción en los circuitos no prioritarios.

Cuando el racionalizador detecta un poco de sobrecarga , desconecta y conecta diferentes circuitos -uno tras otro- estableciendo de esta forma una rotación para que ninguna zona sea penalizada más que otra.

Si la potencia consumida es importante, se establece una desconexión en cascada.

Los racionalizadores tienen dos formas de actuación:

- *Cortar la fase*, la fase se toma a la salida del contador pasa por la salida no prioritaria para alimentar la carga.
- *Contacto seco*, el relé no prioritario está conectado en serie en el automatismo de mando de la carga del racionalizador.

### **1.8. Recomendaciones de Telefónica: Recomendaciones para la adaptación de la ICT**

En la bibliografía consultada la empresa de telecomunicaciones Telefónica da las siguientes recomendaciones para la adaptación de infraestructuras comunes de telecomunicaciones –ICT- [3]:

*A pesar de las nuevas infraestructuras que se ponen a disposición de los usuarios en virtud del cumplimiento de la normativa sobre ICT, las edificaciones que se ciñen estrictamente a este reglamento resultan insuficientes para proporcionar de forma rápida y económica muchos de los servicios ofrecidos en el marco del Hogar Digital.*

*Con el objeto de garantizar la posibilidad de prestación de todos estos servicios de forma rápida y económica para el cliente final, se recomiendan una serie de mejoras en las ICT, diferenciando si en la edificación existe o no proyecto de preinstalación domótica.*

*Estas mejoras aparecen en la ICT de Telefónica -ICT-T-, según se indica en el Apéndice II de este Libro. Adicionalmente, en el Apéndice I, se incluyen aspectos prácticos relativos a la ICT que podrían resultar de utilidad especialmente a constructores y promotores inmobiliarios.*

### **1.8.1. Edificaciones con proyecto de preinstalación domótica**

En el nuevo REBT se introducen los requisitos mínimos para la realización de instalaciones domóticas. Se definen en el mismo los siguientes elementos básicos:

- *Nodos*: cada una de las unidades del sistema capaces de recibir y procesar información comunicando, cuando proceda, con otras unidades o nodos dentro del mismo sistema.
- *Actuadores*: dispositivos encargados de realizar el control de algún elemento del sistema -electro-válvulas para el suministro de agua, gas, etc., motores para persianas, puertas, etc., sirenas de alarma, reguladores de luz,...-
- *Dispositivos de entrada*: sensores, mandos a distancia, teclados u otros dispositivos que envían información a los nodos.

Estos elementos pueden ser independientes o estar combinados en una o varias unidades distribuidas, según la topología de sistema que se elija. Así, existen dos tipos de sistemas:

- *Sistema centralizado*: sistema en el cual todos los componentes se unen a un nodo central que dispone de funciones de control y mando.

- *Sistema descentralizado*: sistema en que todos sus componentes comparten la misma línea de comunicación, disponiendo cada uno de ellos de funciones de control y mando.

Para la ejecución y puesta en servicio de estas instalaciones se requiere la elaboración de un proyecto o memoria técnica -según ITC-BT-04-.

En las viviendas en las que se contemplan ambos reglamentos -ICT y proyecto domótico conforme el REBT- se facilita de forma decisiva el acceso a los servicios disponibles en el entorno del Hogar Digital.

Aún así, se identifican ciertos puntos de mejora en las ICT que supondrían un paso adelante en el propósito de garantizar el acceso a nuevas tecnologías presentes y futuras, tal y como se recoge en la Tabla I.

**Tabla I. Recomendaciones preinstalación domótica**

<b>ICT BÁSICA</b> (Según reglamento)	<b>Recomendaciones de TELEFONICA para la ICT:</b> ICT-T (Ver Apéndice II)
Canalizaciones comunitarias.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Incremento de tamaño en canalizaciones de TB+RDSI para dotar a las viviendas de un mayor número de pares telefónicos.</li> </ul>
2 pares por vivienda.	4 pares por vivienda.
Los Registros de Terminación de Red contienen los PAU para TB+RDSI, TLCA/SAFI y RTV.	Registro de terminación de red de tipo modular, de mayor tamaño: <ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Módulo básico (incluye los registros de terminación de red de la ICT básica).</li> <li>▸ Módulo de comunicaciones, con posibilidad de alojar un módem router ADSL/Splitter, Hub, Pasarela residencial (ésta puede llegar a sustituir en el futuro el módem, splitter y hub).</li> <li>▸ Central de alarmas.</li> <li>▸ Módulo de alimentación común, con suficientes bases de enchufe para la alimentación de todo el equipamiento propuesto.</li> </ul>
Conductos en la Canalización interior de usuario para TB+RDSI, TLCA/SAFI y RTV.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Incremento de tamaño de los conductos de TB+RDSI para dotar a la vivienda de una red de datos y otra de telefonía (lo que implica la utilización de mayor número de pares en el interior de la vivienda).</li> <li>▸ Conductos a todas las estancias de la vivienda (excluidos baños, cocina y trastero).</li> <li>▸ Conducto adicional desde el Registro de Terminación de Red hasta el cuadro eléctrico (donde se supone residirá el módulo de control domótico) para la telegestión de la red domótica vía telefónica.</li> </ul>
1 base de acceso terminal RJ11 por cada 2 estancias (excluidos baños y trasteros).	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ 1 base de acceso terminal doble (RJ11+RJ45) por estancia (excluidos baños, cocina y trasteros).</li> <li>▸ Cableado en estrella (4 pares) desde el PAU hasta todas las BAT RJ45.</li> </ul>

Fuente: <http://www.domotica.net> [3]

### **1.8.2. Edificaciones sin preinstalación domótica**

En edificios y viviendas donde no se prevé la preinstalación de un bus domótico, la prestación de servicios del Hogar Digital, caso de no querer acometer nuevos tendidos de cables, se deberá limitar a tecnologías tipo X-10 ó EHS, que usan la red eléctrica como portador, o bien inalámbricas.

Las recomendaciones propuestas en la ICT-T para mejorar la ICT de cara a facilitar el acceso a los servicios del Hogar Digital en este tipo de viviendas son las que se recogen en la Tabla II.

**Tabla II. Recomendaciones sin preinstalación domótica**

<b>ICT BÁSICA</b> (Según reglamento)	<b>Recomendaciones de TELEFONICA para la ICT:</b> ICT-T (Ver Apéndice II)
Canalizaciones comunitarias.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento de tamaño en canalizaciones de TB+RDSI para dotar a las viviendas de un mayor número de pares telefónicos.</li> <li>• Canalizaciones adicionales desde el RITI hasta los distintos recintos comunitarios (jardines, piscina, ascensores, cuartos de contadores, garaje, portal, ...) para la instalación de alarmas, detector de presencia y acceso remoto a contadores.</li> </ul>
<b>2 pares por vivienda.</b>	<b>4 pares por vivienda.</b>
Los Registros de Terminación de Red contienen los PAU para TB+RDSI, TLCA/SAFI y RTV.	Registro de terminación de red de tipo modular, de mayor tamaño: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Módulo básico (incluye los registros de terminación de red de la ICT básica).</li> <li>• Módulo de comunicaciones, con posibilidad de alojar un módem router ADSL/Splitter, Hub, Pasarela residencial (ésta puede llegar a sustituir en el futuro el módem, splitter y hub).</li> <li>• Módulo de control domótico y central de alarmas.</li> <li>• Módulo de alimentación común, con suficientes bases de enchufe para la alimentación de todo el equipamiento propuesto.</li> </ul>
Conductos en la Canalización interior de usuario para TB+RDSI, TLCA/SAFI y RTV.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento de tamaño de los conductos de TB+RDSI para dotar a la vivienda de una red de datos y otra de telefonía (lo que implica la utilización de mayor número de pares en el interior de la vivienda).</li> <li>• Conductos a todas las estancias de la vivienda (excluidos baños, cocina y trastero).</li> <li>• Conductos adicionales desde el Registro de Terminación de Red hasta baños, cocina y hall de entrada para control de presencia y alarmas.</li> <li>• Conducto adicional desde el Registro de Terminación de Red hasta el cuadro eléctrico para la conexión del mismo con el módulo de control domótico.</li> </ul>
1 base de acceso terminal RJ11 por cada 2 estancias (excluidos baños y trasteros).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 base de acceso terminal doble (RJ11+RJ45) por estancia (excluidos baños, cocina y trasteros).</li> <li>• Cableado en estrella (4 pares) desde el PAU hasta todas las BAT RJ45.</li> <li>• 2 bases de acceso terminal en baños y cocina para alarmas de agua y gas.</li> <li>• 1 base de acceso terminal en hall de entrada para control de presencia.</li> </ul>

Fuente: <http://www.domotica.net> [3]



## 2. AUTOMATIZANDO EL INTERNADO DE UN HOSPITAL

Dentro de un hospital se encuentran diferentes ambientes, desde salas de espera hasta salas de operaciones y de cuidado intensivo. Dentro de éstas, se encuentran el área de internado -la cual es una clasificación administrativa-, y es el lugar donde se da cuidado y recuperación a toda persona con problemas de salud.

El área de internado está dividida en varias subáreas. En sus instalaciones pueden contar con el subárea de medicina para hombres, medicina para mujeres y pediatría; estos entornos son similares, la división sólo es para selección por género y edad, ya que sus necesidades son similares: chequeos diversos como de temperatura, presión arterial, otros signos así como medicación.

Se cuenta con una serie de camas a las que se asignan los pacientes. A determinadas horas se aceptan visitas, y muchas veces esto provoca una serie de controles como de accesos, tiempo de estancia, objetos ingresados y otros. Además la presencia de más personas en las áreas, incide en un incremento de temperatura ambiental, y es por eso que muchos establecimientos regulan la cantidad de personas dentro de las salas.

Otro aspecto es el flujo de aire, regularmente un hospital nacional acumula olores desagradables lo que hace más incómoda la estadía tanto para el que visita como para el paciente.

Entre los pacientes pueden existir personas con traumas como quebraduras, quemaduras y otros que imposibilitan su libre locomoción, y pueden crear una dependencia con el personal de atención del hospital en cosas tan sencillas como alcanzar una toalla de papel o encender el interruptor de alguna lámpara.

Todo este entorno se puede mejorar con un sistema inmótico. Desde el control de accesos de visitas, altas y bajas de pacientes hasta control de climatización e iluminación. Este último control, en la mayoría de centros médicos, se lleva a cabo manualmente.

En los hospitales nacionales el ambiente puede llegar a ser desagradable, lo convierte en un lugar poco deseable de visitar, pero ¿porqué no hacerlo un poco más confortable? y a la vez que tal si se hace un uso eficiente del flujo eléctrico que al final está pagado por los ciudadanos mediante los impuestos.

La automatización en los hospitales puede colaborar mucho en la mejora de la imagen y administración de sus instalaciones, haciendo eficiente su mantenimiento de una forma óptima, dentro de las posibilidades que tengan de implantar tal mejora. Se infiere que los hospitales privados cuentan con mayores recursos, relativamente hablando, y permite que adopten mejoras continuas en su administración que conjugado con un poco de innovación presentan un ámbito adecuado para implantar un sistema inmótico complejo y moderno, tomando en cuenta las diferentes comodidades que éste tipo de automatización conlleva.

## **2.1. ¿Qué se puede automatizar en el área de internado de un hospital?**

Hoy en día la tecnología se presta para automatizar diferentes y complicados procesos. Todo depende de la dimensión y alcances que se les posibiliten al sistema y las necesidades funcionales.

Entre los diferentes controles se tienen:

- *Control de accesos*, el cual debe tener la capacidad de configuración sobre las personas que pueden ingresar a las áreas restringidas como el internado, y en qué momento.
  
- *Control de entorno ambiental*, que se subdivide en:
  - *Control de persianas*, apertura y cierre para administrar la luz solar.
  - *Flujo del aire*, gestión de las entradas y salidas de aire.
  - *Control del aire condicionado*
  - *Control de iluminación*, que con el control de persianas gestionan la luminosidad de espacios.
  
- *Gestión del flujo eléctrico*, para optimizar la utilización de la energía eléctrica que surte a los diferentes dispositivos.
  
- *Control del flujo del agua*, para la gestión del recurso hídrico.
  
- *Prevención de Desastres*, para proteger al edificio de fugas de gases, incendios e inundaciones silenciosas -cuando la inundación no es obvia ante los usuarios del edificio, como ejemplo la rotura de una tubería en un área poco frecuentada-.

*Lo más importante al adoptar la inmótica es la posibilidad de integración de los diferentes controles dentro de un solo sistema, monitorearse mediante la red local y hasta por Internet si es necesario de una forma*

*eficiente, representando mejoras considerables a la administración del edificio.*

### **2.1.1. Procesos en el internado de los hospitales**

Cuando los médicos de los hospitales lo determinan, es necesario que los pacientes sean internados. Esto implica una estadía durante cierto tiempo que puede acortarse o bien aplazarse, dependiendo de la enfermedad o padecimiento. Implica la necesidad de acomodar una persona más dentro de las instalaciones, por lo que aumenta margen de control para el personal. Tales controles como, toma de datos del paciente, diagnóstico y tratamiento. Luego los médicos hacen chequeos constantes a los pacientes a lo largo de su estadía hasta que determinan cuando darles de alta.

El hospital debe suministrarle sus diferentes alimentos y bebidas, así como los medicamentos. Todos estos procesos involucran un control de pacientes, control de inventario de medicamentos, anotaciones de los resultados de los chequeos y otros más y son tareas distribuidas y atribuidas al personal.

Por otro lado, en este entorno, también está el cuidado de las instalaciones, en el que tiene que ver el personal de limpieza y mantenimiento. En el área surgen necesidades de mantener el sistema eléctrico, limpieza, ventilación, iluminación y, cuando el hospital cuenta con recursos, comodidades como acondicionamiento del aire, gestión de equipo de entretenimiento como televisores y otros.

Además, pueden surgir emergencias de diferente índole, como complicaciones de salud de los pacientes, atención de niños en áreas de pediatría, posibles partos y otros.

### **2.1.2. Controles en el internado de los hospitales que no están automatizados**

En los hospitales nacionales privados ya se cuenta con aplicaciones de software para el control de acceso a visitas de los pacientes. En estos se puede definir quién y la cantidad de personas que pueden ingresar, cuánto tiempo y hasta cuándo y a qué hora; apoyan otros controles como la medicación de los pacientes, historial de signos vitales y otros. Por aparte algunos cuentan con sistemas de vigilancia.

Un control que no está muy abarcado es la gestión del control del ambiente así como la integración de todos los controles. Uno de los factores principales que influyen en el avance de tal sistematización es el económico y el desconocimiento de los beneficios obtenidos. No es tan fácil asimilar la necesidad y la posibilidad del cambio en corto tiempo.

Posiblemente un aspecto que ayude a despertar el interés sobre la automatización es el ahorro en la energía eléctrica al comparar las facturas de meses anteriores con las recientes luego de haber implantado el sistema inmótico. Un sistema inmótico se puede configurar para establecer prioridades en la asignación del recurso eléctrico, y es por tal motivo que puede programarse de tal forma que el edificio ocupe la menor cantidad de kilobatios posibles.

En hospitales con recursos -privados-, es posible que los amigos y familiares de los pacientes puedan observar a través de una página de Internet la evolución del enfermo tanto presentándole historial de chequeos como video de lo que acontece en tiempo real, incluso conversar. Esto apoya a aquellas personas que por algún motivo no puedan llegar físicamente al hospital a visitar a su allegado, como por ejemplo, que se encuentre en otro país.

Tales visitas tienen que manejarse bajo reglas de seguridad para proteger a las personas dentro del internado, seguramente autenticando a los visitantes.

## **2.2. ¿Qué es necesario automatizar en el internado de un hospital?**

Se pueden automatizar muchos controles, si se tienen los recursos necesarios. Sin embargo, si se requiere que la solución proporcione resultados con un mayor beneficio comparado con el costo, se debe hacer un análisis de los procesos y controles que verdaderamente son críticos y posibles delegar a un sistema inteligente. A continuación se presentan diferentes situaciones en las cuales es posible adoptar el concepto de inmótica.

### **2.2.1. Controles de ambiente y recursos eléctricos que tienen posibilidades de automatizarse en el internado**

Como muchos edificios, un hospital cuenta con una red de energía eléctrica, agua potable, incluso de vapor. Sin embargo uno de los recursos más demandados es el eléctrico. Incluso la mayoría cuenta con plantas eléctricas de emergencia en caso de fallas de la red eléctrica pública.

Este recurso es crítico pues se utiliza en diferentes aparatos y dispositivos como en la toma de radiografías, lavadoras, secadoras, aparatos para la toma de signos vitales; además en dispositivos tan simples como lámparas o focos.

El tipo de voltaje que se puede llegar a utilizar en un hospital es el trifásico -330 Voltios- y existen circuitos con voltajes de 220 y 110 Voltios, pues

la demanda y el tipo de aparatos eléctricos así lo requieren. Sin embargo, este recurso no siempre está bien administrado.

En muchas ocasiones hay bombillas encendidas innecesariamente, aparatos utilizados derrochando energía, aire acondicionado sin ser optimizado -si es que cuenta con él- que a la larga se convierte en pérdida. Tal gestión de energía puede optimizarse si se sabe a qué hora y en qué momento es necesaria la utilización de cada elemento; pero mantener una gestión optimizada del flujo eléctrico no es una tarea que se pueda llevar a cabo manualmente de una forma fácil y eficiente.

Es por eso que para un control eficiente del recurso, se puede contar con un sistema capaz de hacerlo con menos esfuerzo y con menos errores. Además, mediante una aplicación de software y una computadora personal, se puede tener una panorámica gráfica representativa del edificio en cuanto a iluminación, consumo de energía, presencia de individuos, temperatura ambiental incluso interacción real con el sistema que pueden ser de gran ayuda para la administración de las instalaciones.

### **2.2.2. Comparación de controles utilizados actualmente contra controles automatizados**

Hasta el momento, como ya se mencionó, solo se cuenta con aplicaciones aisladas al respecto de la gestión de pacientes en un hospital, como el control de los mismos pacientes -altas y bajas- aunque sólo es en hospitales privados, pues cuentan con los recursos para la adquisición de tales aplicaciones de software y hardware necesario.

Por otro lado la gestión del ambiente, tanto de iluminación como de temperatura, se limita al control manual de las lámparas y focos, apertura manual de ventanas y del aire acondicionado. En cuanto a temperatura, posiblemente un área la requiera aumentar o disminuir, y es algo que igual debe manejarse de forma manual. Un ejemplo es la sala de cuna -donde se acogen a los bebés recién nacidos-, requeriría una temperatura un poco más alta, y dentro de esta área podrían también tenerse incubadoras cuyo funcionamiento es especial.

### **2.2.2.1. Controles preventivos**

En cualquier edificio es necesario tener controles preventivos como:

- Prevención de incendios
- Prevención de fugas de gas
- Control de inundaciones -a menor y mayor escala-.

Para estos controles es obligatorio contar con sensores que indiquen constantemente al sistema acerca de la situación del edificio.

De esta forma el podrá identificarse cuándo y en donde existen situaciones fuera de los parámetros normales y se alertará automáticamente acerca del problema tanto con alarmas como con altavoces indicando a los usuarios el lugar del problema y las medidas de seguridad necesarias. Podrá el sistema además accionar automáticamente -si cuenta con el recurso y está configurado de tal manera- extinguidores o llaves de paso de agua, así como envío de mensajes a la estación de bomberos idónea.

Otro tipo de control es el de ingreso de personas y otros. En este aspecto se tiene la posible necesidad de contar con personal para determinar si la presencia del individuo no es autorizada en el lugar. Si el sistema tiene

un control de identificación para el ingreso al área ya sea con tarjetas magnéticas, huellas dactilares u otros, se le delegará esta tarea; por lo contrario dependerá de la interacción del sistema con un operador -persona- de seguridad, donde el sistema inmótico alertará al operador de la presencia de individuos en las áreas restringidas y por medio de una red de cámaras podrá verificar las condiciones del lugar y dependiendo de la configuración, accionar algún tipo de alarma o mensaje al personal de seguridad.

#### **2.2.2.2. Gestión de la energía eléctrica**

Es una gran cantidad de dispositivos los que necesitan del suministro eléctrico dentro de un hospital. Entre ellos se tienen, aparatos diversos para la toma y seguimiento de signos vitales; en el área de mantenimiento, lavadoras y secadoras, planta eléctrica, bombas de agua; en todo el edificio lámparas, posiblemente aire acondicionado, los mismos dispositivos del sistema inmótico, televisores, computadores y otros.

En cada hora del día los requerimientos de energía tienden a variar, en algunas horas se necesitará más energía eléctrica que en otras y esto puede variar entre los diferentes recursos y áreas que la necesitan para funcionar. En la situación ideal un sistema inmótico debe optimizar el recurso eléctrico a fin de que la facturación mensual del mismo se minimice en lo posible.

Esto se logra dotándole al sistema de información. Por esta razón es que un sistema inmótico puede calificarse como inteligente -con un cierto nivel-, pues desde este punto de vista cuenta con el conocimiento para determinar cómo actuar en las diferentes circunstancias que se presenten en el edificio.

Por ejemplo, el sistema puede tener parametrizado que una lámpara se encienda al contar con la presencia de individuos en cierta área, sin embargo el encendido de la lámpara puede que tenga la restricción de no encenderse en el

día, pues la luz natural sea suficiente para la iluminación. Lo podría determinar por dos alternativas: teniendo parametrizado que de 6:00 a 17:00 horas no debiera encenderse la lámpara; y lo óptimo sería que mediante sensores de luminosidad interna y externa determine que la luz natural no es suficiente para iluminar la habitación.

Otra restricción que pueda presentarse es que el nivel de luminosidad deba bajar en caso de que el suministro eléctrico este suministrado por las plantas eléctricas de emergencia -en caso de un corte de energía pública-. El conjunto de dispositivos de entretenimiento seguramente quedarán deshabilitados.

Otro ejemplo, en el control de la temperatura ambiental, puede que se necesite bajar la temperatura, entonces se acciona la apertura de ventanas; si la temperatura no llega a su nivel adecuado, posiblemente se requerirá el encendido del aire acondicionado, y esto repercutirá en el cierre de ventanas.

Al igual que en el ejemplo de la iluminación, puede contar con otras restricciones, lo que hace dificultoso valerse sólo de medios automáticos para la gestión del edificio, se necesita de un *sistema inteligente*.

### **2.3. Componentes necesarios para automatizar un hospital**

Los componentes son similares en las diferentes aplicaciones inmóticas. El estándar que se utiliza y la logística del sistema en particular determinan los componentes en necesarios, no se puede caer en generalizar todos los procesos y controles de los diferentes edificios.

#### **2.3.1. Sensores y actuadores**

Uno de los controles que más resultados positivos puede dar es la gestión de la energía eléctrica, y dentro de este, la iluminación de los ambientes. Por tal motivo son indispensables los sensores de luz, tanto para el interior como para el exterior. Además sensores de temperatura exteriores e interiores para la gestión de la temperatura ambiental.

Si se desea tener un control de detección de gases, inundaciones, detección de humo y fuego, así se requerirá de los respectivos sensores; pero cada componente depende del estándar que se utilizará. En un hospital una de las reglas fundamentales es el hacer silencio, pero si la emergencia es tal que deba alertarse a los usuarios, debería entonces contarse con sirenas y altavoces con alto grado de decibeles para estas situaciones extremas.

### **2.3.2. Un controlador central o control descentralizado**

Dependiendo de la tecnología elegida para el sistema inmótico en el hospital, así será el tipo de control a implantar. Sin embargo, se espera que el sistema sea fiable y eficiente, por lo que generalmente cuando se automatiza un edificio se elige un sistema descentralizado, para que funcione cada componente independientemente de la falla de otros.

Si el sistema está centralizado, la falla de un dispositivo puede implicar la desactivación total del mismo, y eso conllevaría a bajar el margen de su disponibilidad. La desventaja de un sistema descentralizado, aunque no determinante, es la necesidad de una sincronización de la comunicación entre los elementos que tiende a ser más compleja.

El controlador central debe encargarse de la lectura constante de los diferentes sensores para detectar los cambios considerables como para activar los actuadores correspondientes.

Para conveniencia del sistema y colaborar con su inteligencia debe dejar constancia de los sucesos en el edificio, y lo logra guardando en una base de datos las diferentes mediciones conforme transcurre el tiempo. Esto además de permitirle inferir cambios, colabora en la interacción del sistema con el usuario cediéndole la panorámica instantánea de la situación actual y las estadísticas en los cambios.

Cuando el control es distribuido el sistema debe ser capaz de sincronizarse y llevar los registros correspondientes como en el control centralizado.

### **2.3.3. Una red para la comunicación de diferentes nodos y dispositivos necesarios**

Si se utiliza el estándar X10 ya se cuenta con una red para la transmisión de datos: la red de distribución de energía eléctrica. Por lo contrario es necesario la instalación de cables par trenzado o bien adquirir componentes que trabajen por medios inalámbricos -que hasta el momento son más costosos-.

Se presenta una de las dificultades en el desarrollo de la inmótica: *estándares*. La mayoría de los componentes inmóticos están diseñados para trabajar bajo un estándar, y esto limita la libertad del diseño en la arquitectura del sistema, aunque ya se han hecho esfuerzos para la integración de tales estándares.

En el caso del estándar X10 cada dispositivo debe contar con el emulador y demulador de la información que viaja en la corriente eléctrica: sensores, unidades de modulación o controladoras de dispositivos y otros.

#### **2.3.4. Otros componentes físicos necesarios**

Si se desea disponibilidad y fiabilidad del sistema inmótico, es necesario contar con ciertas redundancias como de energía eléctrica. En un hospital es común y primordial contar con una fuente de energía extra -Por lo general plantas eléctricas-. Para el sistema podría contarse con UPS -Unit Power Suply- y así prevenir el sistema en caso de que falle incluso la planta eléctrica.

El sistema debe tener protección contra descargas atmosféricas y picos de corriente. En el mejor de los casos se puede contar con un para-rayos. Si no es posible, al menos debe contarse con una red de distribución eléctrica con tierra física -polarización-.

#### **2.3.5. Software**

La cantidad de controles es considerable, y más aún cuando se contabilizan las diferentes instancias de los componentes entre sensores, actuadores y otros elementos del sistema. Se puede adquirir un paquete de software para el soporte del monitoreo del sistema, sin embargo no garantiza que se ajuste a los requerimientos.

Si se puede llegar a contar con los controladores -librerías- de los diferentes dispositivos en un lenguaje común de desarrollo se vuelve considerablemente mucho más viable la adquisición del software hecho a la medida.

Adquirir un software hecho a la medida repercute en un sistema ajustado a las necesidades del edificio, que al igual que el hardware puede y debería desarrollarse e implantarse en una forma incremental. Esto permite una

adopción del sistema de una forma adecuada y establecer una planificación versátil para la capacitación de los usuarios. Seguramente, muchos elementos de software ya desarrollados se pueden reutilizar en el sistema; adecuar el software al caso que se presente consistiría en desarrollar todo aquello que es específico para el edificio, controles especiales, reportes, gráficos, estadísticas y otros.

### **2.3.6. Políticas de seguridad**

A la vez de contar con el software y el hardware se debe contar con otro complemento para que el sistema sea fiable: políticas de seguridad y gestión.

Deben definirse los diferentes roles de los usuarios dentro del edificio, desde los operadores y ocupantes hasta administradores del sistema. Cada uno debe tener establecidos sus permisos de acceso y actuación en el edificio. Esto va estrechamente relacionado con la administración misma de la institución.

Los usuarios tendrán permisos de accionar de la forma como el sistema tenga establecido. Los administradores podrán tener acceso a las diferentes interfaces de gestión del edificio. Los usuarios un determinado espacio tendrán derecho a hacer cierto tipo de consultas como estado del tiempo, anuncios y otros, según el sistema lo brinde.

Un usuario importante es el mismo sistema. Si se concibe al sistema inteligente como un usuario, este debe contar con los privilegios para que el mismo pueda actuar sobre sí mismo. Esto ya que algunas veces habrá que desactivar ciertas condiciones de reacción del sistema en casos como mantenimiento o modificación del mismo.



### **3. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL INTERNADO DE UN HOSPITAL**

Implantar un sistema inmótico puede ser sencillo o una gran hazaña. Depende de diferentes aspectos tanto técnicos, políticos, económicos, pero sobre todo de la percepción que se tenga acerca del cambio y sus beneficios. Una vez se haya convencido a los involucrados del proyecto, los demás aspectos son más cómodos de asumir.

Para despertar el interés de los adquirentes y lograr que su percepción hacia el cambio sea positiva, es necesario hacerles ver el balance entre los costos y beneficios que éste tendrá.

#### **3.1. Beneficios y costos de la automatización del internado**

A simple vista es difícil inferir el margen de gastos que puede incurrir la implantación de un sistema inmótico, de hecho, cada evaluación que se haga presentaría una variación de costos con una tendencia al incremento. Esto lo determinan diferentes variables como las citadas en adelante:

- *Período de tiempo del proyecto:* dependiendo de la planificación de la compra de los dispositivos y accesorios y de la mano de obra a utilizar, los costos de ambos pueden variar.
- *Correcta planificación:* donde figura la eficiencia con que se desarrolle el proyecto incluyendo análisis de riesgos.
- *Variación del Tipo de Cambio:* si el proyecto se calcula con moneda nacional, puede afectar a los cálculos y esto obliga a tratar de estimar el margen de cambio de la moneda entre la compra o compras de los elementos.

- *Método de desarrollo e implantación del sistema inteligente:* que puede ser vertical u horizontal dentro de un marco de acoplamiento incremental al edificio nuevo o existente. Si se implanta en una sola etapa el costo de la adquisición de los componentes podría disminuirse, sin embargo es necesario contar con el monto o crédito necesario para cubrirlo.

### **3.1.1. Obtención de recursos necesarios**

Si el proyecto se requeriría implantar en las próximas semanas, tendría que recurrirse a contactos en el extranjero donde el comercio de los dispositivos inmóticos tenga la capacidad para cubrir las peticiones del sistema. Si este fuera el caso, la compra mediante Internet no sería muy apropiada para un sistema que contendrá una alta cantidad de elementos.

Lo recomendable es tener una negociación con las empresas que distribuyan el estándar o estándares a utilizar con contratos formales que especifiquen los compromisos de las partes.

Esta situación se da porque actualmente en Guatemala no se cuenta con un mercado tan abierto en cuanto a inmótica se refiere. Aunque esto no significa que exista gran dificultad para adquirir los componentes en otros países, pues existen las facilidades, es necesario que haya una comunicación eficiente para la negociación como lo permite la tecnología actual.

Dependiendo del tamaño del proyecto, así se requerirá del personal implantador con los roles de:

- *Implantadores de Redes físicas:* si el estándar requiere una instalación de cable par trenzado o bien una rectificación o mejora de la red eléctrica para el protocolo X10. Si el edificio está en construcción, el trabajo va de la mano con los encargados de las instalaciones eléctricas y paredes.

Además deben verificar que exista conectividad entre los puntos de la red.

- *Implantadores de Dispositivos*: son las personas encargadas de situar los sensores, actuadores y otros nodos. Deben cuidar que envíen los datos conforme estén diseñados. Deben encargarse de los dispositivos que utilizan protocolos inalámbricos, si el sistema utiliza este método de comunicación.
- *Equipo de Cómputo*: que se encarga de identificar los puntos donde sea necesario situar un computador personal y su configuración de software y la red para poder hacer funcional el sistema.
- *Logística*: que se encargan de planificar y coordinar todas las tareas entre los grupos y sus relaciones.

Para poder disponer con personal para cubrir con los diferentes roles se debe capacitar a todos con los conocimientos respectivos, pues no se cuenta con este tipo de apoyo por medio de otras instituciones, al menos con el concepto de inmótica claramente definido.

Con lo que se cuenta en Guatemala es carreras y cursos de electrónica, redes de comunicaciones y otros que son importantes para la automatización, por tanto las personas que se contraten tendrán que tener este tipo de conocimientos como base.

### **3.1.2. Costo relativo de los recursos**

El costo de los diferentes dispositivos para automatizar en el medio guatemalteco se divide en dos partes: el costo nominal del producto y el costo por obtenerlo.

Se puede elaborar un presupuesto preciso al tomar en cuenta el costo nominal de los dispositivos, sin embargo el costo de adquisición, el cual se resume en la gestión de la compra del producto procedente desde los diferentes proveedores en los países que los fabrican, puede variar notablemente.

El costo de un dispositivo comprado en Argentina puede variar considerablemente si se compra en Estados Unidos. Esto si es el grupo encargado del proyecto el que se preocupa de la adquisición de los diferentes elementos inmóticos.

La misma dificultad la puede adquirir algún intermediario entre el grupo del proyecto y los proveedores. Por otro lado el tiempo es otro factor a considerar, aunque Internet se preste para agilizar las compras, muchas veces no se pueden adquirir los productos de la noche a la mañana, y si no se planifica bien esta adquisición en el proyecto, puede causar retrasos.

Estas dificultades se deben a que el mercado de los dispositivos inmóticos aún esta en sus comienzos y más aún en los países catalogados como subdesarrollados.

### **3.2. Beneficios**

La implantación de un sistema inmótico, a pesar de su complejidad, debería resultar en beneficios observables, pues requieren de cierta inversión. Entre tales beneficios, se tiene una eficiente gestión de los recursos, resultando en disminución de costos de operación.

Por otro lado, el delegar control a este sistema, el personal puede enfocarse en tareas más humanitarias como controlar mejor el estado del paciente, lo que le daría al hospital un poco más de su fin, el bienestar social.

### **3.2.1. Beneficios administrativos**

En este aspecto, los beneficios son el control más eficiente de la energía eléctrica, tanto en iluminación como en dispositivos y aparatos que la utilizan; el mejor control preventivo como el control de fugas de gas, de agua y detección de humo fuego.

### **3.2.2. Ahorro económico**

Ahorro económico ya que si se optimizan los recursos tales como el agua y la energía eléctrica, se reduciría el gasto de tales insumos. En el caso de la energía eléctrica es fácil percibir, incluso está comprobado.

### **3.2.3. Energía eléctrica**

La energía eléctrica se usa eficientemente porque el sistema la utilizará cuando realmente sea necesario. Por ejemplo, apagará las luces en lugares donde no haya personas.

### **3.2.4. Ambientación automática**

Con la inmótica se puede obtener un ambiente gestionado, con el objeto de brindar confort a los que utilicen el área de internado. Por ejemplo, si hace calor, el sistema procederá a la apertura gradual de ventanas, y si es necesario a encender el sistema de aire acondicionado -si cuenta con él-.

Otro ejemplo, si está muy oscuro, en primera instancia se procederá a abrir las persianas, si el sistema lo tiene configurado como posible, y dejando en última instancia la utilización de iluminación eléctrica. Los parámetros de temperatura ambiental e iluminación son datos que pueden ser configurables en el sistema, ya que no todos los edificios son iguales en cuanto al entorno ambiental, incluso en las diferentes áreas pueden requerirse variaciones en dichos parámetros.

### **3.2.5. Control de la seguridad del edificio**

Como un complemento para el sistema inmótico, la seguridad física del edificio es otro factor importante. Tanto seguridad a nivel físico como el acceso de personas.

El sistema debe gestionar el cuidado del edificio, ya sea actuando o informando a los operadores o personal de mantenimiento sobre problemas posibles o bien que se presenten en determinado momento como por ejemplo, un incendio, la forma como un edificio puede actuar es activando los dispositivos de extinción de fuego, incluso debe informar a los usuarios por medio de altavoces y alarmas acerca del problema y el lugar donde se está dando.

Además puede informar sobre la presencia de individuos en espacios restringidos, como una sala de laboratorio clínico. Este tipo de control ahorrará energías humanas en los posibles problemas que pueden provocar personas malintencionadas, pues podrían provocar problemas mucho más grandes que una intrusión.

### **3.2.6. Prevención de incendios**

Con el tiempo la prevención de incendios ha sido uno de los componentes aislados que conforman un sistema inmótico. Se han desarrollado simples dispositivos que al detectar la presencia de humo activan la alarma correspondiente. De hecho, estos dispositivos son los que fácilmente se han adaptado a la gran cantidad de aplicaciones de automatización.

Un detector de incendios, independientemente de su tecnología envía la señal por el bus de datos correspondiente al estándar utilizado, en caso de un sistema centralizado, llega a la unidad central de procesamiento para que esta evalúe y genere las alarmas y medidas necesarias a accionar; si es un sistema descentralizado, la señal la recibe la unidad procesadora encargada del área, para que sea esta la que tome las acciones necesarias.

Entre las acciones a tomar están la activación de las alarmas auditivas combinadas con mensajes pregrabados de acuerdo a la emergencia y el lugar en que ocurren dentro del edificio. Si el sistema lo tiene podría incluso abrir las llaves de tanques extinguidotes. El ahorro en este tipo de prevención radica en la toma de medidas a tiempo.

### **3.2.7. Control del flujo del aire**

En un lugar donde se tiene la presencia de muchas personas, es necesario que la ventilación sea adecuada. En un hospital nacional es común sentir olores desagradables y el viento no circula con facilidad lo que provoca que los olores se mantengan todo el tiempo.

Muchos de los olores contienen ciertos gases que pueden detectarse por medio de sensores. Si al conjunto de sensores se agrega un sistema de ventilación que pueda controlarse por medio del sistema inmótico, se tiene una forma de purificar el aire automáticamente.

### **3.3. Diferentes opciones de automatización**

Dada la gran cantidad de estándares, aplicar inmótica al área de internado de hospitales genera una igual cantidad de posibilidades. Se puede aplicar cualquier estándar, sin embargo está determinado por diferentes aspectos.

En el ámbito nacional, se tienen las restricciones de presupuesto y el interés de modernizar; en general podría decirse la factibilidad de obtener los sistemas, así como de mantenerlos y contar con un buen soporte.

Dada la situación actual, al comenzar un proyecto de automatización se debe sesgar por un estándar, ya que si se eligen varios, aumenta la complejidad del sistema y aumenta la probabilidad de problemas y por ende una menor disponibilidad.

Una de las bondades de la inmótica es la posibilidad de una implantación del sistema inteligente de una forma metódica. La alternativa más conveniente es la adopción incremental de los diferentes subsistemas, como por ejemplo iniciar con el control de iluminación, es sencillo de llevar a cabo y presenta resultados bastante perceptibles logrando una motivación general hacia la automatización de los próximos controles.

### 3.4. Implantación del sistema automatizado inteligente

Por lo regular, los requerimientos de la edificación, cuando se pretende aplicar inmótica son similares: climatización que se resume en confort, seguridad y gestión de la energía eléctrica.

Sin embargo, como cualquier proyecto consta de los pasos básicos para llevarse a cabo:

- *Especificación de Requerimientos*: en el cual se definen las necesidades del edificio con un detalle lo suficientemente convincente como para poder inferir los recursos.
- *Análisis*: donde se estudian las limitantes que rigen el proyecto y se modelan los diferentes procesos y establecen directrices para ejecutarlo.
- *Diseño*: donde se establece un plano de proyecto. Se define donde debe ir cada elemento del sistema desde los sensores hasta la central o centrales de control y monitoreo. Así como los modelos a seguir para interactuar con el software.
- *Puesta en marcha*: que es en sí la ejecución del proyecto, fundamentado en el análisis y diseño.
- *Pruebas*: donde se comprueba la fidelidad y disponibilidad del sistema. Incluso se debe probar en condiciones extremas para acotar su desempeño y *definir hasta dónde puede llegar y soportar*.
- *Mantenimiento y Control*: que es el constante control y cambio de partes desgastadas y que se lleva a cabo en la vida del sistema.
- *Mejoramiento*: el que se haya implantado el sistema inteligente no significa que no se pueda aumentar sus capacidades. Una mejora tiene una parte de todas las etapas mencionadas anteriormente

### **3.4.1. Requerimientos físicos**

Cuando se pretende instalar un sistema inmótico en un edificio, este debe prestar las condiciones necesarias para que la red de comunicaciones, sin importar el estándar que se utilice, pueda instalarse lo más factible posible.

En el Capítulo 1 se citaron las recomendaciones de Telefónica para las infraestructuras comunes de comunicaciones -ITC-, tanto para instalaciones con preinstalación domótica -o inmótica-, como para las que no cuentan con la misma.

Cuando se trata de edificaciones sin preinstalación domótica, es preferible trabajar con protocolos como el X10 o bien uno inalámbrico, pues reduce el costo de implantar una nueva red con cableado y es menos complicado.

Cuando es una instalación nueva, o bien ya cuenta con alguna preinstalación, pueden preferirse otros estándares y no incurre en mayores problemas para la adopción del sistema inmótico. Existen otros aspectos que se detallan en los siguientes incisos.

#### **3.4.1.1. Requerimientos de la edificación**

Para poder implantar un sistema inmótico, dependiendo del estándar a utilizar, así serán los requerimientos del edificio en cuanto a estructura física. Si se requiere cuidar el ornato de la construcción, tanto para la que se va a construir como a la que se le adaptará un sistema inteligente.

Si es un protocolo que requiera una red independiente de comunicación como el C-Bus, implica una preocupación más en el ornato. Si el edificio se va a construir, se debería diseñar un cableado similar al de la red eléctrica, aprovechando la condición de la construcción.

Si es un sistema que se adaptará e igualmente utiliza par trenzado, se debe buscar la forma de que el cableado no afecte a la apariencia del inmueble; hoy en día se utilizan canaletas -como las que se instalan en redes Lan con cable par trenzado RJ45-, que son prácticas de instalar y se puede aprovechar para ocultar otros tipos de cables como el coaxial del servicio de televisión, o el cable telefónico.

#### **3.4.1.2. Requerimientos eléctricos**

Si se pretende utilizar el estándar X10, el sistema eléctrico debe estar muy bien distribuido para que las posibles variaciones de carga no afecten a la comunicación. Por lo tanto se hace necesario la existencia de dispositivos en la red como reguladores de voltaje, protectores contra picos, polarización y otros.

Utilizar el protocolo X10 obliga a integrar la red eléctrica en los puntos donde se instalarán dispositivos del estándar; o bien se debe trabajar bajo el concepto de sistema distribuido adaptándose la red diseñada o existente en el edificio.

Dado que un sistema inmótico puede llegar a contar con dispositivos electrónicos que tienen ciertas especificaciones de corriente y voltaje, se hace necesario que la red eléctrica esté protegida contra descargas eléctricas. Regularmente los edificios cuentan con pararrayos y con lo que en Guatemala se denomina tierra física o polarizado de la red.

En un hospital es parte vital el suministro de energía eléctrica. La suspensión del servicio puede llegar a significar incluso la vida de una persona.

Por tal situación la mayoría cuenta con una planta generadora de emergencia que se enciende manual o automáticamente al fallar el suministro público de energía. La existencia de un sistema inteligente trae el costo de que en estos casos la recuperación en un de fallo sea mucho más importante.

### **3.4.2. Requerimientos de recurso humano**

Si bien el edificio puede ser automatizado, el sistema puede llegar a ser extenso en cuanto a cantidad de dispositivos y por tal situación debe contar con un mínimo de personas dedicadas al monitoreo y mantenimiento del sistema.

#### **3.4.2.1. Personal necesario**

La cantidad de personas que se requieren para el mantenimiento y control lo determina el tamaño del sistema según las recomendaciones del implantador. Sin embargo debe contarse con ciertos tipos de técnicos para el control y mantenimiento del sistema.

Debe haber un administrador de sistema, y es la persona que se preocupa por las decisiones en cuanto a fallas de procedimiento, cambios significativos y cualquier decisión general sobre el sistema.

Luego debe contarse con personal de operación y mantenimiento que se encargaría del bienestar del sistema en detalle: cambio de dispositivos, chequeo de diferentes controles a nivel físico.

Dependiendo del tamaño del sistema, así será el número de personas que se requieran, como ya se mencionó. En casos donde el sistema es relativamente pequeño, un administrador podría encargarse de todo.

En otros relativamente grandes, se tendría incluso un administrador por subsistemas de control.

### **3.4.3. Procesos y tareas nuevas**

Como se mencionó en el capítulo dos, inciso 2.4.4, un sistema inmótico dependiendo del estándar a elegir, tiene la bondad de poderse implantar gradualmente. Por ejemplo, podría comenzarse con la iluminación, luego la gestión de la temperatura ambiental, controles de seguridad en accesos, gestión de la electricidad y los demás que se hayan definido.

El hecho que esté implantado no limita la posibilidad de poder incrementar el alcance del sistema inteligente. Pueden con el tiempo incluirse nuevos controles con un costo no mayor que el del valor de los dispositivos y la instalación de los mismos.

Por ejemplo, quizá no se haya tomado en cuenta la visita virtual de un paciente dentro del hospital, que no es más que la comunicación de voz video entre paciente y allegado, claro, si el paciente puede desempeñar tal acción.

Se requeriría como mínimo de una cámara Web, un micrófono y la aplicación complementaria en el sistema que lo permita, aunque ya existen aplicaciones aisladas que soportan tal comunicación como el MSN Messenger. La ventaja de integrarla al sistema inmótico es la posibilidad de personalizarla.



## **4. DESARROLLO DE UN MODELO DE SISTEMA EXPERTO**

Cuando se requiere dar inteligencia a un edificio se buscan los componentes necesarios para que interactúen en un sistema coordinado y con independencia parcial o total. Aunque una independencia total aún es un logro a largo plazo.

Se torna un poco más indispensable que las tareas que en el edificio se automaticen, tengan una mínima probabilidad de fallo, y aún más necesario cuando esto implica la diferencia entre la vida y la muerte.

Para darle inteligencia a ese conjunto de tareas y procesos, componentes electrónicos, mecánicos y electromecánicos, se propone la definición de un modelo de sistema experto, que en términos generales es el conjunto de premisas que le dictan al sistema cómo actuar en diferentes condicionantes definido por parámetros definidos y reglas, hechos o circunstancias que se presenten en el entorno del sistema y una unidad de proceso que se encargue de aplicar las reglas según los hechos y los presente al usuario por medio de una interfaz.

### **4.1. ¿Qué es un sistema experto?**

Es un sistema capaz de llevar a cabo una tarea especializada como si la realizara un experto humano. Su existencia se justifica en la posibilidad de dotarle de los conocimientos del experto humano y las técnicas que el mismo humano conoce y así abstraerlos y simplificarlos con el fin de poder ponerlas en práctica. Consta de los siguientes componentes:

#### **4.1.1. Base de conocimientos**

Es el conjunto de parámetros que le permiten al sistema experto definir conclusiones dentro de un entorno y dominio determinado. Pueden estar definidos predeterminadamente o bien pueden ser alimentados conforme la evolución en el funcionamiento del sistema.

##### **4.1.1.1. Base de reglas**

Es el conjunto de condicionantes que el sistema puede aplicar. Cada regla define la ejecución de una acción en el sistema, siempre y cuando se cumplan las condiciones que dicta. Cada regla tiene una prioridad, y si no se le indica explícitamente al sistema experto, el mismo debe asignarla por defecto.

##### **4.1.1.2. Base de hechos**

Es la información que el sistema tiene o puede percibir y que sirve de parámetros para evaluar las diferentes reglas. Estos hechos son datos explícitos y tienen significado para el sistema.

#### **4.1.2. Motor de inferencia**

Es la parte del sistema experto que se encarga de combinar las reglas con los hechos. Podría decirse que es el procesador de la información, y responsable de la activación de las acciones que dicten las reglas. El motor de inferencia ejecuta las reglas en orden de prioridad y tratando de asemejarse a la inferencia del experto humano.

Para el caso de reglas con igual prioridad, el sistema debe tener parametrizado el orden a seguir en su evaluación y aplicación, y estas pueden ser por cola de reglas, por pila, por complejidad y otros criterios. Todo depende de los recursos con que cuente el software.

#### **4.1.3. Componente explicativo**

Es la forma en que el sistema justifica su solución ante una circunstancia explicando al usuario la estrategia seguida. En pocas palabras, explica como cómo y porqué dio tal resultado.

#### **4.1.4. Interfaz con el usuario**

Muestra en el lenguaje del usuario las condiciones del sistema, resultados obtenidos y toda la información que le interese.

#### **4.1.5. Componente de adquisición**

Es la ayuda a la estructuración e implementación del conocimiento en la base de conocimientos. Cuando se cumplen ciertas reglas, estas pueden provocar el cumplimiento de otras reglas al alimentar la fuente de información.

### **4.2. Requerimientos del sistema inteligente**

El sistema puede requerir diferentes tipos de controles: confort, gestión de energía, prevención de desastres y controles de accesos. Para cualquier emergencia es necesaria una interfaz de visualización de mensajes y emisores de sonidos como sirenas tanto de alta como de baja cantidad de decibeles.

El sistema debe tener alta disponibilidad y alta fiabilidad, pues en área de internado de hospitales por ejemplo, es necesario contar con iluminación.

En la medida de lo posible, debe poder decidir en las situaciones requeridas, apoyándose de los eventos como: cambio en la magnitud de la lectura de los diferentes controles que ameriten alguna acción. Debe guardar un registro de los eventos suscitados para poder apreciar estadísticas en los diferentes controles.

Además el historial de medidas ayudará a dar tendencias, como por ejemplo el comportamiento del clima en las próximas horas, días, semanas y otros.

Para poder registrar los mencionados eventos debe contar con diferentes sensores de luz internos y externos, sensores de gas, sensores de temperatura y otros. Éstos deben estar ubicados en sitios estratégicos según el análisis debido lo concluya.

#### **4.2.1. Definición de las tareas y controles a automatizar**

En capítulos anteriores se han mencionado una gran cantidad de controles y procesos a gestionar. Sin embargo cada sistema inmótico varía de aplicación tanto en las tareas a automatizar como en los componentes y estándares a utilizar.

Entre los controles más comunes está el de iluminación, el cual depende de diferentes recursos tanto la luz natural como la energía eléctrica. Además hay otros dispositivos que consumen energía eléctrica, incluso el mismo sistema inteligente.

Por lo tanto es necesario clasificar cada tarea y determinar su prioridad respecto a las demás, esto con el fin de poder definir una jerarquía en el sistema para ejercer un control sobre el edificio de una forma óptima, incluso en casos extremos como en la falta del suministro eléctrico por parte de la red pública.

El resultado de este estudio es la base para poder crear un modelo general del sistema inteligente.

### **4.3. Análisis y diseño**

Sin un sistema inmótico, el control de la iluminación en la noche, por ejemplo, el personal de mantenimiento debe cerciorarse de que estén encendidas las luces necesarias en el edificio; imagínese tener que recorrer un edificio de catorce pisos y de unos 1,000 metros cuadrados de área por piso, con un mínimo de diez interruptores de lámparas independientes; cuando termina con el último piso, las condiciones del momento han cambiado y quizá es necesario apagar o encender algunas lámparas.

Por lo general se opta por hacer evaluaciones a lo largo del día, y se deja encendida una luz -o varias- por un período en caso de que alguien la necesitara.

Hoy en día esto es ineficiente. Hay algunos edificios que cuentan con detector de presencia para iluminar el paso de personas. Otros lugares como tiendas de comida rápida en gasolineras, abren sus puertas al detectar cuerpos, así como en el Edificio del Centro Comercial Pradera en la Ciudad Capital de Guatemala.

Sin embargo, si se detiene frente a las puertas del Comercial mencionado a eso de las tres de la mañana -sin que personal de seguridad haya notado nuestra presencia-, seguramente no se abrirán, claro, no es una hora recomendable. Esto define una regla: el control no siempre será el mismo todo el tiempo, incluso deje de funcionar por determinados momentos del día.

Quizá el detector de presencia perciba la presencia humana, pero no abre la puerta porque el estado del edificio es cerrado. Incluso no es necesario que un sensor de presencia al detectarla encienda la luz, en caso de que sea medio día, ¿cómo lo determina?... Un sensor de luz percibe que ésta es suficiente como para que la persona pueda tener locomoción en el lugar donde se encuentre.

Quizá el detector de presencia en el comercial no esté encendido o simplemente no actúe en una determinada hora. Esta condición que se cumple por lo general está monitoreada manualmente, tan sencillo como un interruptor que inactive todos los sensores de presencia del edificio.

Si se agregan los diferentes controles y la cantidad de sus instancias ya no es tan simple como controlar todo con interruptores, se requiere de verificar ciertas premisas como reglas del edificio, y por qué no dejarlo en manos de un sistema experto para que se encargue de tal gestión e incluso guarde un historial en una base de datos todos los eventos importantes.

En el área del internado de un hospital es mejor que la iluminación sea inteligente, pues es uno de los controles de los que el personal podría desentenderse y ocuparse de otros más críticos como la medición de signos vitales del paciente. Puede mejorarse el control de la edificación en cuanto a la prevención de desastres, el cual no es tan eficiente actualmente, es fácil observarlo en los diferentes hospitales.

Entonces el sistema podría basarse en la detección de movimiento de las personas, tal que el sistema interprete una necesidad de iluminación, quizá por ejemplo, un paciente desea ir al baño por la madrugada, o bien esté sonambuleando, lo que podría enviar una pequeña advertencia al personal que esté encargado de la monitorización del sistema.

Otro control podría ser la prevención de pérdida de agua, un sensor puede determinar que corre el líquido por el desagüe, pero es inadecuado que corriera siempre, lo que indicaría una fuga; claro deben establecerse niveles de humedad apropiados para establecer el nivel de inundación y basándose en esta información el sistema podrá determinar las medidas a tomar.

En días calurosos, con temperaturas ambientales altas, es necesaria la apertura de ventanas y hasta la activación del aire acondicionado luego de haber detectado un nivel de temperatura inadecuado. O por lo contrario si la temperatura es baja, encender el equipo de calefacción.

El sistema debe ser capaz de determinar si es posible la activación del aire acondicionado, ya que es una comodidad que consume el recurso eléctrico y posiblemente hayan otras necesidades con mayor prioridad, y basándose en tales prioridades activar o inhibir la activación de ciertos dispositivos.

Cada condición del ambiente debe ser medida y transmitida de los sensores hacia la central para que el sistema experto determine que acción emprender. Es un aspecto muy importante, pues es una base de hechos necesaria para poder proyectar tendencias de las diferentes variables en el entorno del edificio, como la tendencia de la temperatura, el consumo de energía eléctrica y otros.

Cada tendencia que el sistema pueda proyectar sirve al personal de mantenimiento y administración para poder mejorar el sistema continuamente, y esto alargará la vida del sistema inteligente.

El sistema inteligente se debe organizar en subsistemas. Cada subsistema gestionará el control en las siguientes tareas:

- *Control de iluminación*
- *Control de temperatura ambiental*
- *Prevención de desastres*, entre incendios, inundaciones y fugas y detección de gases nocivos.
- *Gestión de la energía eléctrica*
- *Interfaz con los usuarios*, pantallas para despliegue de mensajes, teclas para petición de un servicio, mandos administrativos y otros.
- *Control Central*, el cual se encargará de la interacción de todos los controles.

#### **4.3.1. Definición de las reglas**

Aplicando la regla: divide y vencerás, se presentan diferentes subsistemas dentro del gran sistema de gestión del edificio, para el cual se pueden declarar las siguientes reglas.

- ***Encender Luz (i)***: si la intensidad de luz tanto del exterior como del interior de “i” dificulta la visibilidad normal y la hora es anterior a la hora del comienzo del descanso.
- ***Apagar Luz (i)***: si la intensidad de luz afuera del lugar “i” es suficiente como para que en el interior de “i” haya visibilidad adecuada. - Parámetro configurable-

- **Alertar Incendio (N):** si hay detección de humo en el sensor del lugar N.
- **Alertar Inundación (X):** si hay detección de agua en el sensor del lugar X activar alarma correspondiente.
- **Apagar Luz (T):** si en el lugar “T” el sensor de presencia en “T” no detecta la presencia de alguna persona.
- **Encender Aire Acondicionado en Frío (i):** si en el espacio “i” el nivel de temperatura ambiental interior de “i” es mayor el nivel adecuado y si la temperatura ambiental exterior “i” es mayor o igual al nivel actual.
- **Abrir Ventanas (i):** si el nivel de temperatura ambiental interior de “i” es mayor al nivel adecuado y si el nivel de temperatura exterior es significativamente mayor al nivel de temperatura adecuado.
- **Racionalizar (i,p):** si existe un límite de consumo -potencia contratada-, desactivar dispositivos con prioridad “p” en el lugar “i”

Se pueden listar muchas otras reglas, pero debe haber un orden, y por eso los lenguajes para desarrollo de sistemas expertos, como lo define la teoría de sistemas expertos, puede asignárseles prioridades por lo regular es un número entero. Luego el sistema debe saber en qué orden ejecuta reglas con la misma prioridad. Por lo regular está previamente parametrizado en la herramienta de desarrollo.

### **4.3.2. Captación de hechos**

La captación de hechos es el conjunto de mediciones de los sensores, y se guardan en una base de datos. El sistema debe parametrizarse para poder determinar cuándo, y cómo tomar datos. Para tales lecturas debe hacer una tabla o tablas para almacenar la información y así también sirva como historial de mediciones. Tales hechos servirán tanto en el momento para que el sistema inteligente de órdenes a los actuadores así como para el estudio de tendencias en los diferentes subsistemas y a nivel general.

Cada medición es importante en la medida que aporte datos significativos mientras transcurre el tiempo, el sistema deberá ser capaz de captarla y procesarla en el menor tiempo posible para que los actuadores sean eficaces.

### **4.4. Herramienta de desarrollo**

El objetivo de este capítulo es definir un modelo a seguir para darle la inteligencia requerida a un sistema inmótico. Dado esto cabe mencionar que existen diferentes herramientas de desarrollo, aunque no tan conocidas. Como ejemplo se puede mencionar EHSIS, que es posible encontrar en la Web y sus autores brindan una versión de evaluación.

La herramienta EHSIS, como lo deberían hacer otras del mismo área, soporta la estructura para desarrollar un sistema experto. Desde la captación de hechos, la declaración de reglas hasta la interfaz con el usuario. De hecho tiene la capacidad de interactuar con bases de datos, lo que es indispensable en un sistema inmótico para la captación de hechos.

Luego el sistema experto puede ser programado para devolver resultados en la misma base de datos para que el sistema controlador pueda leer tal información y así, si los resultados lo determinan por aplicación de reglas, ejercer acciones en los diferentes dispositivos para el efecto.



## 5. UNA SOLUCIÓN INTEGRAL

Se han tratado diferentes aspectos técnicos sobre la automatización llegando a la inmovilización de edificios y se ha descrito los diferentes controles posibles de automatizar en el área de internado dentro de un hospital y que traerían considerables mejoras.

En cualquier proyecto inmótico a desarrollar e implantar se presentan distintas variables, tanto internas como externas, y dadas estas circunstancias cada proyecto presenta más de alguna variación con respecto a los demás. Es difícil enmarcar una red de edificios en un ámbito con las mismas necesidades, y el grupo encargado del proyecto inmótico debe definir los requerimientos básicos y opcionales que presenta cada caso.

Entre los requerimientos básicos previos a la implantación de un sistema inmótico se pueden mencionar:

- **Requerimientos estructurales:** Debe brindar una estructura física adecuada para la instalación de los diferentes dispositivos, para el caso de protocolos que necesiten un bus de comunicación independiente, será necesaria la instalación de canaletas y si el hospital consta de diferentes pisos debe prestar de espacios idóneos para colocar el cable de par trenzado. Si se trabaja con el protocolo X10 debe haber una red eléctrica con voltaje de 110 o 220 voltios, pues los dispositivos se adaptan a ambos; aunque debe estar muy bien distribuida para evitar sobrecargas que afecten al protocolo. Sin importar el protocolo debe haber espacio y conectores para la colocación de diferentes dispositivos como mandos universales, sensores, y actuadores.

- **Protección de picos y descargas electro-atmosféricas:** Como se ha mencionado en el capítulo 2 inciso 2.3.4. es necesario contar con sistema de protección contra sobrecargas. Entre estos se tienen la polarización de la red eléctrica y en el mejor de los casos contar con un pararrayos en la edificación, el cual consta de una estructura de conductores que se insertan en la tierra o el agua y se eleva con una o varias barrillas puntiagudas de metal conductor sobre un metro de la construcción.
- **Fuente de alimentación alterna:** Para las diferentes computadoras personales que puedan llegar a utilizarse, es necesario una unidad de poder alterna -UPS-, para soportar el tiempo de espera que tarda la planta de emergencia del hospital en ponerse en marcha. Tal planta es sumamente necesaria, pues existen funciones del hospital que no pueden subsistir sin el recurso eléctrico.

Entre los requerimientos básicos para el sistema inteligente se pueden mencionar:

- **Prevención de desastres:** ya que en un hospital se trata de recuperar la salud de las personas, debería de haber una mínima probabilidad de ser una fuente de peligro, como la posibilidad de incendiarse o inundarse. Además apoya el cuidado las instalaciones.
- **Gestión de la energía eléctrica:** Pues un rubro fuerte en el funcionamiento del edificio, y si se tiene la tecnología para hacerlo, debe de gestionarse para que el consumo sea el mínimo posible.

Se tratará de establecer algunas soluciones que podrían considerarse modelos para la automatización de edificios, dentro del área de internado de un hospital. En este documento se presenta una clasificación tomada como fundamental que determina en parte el tipo de proyecto que puede desarrollarse: en el ámbito público y el ámbito privado.

### **5.1. Un proyecto inmótico en el ámbito público**

Como se ha mencionado en capítulos anteriores, un proyecto inmótico en el ámbito nacional público parece una meta difícil de alcanzar. Sin embargo existen muchas empresas comerciales que pueden llegar a dar patrocinio a soluciones que apoyen el bienestar de las personas, pues el presupuesto de la nación aún no se presta para promocionar este tipo de inversiones.

Por lo regular los hospitales nacionales cuentan con salas de internado relativamente amplias de acuerdo a lo observado en el Hospital Nacional de Cuilapa, el Hospital Nacional Roosevelt y San Juan de Dios, donde pueden llegar a internarse entre diez y veinte personas por espacio. Incluso, en casos de fuerza mayor, se pueden llegar a internar el doble de personas.

En este caso, el proyecto consistiría en la implantación de un sistema inmótico al edificio. Debe modificarse la estructura de tal manera que permita la instalación de los diferentes dispositivos y bus de comunicación. Esto no debe afectar enormemente la estructura física.

En principio, ya se cuenta con un bus de comunicaciones: la red eléctrica, la cual necesita evaluarse para que no presente dificultades a los diferentes dispositivos.

### 5.1.1. Clasificación de dispositivos por circuitos eléctricos

Para la gestión de la energía, que se resume como el uso eficiente del recurso según se tenga disponible, se debe establecer las prioridades para cada componente del sistema. En un hospital los equipos eléctricos y electrónicos para la toma y seguimiento de signos vitales y otros como equipo para exámenes especializados forman parte de los elementos con mayor prioridad. Se puede dar la misma prioridad a ciertas lámparas que sean críticas para la iluminación de las instalaciones, aunque a ciertas horas del día.

Un requerimiento básico en el proyecto es la prevención de desastres en el edificio, se tienen los diferentes sensores para la detección de humo, humedad y otros. Se clasificarían con la misma prioridad que las lámparas principales. A este nivel se incluirían en este grupo las interfaces para los usuarios administradores del sistema inteligente.

Luego se tienen las lámparas secundarias, las tomas de corriente para aparatos como lavadoras, aparatos de cocina y otros que influyan en el funcionamiento básico del hospital. Si dentro del proyecto se permite la interacción de usuarios operativos -por ejemplo encargados de un subsistema-, se incluirían en este grupo las interfaces para tales usuarios. Se pueden listar otros más:

- **Computadores principales:** Servidores, estaciones de operación, estaciones administrativas.

- **Actuadores:** sirenas, electro-válvulas y otros.

Por último se tendrían los diferentes equipos de entretenimiento e interacción del usuario con menores privilegios en la jerarquía, que seguramente serían los pacientes del internado. Dentro de estos se tienen televisores, paneles de controles para petición de avisos. Se pueden mencionar dentro de estos:

- **Audiovisuales:** televisores, aparatos reproductores de audio y otros.
- **Cafeteras**
- **Paneles con botones** para interacción de los pacientes con el sistema como peticiones de auxilio, solicitud de personal de enfermería y otros.
- **Riego automático de jardines**

Para cada clasificación de dispositivos se pueden establecer circuitos eléctricos con racionalizadores que estarían controlados por el sistema inmótico, quien determinará en su momento la desactivación o activación de los mismos, influido por emergencias como corte de energía eléctrica pública, sobrecarga de circuitos y otros.

### 5.1.2. Adopción del estándar X10

Cuando se utiliza la red eléctrica como bus de comunicación los estándares candidatos idóneos son los que utilicen el estándar X10, ya que es un estándar internacionalmente comercializado y con mucha evolución, lo que permitiría al sistema un mantenimiento y mejoramiento constante. Además se sigue con esto las recomendaciones de Telefónica detalladas en el capítulo 2 para edificaciones existentes.

Si se adopta el estándar X10, se necesitan adquirir los diferentes dispositivos determinados por el alcance que se desee brindar al sistema. Como mínimo, el sistema debería gestionar la energía eléctrica. Luego se tiene el control de ambientación entre iluminación y temperatura ambiental.

Cuando se desarrolla e implanta un sistema inteligente utilizando el estándar X10 se tienen diferentes dispositivos. Ya se han mencionado los sensores. Existen además los módulos universales para controlar un grupo de elementos desarrollados en el mismo estándar. Un módulo universal es un actuador que sirve como relé inteligente para la activación de dispositivos. Emiten órdenes básicas a dispositivos como lámparas, electrodomésticos y otros. Existen los módulos emisores que recogen información de los diferentes sensores y lo traducen al protocolo X10 para que sea leída por un actuador.

Cada sensor, cada lámpara o dispositivo estaría conectado a un módulo X10 receptor según sea su caso. Los actuadores son los motores del sistema, y son los que hacen efectivas las acciones que sean necesarias ejecutar, comandados por los computadores mediante los MODEM PLC. Al igual el estado de la temperatura, el estado de la iluminación en cada espacio debe ser leído y transmitido por los módulos hacia el sistema a través del mismo módem.

### **5.1.3. ¿Cómo ayuda un sistema experto?**

Para tanto control, desarrollar un sistema experto apoyaría las decisiones críticas en tiempo real, como por ejemplo la activación o desactivación de una sirena de alarma.

La estructura de un sistema experto permite establecer las reglas del sistema, y es donde se puede encuadrar por ejemplo la prioridad de los diferentes circuitos de la red eléctrica.

Los hechos en el sistema experto, como se mencionó en el capítulo 4, están conformados por la información recopilada cada cierto tiempo por el sistema mediante los sensores. Por ejemplo, la climatización puede manejarse por un conjunto de reglas dentro del sistema experto, cada medición de la temperatura sería un hecho registrado en la base de datos -base de hechos- y cada cierto tiempo el sistema estaría evaluando las reglas mencionadas y así ejecutar las acciones necesarias.

Por otro lado, se puede controlar la prioridad de las mismas reglas, que tienen relación con el control de los racionalizadores. Evita la programación de software donde tendrían que desarrollarse los diferentes componentes que el sistema experto trae como funciones prediseñadas.

El sistema experto podría estar desarrollado en EHSIS, que es una herramienta para construir sistemas expertos y permite la interacción con bases de datos conocidas.

El grupo desarrollador debería hacer un diseño del sistema, orientado a definir las diferentes reglas que interactuarán con los diferentes componentes de automatización, definiendo sus prioridades y orden de ejecución.

Para hacer que el sistema tenga alta disponibilidad, pues es un factor crítico por ejemplo en el control de prevención de desastres, es necesario que esté distribuido en diferentes subsistemas. Así se puede tener un subsistema que se encargue de cada control fehacientemente mencionado: iluminación, climatización, control de accesos, prevención y administración del sistema.

#### **5.1.4. Administración del sistema inteligente**

Para evaluar la panorámica del sistema debe existir un subsistema dedicado para el efecto. Que se encargue de recabar información para mostrar información a los administradores del sistema inteligente, como por ejemplo, una representación del estado de una lámpara situada en determinado lugar.

El mismo subsistema podría estar gestionado por un software desarrollado en una herramienta convencional -como visual C-, y además debe dar información importante para la gestión del edificio como estadísticas y gráficos de los diferentes aspectos, como por ejemplo el nivel de bióxido de carbono que el sensor ha detectado las últimas horas, la cantidad de personas que han ingresado a visitas cruzada con la cantidad de pacientes y otros.

Esto se logra consultando la base de datos que guarda el historial de sucesos, y ayuda enormemente tanto para la administración en tiempo real como para la planificación de cambios en el sistema. Por ejemplo, si se detecta que en el área de un internado la temperatura se mantiene relativamente alta, talvez sea necesaria la instalación de un aparato más de aire acondicionado o bien, si es al contrario la instalación de un aparato de calefacción.

#### **5.1.5. Administración a gran escala**

Al Ministerio de Salud Pública le es muy útil saber acerca de la situación de los internados. El sistema inteligente puede prestar el servicio de consulta de la panorámica del internado del hospital mediante una aplicación que filtre las diferentes mediciones para poder mostrar en una página Web la situación actual en tiempo real.

Este tipo de administración puede ser un elemento adicional para que desde la jerarquía alta del gobierno puedan incluso llegar a gestionar a mediano plazo el sistema inteligente a distancia, si no se requiere tomar en cuenta desde el inicio.

Tal gestión a distancia es posible creando las conexiones necesarias entre aplicación para el usuario administrador y el sistema inmótico. Como se ha mencionado, para que el sistema trabaje con cierto nivel de inteligencia un sistema experto se encargaría de la evaluación y operación de las instalaciones. La administración puede llevarse a cabo por ejemplo, que una parte del sistema sea un ente consumidor de instrucciones producidas por el ente de administración. Tales instrucciones o solicitudes pueden manejarse a nivel de la base de datos o bien a nivel de archivos planos, y el usuario podrá interactuar con el sistema según las políticas de seguridad.

Cuando se automaticen diferentes hospitales en el país, un mismo administrador podría llevar a cabo tareas de gestión similares, y por ejemplo el Ministro de Salud podrá recibir un informe de la situación ambiental de un hospital que cuente con el sistema en pocos minutos.

## **5.2. Un proyecto inmótico en el ámbito privado**

Se infiere que un centro hospitalario privado cuenta con recursos económicos, al menos con más recursos que en los hospitales nacionales. Esto les permite adquirir tecnología de punta en cierto grado. Si el hospital requiere de una gestión automatizada de sus instalaciones entonces le conviene tratar con inmótica.

Por lo general, en un hospital privado no se cuenta con salas de internado amplias, puede haber salas con capacidad de un paciente hasta cuatro aproximadamente. Sin embargo en estos ambientes importa el confort del cliente.

Los requerimientos básicos de ambientación y seguridad son similares a los tratados en el inciso 5.1. En este caso existe más libertad al elegir el estándar a utilizar. Si el sistema se va a implantar en una construcción existente, la economía se mantiene si se elige la red eléctrica como bus de comunicación.

Se añaden diferentes controles que apoyen al confort que el hospital pueda brindar a su paciente. Entre estos se pueden mencionar:

#### **5.2.1. Ambientación automática**

Este tratará que dentro de la habitación exista una temperatura ambiental agradable e iluminación de acuerdo a las necesidades del paciente. Si el paciente requiere de reposo, posiblemente el sistema debe parametrizar el área para que mantenga una iluminación tenue y sólo incrementarla en caso necesario como por ejemplo en el chequeo médico, toma de medicamentos y otros.

Para el control de la temperatura ambiental se puede apoyar de un controlador del flujo del aire. Además si se cuenta con aire condicionado pueden conjugarse para depurarlo y lograr establecer una temperatura confortable dentro del espacio. Se debe tener mucho cuidado en la forma como está distribuida la red de conductos que controlan el flujo del aire para evitar la proliferación de enfermedades entre los pacientes.

En este control se necesitan sensores de temperatura en sitios idóneos, aunque entre sensores de datos se tengan se puede llegar a promediar la temperatura del lugar de una forma más precisa. Estos sensores son consultados por el sistema para que compare con los parámetros establecidos para la situación y así actúe sobre el control del flujo del aire, si la temperatura de éste es mayor y bastará para alcanzar el nivel adecuado.

Si el aire natural no es suficiente para nivelar la temperatura, en caso que desee disminuirse, el sistema debe actuar sobre el controlador del aire acondicionado para introducir cierta cantidad de aire frío. Si por el contrario el objetivo es elevar la temperatura, el sistema activar la calefacción para aumentarla.

Se trata de dejar en última instancia el uso del equipo de aire acondicionado, pues demanda recurso eléctrico, y mientras su uso se minimice así también habrá disminución de costos en el consumo energético.

Con esto se logra establecer un control continuo de la temperatura ambiental, pues el sistema debería estar siempre activo -24 por 7-.

### **5.2.2. Iluminación automática**

Con sensores de movimiento se puede detectar el cambio de los cuerpos. Esto le permite al sistema verificar si las personas al movilizarse necesitan de iluminación mayor. Lo determina por la magnitud del movimiento que la persona desarrolle. El sistema podría dictar el encendido de una lámpara o bien la apertura de una ventana, según lo tenga parametrizado. Por la noche no se lograría iluminar el espacio abriendo una persiana, o bien en un día nublado.

La mejor alternativa es que con un sensor exterior el sistema determine si la iluminación natural es suficiente como para alcanzar la iluminación deseada en el espacio de internado, donde se tiene un sensor interno que preste la información requerida. Si la iluminación natural no presta la intensidad suficiente, se procede a encender el mínimo de lámparas idóneas para que se alcance el nivel de luz requerido.

No es lo mismo iluminar automáticamente una sala de reuniones que una sala de internado. En la sala de reuniones la presencia -y no el movimiento- de un individuo es necesaria para iluminar el espacio. En una sala de internado, si el paciente requiere de reposo y no es hora de visita, el sistema debería tener como parámetro iluminación mínima en el lugar mientras su movilización sea mínima -unos centímetros-.

Para tal función el sensor de iluminación es consultado por el modulo que lo administra, éste manda la lectura mediante la red eléctrica al módem PLC que se encuentra al computador encargado del subsistema. Parte de la aplicación del sistema inteligente toma la medición y la inserta a la base de datos, luego el sistema experto que hace consultas periódicas a la base de datos detecta la nueva medición, la regla que rige la iluminación del sector es evaluada y arroja el resultado traducido en una acción en la base de datos. Luego la aplicación de control transforma el resultado de la base de datos en una instrucción a enviarse por X10 al dispositivo indicado.

En el caso de la sala de reuniones se utiliza un sensor de presencia, en la sala de internado se utiliza un sensor de movimiento. Y esta es una de las razones porque se insiste en que cada proyecto inmótico presenta algunas variantes con respecto a otros.

Con el control de la iluminación, al igual que con la ambientación, se espera reducir el consumo de energía eléctrica, bajando los costos al utilizar menos el recurso. Al mismo tiempo deja disponible parte de la potencia contratada para que pueda ser utilizado por otro circuito que tenga el mismo nivel de prioridad o mayor.

### **5.2.3. Visita virtual al paciente**

Una comodidad para un hospital es que el paciente pueda ser visitado virtualmente, utilizando Internet. Con una interfaz de video y sonido el paciente podría establecer una videoconferencia con un allegado mediante la red, y esto permite que tal visita sea desde cualquier parte del mundo donde el allegado pueda contar con los mismos recursos de comunicación.

Una cámara de video y un micrófono conectado a un computador podrían dar el recurso audiovisual, y si el sistema además cuenta con información acerca del paciente, podría mostrar del lado del allegado la situación actual en los signos vitales de la persona tratada. Este tipo de servicio sería un atractivo para el hospital, y se convierte en un motivo más para demandar sus servicios, trayendo obviamente un incremento en sus ingresos.

Dado el tipo de información que necesita transmitirse, el computador al que esté conectado el equipo para videoconferencia, es necesaria la instalación de una red local, por simplicidad podría ser con cable RJ45, para poder interconectar todas las computadoras con tal equipo.

Incluso podría observarse la evolución de un recién nacido que por motivos de salud haya sido necesaria su incubación.

Dentro de este tipo de comodidad, es necesario establecer reglas de seguridad, pues no debería estar disponible al público en general, sino que se debe proporcionar a los allegados al paciente y autenticando al visitante.

#### **5.2.4. Control de accesos**

El control de accesos no es nada nuevo. En diferentes edificios ya se cuenta con diferentes sistemas para el control de ingreso y egreso personas y objetos. Se incluye el control de ingreso de metales y por lo general están restringidos a personas autorizadas.

Lo idóneo es integrar este control al sistema inteligente, pues conviene saber la cantidad de personas que hay en determinado lugar, para control administrativo.

El control de accesos, como en cualquier edificio, llevarse a cabo por diferentes medios biométricos, magnéticos y otros. El hecho de que ingrese o no ingrese una persona es responsabilidad de la administración del hospital. Por lo general existen horarios establecidos para las diferentes personas autorizadas, como por ejemplo la hora de la visita, y es en esos aspectos donde el sistema debe apoyar tal control.

#### **5.2.5. Entretenimiento**

La recuperación de pacientes puede apoyarse con video y música. Si es los pacientes están en las posibilidades de poder tener este tipo de comodidad, mediante la colaboración de sicólogos se puede integrar al sistema un conjunto de dispositivos que hagan más agradable la estadía en el internado, definiendo el tipo de entretenimiento adecuado para el efecto.

Por ejemplo la música clásica puede apoyar al relajamiento en caso de tensión, o bien algún tipo de música infantil para el área de pediatría.

De nuevo el sistema debe saber en qué momento es oportuno el uso de este recurso, obviamente tiene menor prioridad en el momento de presentarse emergencias.

Estaría conformado, entre otros, por pantallas que transmitan video y a al mismo tiempo transmitan mensajes de texto con recordatorios, consejos y mensajes de ánimo a los internados.

### **5.3. Telemedicina**

Hoy en día ya se escucha del término *telemedicina*. A continuación una definición según la Organización Mundial de la Salud[7], se entiende por telemedicina:

*“El suministro de servicios de atención sanitaria, en los que la distancia constituye un factor crítico, por profesionales que apelan a las tecnologías de la información y de la comunicación con objeto de intercambiar datos para hacer diagnósticos, preconizar tratamientos y prevenir enfermedades y heridas, así como para la formación permanente de los profesionales de atención de salud y en actividades de investigación y evaluación, con el fin de mejorar la salud de las personas y de las comunidades en que viven.”*

---

7

<http://ww1.msc.es/insalud/docpub/internet/telemedicina/telemedicina.htm>

Si se quiere ir más allá de las visitas virtuales, se puede agregar a nuestro sistema inteligente la medicina a distancia -parte de la telemedicina-, que facilita que especialistas médicos por medio de dispositivos de imagen y sonido puedan hacer observaciones de casos de pacientes para poder evaluarlos y apoyar un diagnóstico y una medicación desde un lugar seguramente lejano apoyándose del Internet.

Esto permite además que el médico pueda saber por ejemplo la temperatura ambiental en que su paciente virtual se desenvuelve y que puede influenciar la salud del mismo. En general, es un complemento que merece el estudio por aparte, y se menciona pues el sistema inteligente para la gestión del internado del hospital facilitaría la prestación del servicio de medicina a distancia.

Esto es posible mediante la agregación de dispositivos más específicos para la toma de señales (como de la presión arterial-, los cuales pueden estar interconectados a un computador que devuelva la información del paciente o bien puede darse con el apoyo de personal médico auxiliar que pueda dictar al médico virtual los signos vitales de la persona en cuestión.

Si el sistema inteligente cuenta con pantallas para despliegues de mensajes, el médico a distancia además puede dar recomendaciones para el cuidado del hospital como por ejemplo recomendaciones para el aseo del internado con nuevos productos de limpieza especializados, anunciar posibles epidemias y medidas a tomar, advertir sobre cierto tipo de medicamentos; toda esta información puede servir de mucho al hospital ya que está llegando de una forma mucho más rápida, que como llegaría con publicaciones hechas por los medios de comunicación convencionales.

Al igual que la visita virtual, la telemedicina depende de Internet, por lo que para ambos casos es obligatorio el servicio con un ancho de banda adecuado para tal comunicación.

La telemedicina apoya muchas áreas de la medicina y entre esas el sistema inmótico puede ayudar con la formación de los profesionales pues los especialistas de otros países pueden compartir su conocimiento, además puede darse a la inversa. En el Apéndice 1 se describen aspectos generales sobre cómo adecuarla al sistema inmótico.

#### **5.4. Consideraciones importantes**

Si un hospital se dispone a implantar un sistema inmótico debe evaluar si en verdad las ventajas obtenidas justificaran los costos asociados, tanto de instalación como de mantenimiento. Seguramente el factor económico predominará en todas las decisiones.

Para el mantenimiento del sistema debe tenerse contratado personal o bien contratar los servicios de alguna compañía que se dedique al campo, aunque en Guatemala no existen empresas que promocionen claramente productos inmóticos, existen las que venden tecnología de punta y a corto plazo podrían empezar a promocionar este tipo de automatización.

Idealmente deben tenerse relaciones comerciales y técnicas con empresas en el extranjero que trabajen con productos inmóticos, tanto para asesoría como para adquirir los diferentes dispositivos requeridos por el sistema inteligente. Al menos existen empresas en Estados Unidos y Argentina.

Debe tomarse muy en cuenta la bondad que permite la automatización de edificios de poder implantar el sistema incrementalmente, pues esto permite facilidad de adaptación de los usuarios al comenzar a convivir con nuevos dispositivos, con muchos de los cuales nunca han tenido interacción. Aunque este aspecto va más allá, se trata de una forma diferente de habitar en un espacio, un cambio cultural importante en un país en vías de desarrollo.

Se sugiere implantar el sistema incrementalmente porque a semejanza de un sistema de software, puede ser probado laboriosamente a fin de depurar cualquier falla para que el sistema funcione en óptimas condiciones. Por ejemplo, si se comienza con la parte de la iluminación automática con estándar X10, deben instalarse las diferentes lámparas y los módulos universales para su control. Además puede acompañarse con la instalación de racionalizadores en los diferentes circuitos para priorizar el uso del recurso eléctrico.

Con el ejemplo anterior se logra eficiencia en el uso de la energía eléctrica en los circuitos y la comodidad de la iluminación delegada al sistema inmótico. Se gana comodidad y se ahorran recursos.

Cada parte del sistema debe tener su respectiva documentación -tanto software como hardware-, desde el proceso de instalación, hasta las posibles adecuaciones, pues esto apoyará las futuras instalaciones como el mantenimiento del sistema.

El sistema podrá crecer tanto como se requiera, pero debe tomarse en cuenta que de la misma manera crecerá la complejidad y puede hacer necesaria una reingeniería del mismo a fin de depurarlo y fundamentarlo para que trabaje en condiciones óptimas.

Con varios estándares desarrollados, las diferentes configuraciones pueden ser muchas. Por ejemplo, podría sacarse lo más ventajoso de cada uno y unirlo en nuestra aplicación, pero debe hacerse el estudio factibilidad para poder implantarlo. Algunos estándares tratan de unificar a otros, pero se observa más en proyectos extensos como en urbanística.

Se han separado los dos análisis entre un proyecto inmobiliario en el sector público y en el sector privado, ya que presentan diferencias importantes al emprender la implantación de tal proyecto. Una de las diferencias importantes - como se ha mencionado anteriormente- es el factor económico, y a este le sigue el tamaño pues presentan variaciones en espacios de forma considerable -varios metros cuadrados-.

Sin embargo no significa que en el sector público no puedan llevarse a cabo instalaciones como la visita virtual, todos los puntos tratados en ambos análisis encajan tanto en el ámbito privado como en el público. Su diferencia principal es la prioridad que tiene cada elemento de control para cada caso, aunque en ambos tienen prioridad la prevención de desastres y la gestión de la energía eléctrica.



## CONCLUSIONES

1. Mediante la inmótica, el internado de un hospital se mejora al delegar controles a un sistema que si se desarrolla, correctamente, hace eficiente la gestión del edificio al llevar a cabo elecciones entre los recursos mínimos de operación y el desempeño deseado, trayendo consigo una mejor atención a los pacientes y ahorro sustancial.
2. Un sistema experto es un elemento clave para que un sistema inmótico complejo pueda desenvolverse eficientemente, ya que, en la forma en que trabaja puede llegar a tomar decisiones justas para una gestión optimizada de los recursos del internado del hospital, convirtiéndose en el cerebro de las operaciones del sistema, pues es el que toma las decisiones al momento de presentarse situaciones no esperadas o bien anticiparse a las mismas.
3. Como cualquier sistema, al adoptar la inmótica, como medio de automatización, deben establecerse planes de desarrollo, implantando el sistema de forma incremental, de esta forma los usuarios asimilarán el cambio, pues nuestra cultura presenta resistencia al cambio .
4. La telemedicina puede adoptarse más, fácilmente, en un sistema inmótico, pues éste cuenta con infraestructura utilizada en proyectos de medicina a distancia. En el Apéndice 1 se describen los pasos para implantarla.



## RECOMENDACIONES

1. Los recursos necesarios para implantar un sistema inteligente dependen en particular de la edificación, la cultura de los usuarios, los recursos con que se cuenten y otros aspectos. Se recomienda estudiar muy a detalle los mismos, para que el día de mañana la solución que se tenga presente beneficios a largo plazo y sean significativos.
2. Dado que la telemedicina cobra auge en el mundo, en hospitales nacionales es útil hacer esfuerzos para implantar un sistema inmótico que incluya los medios para que especialistas de otros países puedan prestar sus servicios, acercándose virtualmente, al paciente y, así, ahorrar esfuerzos de ambas partes.
3. Es necesario separar los casos de hospitales privados y públicos. Cuando se trata de un hospital privado, hacer más confortables sus salas de internado se convierte en un servicio que puede darles una ventaja competitiva, en el sector público se tienen otras prioridades como el control eficiente de los recursos y la atención de pacientes con una considerable mayor demanda.
4. El sistema inmótico debe ser amigable y de fácil interacción, para que los usuarios se interesen en la nueva tecnología; idealmente, gestionado en gran parte por un sistema experto y un grupo de personas bien capacitadas para poder mantenerlo.



## REFERENCIAS

1. Julio César Pérez Guzmán, [esstigma@hotmail.com](mailto:esstigma@hotmail.com), documento titulado "Edificios Inteligentes" publicado en <http://www.monografias.com>
2. Diccionario Enciclopédico Océano Uno, director general de publicaciones Carlos Gispert. Grupo Editorial Océano.1990.
3. <http://www.domotica.net>
4. <http://bulunga.dat.escet.urjc.es:9080/robotica/1018569125/index.html>
5. [www.sisteainteligentes.8m.com](http://www.sisteainteligentes.8m.com)
6. <http://www.homefutura.com>
7. <http://ww1.msc.es/insalud/docpub/internet/telemedicina/telemedicina.htm>



## BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA

1. [http://apuntes.rincondelvago.com/trabajos\\_global/fisica/Benjamin\\_Franklin\\_El\\_Pararrayos.htm](http://apuntes.rincondelvago.com/trabajos_global/fisica/Benjamin_Franklin_El_Pararrayos.htm)
2. [http://bulunga.dat.escet.urjc.es:9080/robotica/1018569125/index\\_html](http://bulunga.dat.escet.urjc.es:9080/robotica/1018569125/index_html)
3. <http://casainteligente.com>
4. <http://sircbaleares.com>
5. <http://www.conleac.com>
6. <http://www.domodesk.com>
7. <http://www.domotica.net>
8. <http://www.homefutura.com>
9. <http://www.insseq.com.mx>
10. <http://www.lotustech.com.ar>
11. <http://www.sisteainteligentes.8m.com>
12. [http://www.cim.unc.edu.ar/Informatica\\_Medica\\_modulo7.pdf](http://www.cim.unc.edu.ar/Informatica_Medica_modulo7.pdf)



## APÉNDICE 1: PASOS PARA IMPLANTAR LA TELEMEDICINA

Entre los pasos para implantar la telemedicina en un sistema inmótico se tienen los siguientes:

1. Antes que nada, todos los posibles involucrados deben adoptar el compromiso acerca de implantar la tecnología. Se debe formar un equipo de trabajo que debe capacitarse acerca de la telemedicina y luego pueda establecer lineamientos del sistema para el hospital y cómo interactúa el concepto en el sistema inmótico. Entre ellos están:
  - a. **Los médicos**, quienes tienen el papel de atender a las diferentes necesidades sanitarias de la población o los clientes, y además con la fuente de alimentación para alimentar las bases de datos del sistema.
  - b. **Los auxiliares médicos**, que son quienes están involucrados casi tanto como los médicos, y que por lo regular dan seguimiento y monitoreo a los pacientes.
  - c. **Los Ingenieros Informáticos**, que deben trabajar en la arquitectura, logística y desarrollo del sistema inmótico, así como promoviendo la conformación del equipo.
  - d. **Las autoridades sanitarias**, para que puedan establecer reglamentos de uso y que el gobierno pueda seguir de cerca los avances.
  - e. **Inversionista** -en el sector público, el gobierno; en el sector privado la junta directiva de accionistas- y los pacientes.
  - f. **Los representantes del hospital**, quienes administran las instalaciones, como el Director, Jefe de Mantenimiento, Jefe de Seguridad y todos los que tengan un papel importante dentro del hospital.

2. Elaborar un plan de desarrollo, tomando en cuenta las áreas a cubrir y definiendo cuándo y cómo se echarán a andar los diferentes servicios y qué elementos son necesarios para llevarlos a cabo. Para establecer fechas o plazos deben tomarse en cuenta el aprendizaje del equipo, la disponibilidad de los diferentes elementos electrónicos, la modificación o instalación de las redes de electricidad y comunicaciones y la disponibilidad de los recursos económicos.

Entre las diferentes áreas se tienen las tres listadas a continuación que a su vez se subdividen en otras:

**a. Telemedicina Clínica**

- i. **Tele Radiología**, que es la gestión de imágenes relacionadas con radiologías, compartiéndolas entre especialistas -en diferentes ubicaciones- de la rama para su análisis y diagnóstico. Debe contarse con aparatos de radiología con capacidad para digitalizar las imágenes para transmitirlos al computador o bien con escáner de alta capacidad. Otras áreas que dependen de la gestión de imágenes son Tele Dermatología, Tele Oftalmología, Tele Patología, Tele Citología, Tele Endoscopía.
- ii. **Tele Cardiología**, que por medio del envío de registros electrocardiográficos ofrece información para el diagnóstico, que además puede estudiarse en forma estadística para la prevención de infartos.
- iii. **Tele Monitoreo**, que es la posibilidad del médico o personal responsable de observar a distancia la evolución de un paciente. Es necesario contar con instrumentos biométricos de toma de signos vitales -termómetros,

cámaras y otros-, que resuman en una pantalla toda la información correspondiente.

- iv. **Tele Cirugía**, que tiene dos posibilidades, la cirugía robotizada y la quía de un médico muy experimentado a otro con menos experiencia. En el primer caso se necesita un complejo sistema de componentes electromecánicos, en el segundo se puede llevar a acabo con una videoconferencia -cámaras, micrófonos y otros-
- v. **Tele Trauma**, si el especialista de traumatología no está físicamente cerca, un auxiliar médico puede recibir instrucción a distancia, para proceder con la emergencia.
- vi. **Medicina de Desastres**, ya que en los desastres es difícil y/o costoso movilizar el equipo médico sofisticado al lugar o bien una gran cantidad de víctimas a los centros especializados. Por lo que debe contarse con infraestructura adecuada como la inalámbrica para la comunicación entre los puntos.

#### **b. Telemedicina Educativa**

- i. **Tele Conferencias**, que es la comunicación con video y audio que soporta diferentes áreas de la telemedicina. Debe contarse con cámaras y micrófonos digitales, y sobre todo con una comunicación con buen ancho de banda de modo que la información viaje sin problemas.
- ii. **Inter consultas**, talvez no es necesario ir con el médico por molestias o dudas sobre salud. Puede llevarse a cabo mediante la red una consulta que puede ser atendida de inmediato o bien postergarse un poco, dependiendo de la emergencia y la especialidad.

- iii. **Educación a distancia**, los especialistas pueden impartir sus cursos; a veces hay dificultad en concentrar a todos los estudiantes del área, por lo que se puede llevar a cabo desde un lugar determinado hacia los diferentes puntos geográficos. En este servicio está involucrada la Teleconferencia.
- iv. **Actualización médica**, que consiste en la publicación metódica y ordenada de conocimientos actualizados, disponibles para los médicos y auxiliares.
- v. **Medicina preventiva**, que consta de la presentación de medidas para prevenir recaídas de salud. La teleconferencia puede apoyar en esta área. La información contenida en éste área también es útil en el caso de Medicina de Desastres. La medicina preventiva depende del estudio epidemiológico.

**c. Telemedicina Estadística y / o Administrativa**

- i. **Tele Epidemiología**, para el control de epidemias entre diferentes lugares, que tiene que ver con las alertas y datos de las epidemias y sus características. Es soportada por la teleconferencia.
- ii. **Sistemas de auditoría**, para el control del personal médico y procesos en los hospitales.
- iii. **Adquisición de datos médicos**, para el apoyo de la investigación y la información estadística a científicos.

Todas las áreas de la telemedicina mencionadas deben contar con el soporte intrínseco que es una red de comunicaciones con capacidad para adherir al sistema diferentes aparatos electrónicos para lectura o

escritura de información médica -como en un sistema inmótico-, así como un sistema de información para que pueda ser consultada y alimentada por el personal médico. Muchas áreas que se mencionan son soportadas por otras, por este motivo solamente se listan dentro del conjunto.

Dependiendo de las áreas que se deseen cubrir -parte de la decisión tiene que ver con los límites de recursos-, así se necesitará de uno u otro elemento y en ciertas cantidades.

3. Establecer lazos estrechos con las diferentes entidades que han implantado la telemedicina, como por ejemplo con Hospitales de España, y así poder compartir experiencias y conocimiento de modo de no cometer los mismos errores y avanzar con pasos más certeros.
4. Definir la infraestructura de software y hardware necesarios para soportar el sistema, tomando en cuenta los elementos indispensables en la telemedicina dependiendo de las áreas a cubrir, como monitores de alta resolución, conexiones dedicadas a Internet, sistema de mensajería, bases de datos -involucran datos visuales y de audio- y otros.
5. Debe trabajarse la parte cultural. Se debe hacer conciencia sobre los beneficios que conlleva la implantación de la telemedicina, para que sea apoyada y sobre todo utilizada por los involucrados. Y así mejorar las condiciones de salud de los pacientes en algunos casos de una forma más cómoda. Debe hacerse una promoción de los servicios que presta el hospital y sobre todo resaltar las ventajas que tienen los cambios tecnológicos para su salud. Por ejemplo con personas con mayor conocimiento informático se tienen los primeros candidatos para establecer consultas a distancia. En el caso de las personas que no cuentan con un nivel de conocimiento informático elevado debe de

trabajarse en pequeñas instrucciones para interactuar con el sistema, mostrándole siempre las ventajas y la oportunidad de aprender.

6. Capacitar al personal acerca del uso del sistema, el cual tendrá un complejo número de roles y usuarios para el uso y administración de los recursos. Entre los roles se tienen:

- a. Administradores -entre ellos se incluyen informáticos, gerentes y otros-
  - i. Administradores de Equipo
  - ii. Administradores de Bases de Datos
  - iii. Administradores de Acceso
  - iv. Administradores de Conexiones y de Red
- b. Operadores -entre ellos se incluye al personal médico-
  - i. Digitadores
  - ii. Procesadores
- c. Mediadores -como en foros, consultas y otros-
- d. Pacientes

7. Formar una comisión de investigación en materia de telemedicina y tecnología, con el fin de poder adaptar las nuevas aplicaciones en el sistema inmótico.

8. Dentro del área de Sistemas de Auditoría debe estudiarse la información histórica para elaborarse estadísticas acerca de la situación sanitaria en diferentes aspectos, pues estos datos ayudarán a la alta gerencia en la toma de decisiones. Entre la información puede estudiarse está el recetario, el diagnóstico, datos de defunciones, datos de nacimientos, control de inventario de medicinas y suministros médicos y otros. Por

ejemplo, puede estudiarse el conjunto de síntomas presentados por personas que murieron de cierto tipo de enfermedad, así como los medicamentos suministrados contra las personas que fueron curadas o establecidas.