El mantenimiento en el hospital del año 2000

D. JOAN MIRO I BEDOS. *Institut Cerdá*

1. El hospital del 2000

De forma breve, pues el foco de esta ponencia está centrado en los aspectos relativos al mantenimiento de este tipo de edificios, se describen a continuación los factores claves que definirían el "hospital del 2000".

El "hospital del 2000" debería poder encuadrarse en lo que ha venido a denominarse (sin excesivo rigor técnico, aunque con evidente fortuna desde el punto de vista comercial) los "edificios inteligentes". Desde nuestro punto de vista, un edificio inteligente u hospital del 2000 debe tener como primera característica el tratar de ser *"mejor"* que los edificios u hospitales actuales. Este vago atributo de "ser mejor" se concreta en el uso amplio de tecnologías "nuevas", pero de comprobado funcionamiento (al menos en países más avanzados que el nuestro).

Así, los tres factores claves que definirían un "hospital del 2000" u "hospital inteligente" serían los siguientes:

- *flexibilidad* del edificio
- *tendencia a la integración* de servicios técnicos o instalaciones
- *diseño:* exterior (arquitectónico) e interior (arquitectónico, ergonomía y planificación del espacio).

La flexibilidad es la principal característica de un edificio inteligente, ya que si un edificio es flexible tiene la capacidad de poder incorporar los elementos necesarios para poder ser catalogado como inteligente a lo largo de toda su vida útil. La flexibilidad en un edificio se caracteriza básicamente por dos atributos principales:

1) Capacidad para poder incorporar nuevos o futuros servicios.
2) Capacidad para poder modificar la distribución física, sin perder el nivel de servicios disponibles.

El segundo factor clave en la caracterización de un edificio inteligente es la *integración de servicios*. Esta tendencia a la integración de servicios tiene dos grandes vertientes:

1) Integración del control, gestión y mantenimiento de todos los sistemas y servicios del edificio, automatización de la actividad sanitaria y telecomunicaciones. Podría denominarse también interfuncionamiento automático entre sistemas y servicios técnicos.
2) Integración de las infraestructuras de cableado, combinando en un determinado sopor-

te físico señales de varios sistemas distintos. Esta forma de integración implica en cierta forma un paso más que la anterior, ya que si se da una integración física del cableado que transporta distintas señales, es de suponer que dichas señales son controladas y gestionadas por un único equipo.

En cualquier caso, los servicios que se pueden encontrar en un edificio inteligente pueden clasificarse en cuatro grandes áreas generales:

- *Automatización del edificio*: incluye el control, la gestión o uso óptimo, y el mantenimiento de los distintos sistemas de ingeniería del edificio: servicios básicos, sistemas de control, seguridad, optimización del consumo energético (importantísimo en hospitales), etc.

- *Automatización de la actividad sanitaria*: uso de sistemas electrónicos para proveer transmisión, almacenamiento, recuperación y procesamiento de datos, textos, gráficos, imágenes, etc., de un modo rápido y eficiente, control de instalaciones especiales como conducciones de gases (oxígeno, protóxido de nitrógeno, vacío, etc.), autoanalizadores de diversas constantes vitales, terminales de bolsillo, etc.

- *Telecomunicaciones*: normalmente basadas en sistemas digitales de conmutación de voz y datos a gran escala y sistemas de radiobúsqueda.

-*Planificación ambiental*: cuyo principal objetivo es el de crear un lugar de trabajo con un entorno de alto nivel desde los puntos de vista térmico, visual y auditivo.

El tercer factor clave en la definición del modelo de edificio inteligente es el *diseño*, en el que cabe distinguir dos grandes ámbitos:

- *Exterior*, básicamente diseño arquitectónico.

- *Interior*, relacionado con arquitectura, ergonomía y planificación del espacio.

Una primera consecuencia de lo anterior es que un *edificio inteligente debe estar diseñado ergonómicamente*.

En este contexto, los sistemas técnicos o instalaciones estarán gobernados mediante un determinado paquete o aplicación informática particular (GTC o Gestión Técnica Centralizada). Los diversos sistemas de control, gobierno o gestión de estas instalaciones deberán ser capaces de *interaccionar y armonizarse* para producir aplicaciones integradas (avanzadas, "inteligentes", etc.), que confieran al edificio una de las características básicas, desde el punto de vista tecnológico, para ser "inteligente". Se ilustra en la figura siguiente.

2. El Servicio de Mantenimiento

2.1 Definición

En el congreso internacional de la OCDE de 1963, se definió el concepto de mantenimiento como:

"El control constante de las instalaciones así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de las instalaciones productivas, servicios e instrumentación de los establecimientos".

Al implementar programas o planes de mantenimiento, se pretende conseguir una adecuada conservación y optimización de los recursos físicos en una triple vertiente:

- *Recursos patrimoniales*. El mantenimiento implica una protección de los elevados inmovilizados materiales que representan tanto los elementos estructurales como las instalaciones y sistemas al combatir su desgaste y obsolescencia.

- *Recursos financieros*. Es decir, los asociados al valor económico de los sistemas productivos y de soporte a la actividad sanitaria, en este caso.

- *Recursos humanos*. La conservación del entorno de trabajo incide directamente sobre la productividad laboral del personal sanitario, y sobre la calidad de la asistencia prestada a los pacientes; por otra parte, las instalaciones en malas condiciones pueden ser causa de accidentes.

El hecho de no ofrecer el servicio de mantenimiento al nivel más alto posible se refleja, a nivel económico, tanto en inversión en equipos como en coste de reparaciones. Hay otros factores en los que puede influir decisivamente el servicio de mantenimiento, más difícilmente cuantificables, pero de capital importancia, como son la calidad del servicio sanitario prestado y la imagen ofrecida al exterior.

En el contexto de esta ponencia, es decir, "los hospitales del 2000", los *factores* básicos que justifican la necesidad de llevar a cabo programas y actividades de *mantenimiento* son los siguientes:

- El creciente coste de los recursos inmobiliarios, instalaciones y sistemas técnicos que obliga a una utilización completa y racional de los mismos en condiciones de máximo rendimiento.

- Las consecuencias negativas que tienen los paros de cualquiera de los sistemas de soporte sobre el servicio sanitario prestado.

- La complejidad tecnológica y los progresivos niveles de interfuncionamiento alcanzados entre los distintos sistemas.

Por otro lado, la propia *magnitud económica* de los costes de explotación y mantenimiento obliga a prestar especial atención a su adecuada gestión. En efecto, diferentes fuentes indican que:

- Los gastos directos de mantenimento no son inferiores en promedio al 5-10% del capital inmovilizado.

- Repartidos en cincuenta años, que es la duración media del ciclo de vida de un edificio, estos costes representan un 75% del coste global del edificio (con respecto a la construcción que representa sólo un 20%).

2.2 Objetivos generales del mantenimiento

La máxima eficiencia de un servicio de mantenimiento se consigue cuando la disponibilidad de una instalación es máxima al mínimo coste. De lo expuesto hasta el momento, se puede deducir que los principales objetivos del servicio de mantenimiento son los siguientes:

- Alcanzar unos costes de funcionamiento mínimos (con una explotación racional).

- Limitar la degeneración de los equipos (o maximizar la longevidad de las instalaciones).

- Acumular la información generada por la propia actividad de mantenimiento creando un

archivo histórico que sirva para potenciar los dos puntos anteriores.

- Adaptarse con flexibilidad a las exigencias de la organización sanitaria (y reducir las tareas administrativas).
- Cumplimiento de la normativa vigente.

2.3 Tipos y evolución de las actividades de mantenimiento

Se pueden distinguir cinco actividades relacionadas con el mantenimiento:

- *Control de repuestos y gestión de compras*: Las tareas asociadas al mantenimiento implican el uso de material diverso. Es básico que dicho material esté disponible en el momento de llevar a cabo la tarea; por ello es necesario combinar adecuadamente un riguroso control de los stocks disponibles con una eficiente gestión de compras de nuevas unidades.
- *Mantenimiento correctivo*: Se interviene cuando aparece el fallo reparando las causas que lo han originado.
- *Mantenimiento preventivo (sistemático)*: Se interviene con una cierta frecuencia, teniendo en cuenta la duración de vida de las instalaciones, tomando medidas para evitar la aparición de fallos.
- *Mantenimiento predictivo (o preventivo condicional)*: En los casos en los que se pueda relacionar o bien la aparición del fallo o bien el desvío de las condiciones de funcionamiento óptimas con una o varias magnitudes, éstas se monitorizan de un modo continuo. Cuando se acerca el punto crítico, se interviene, retornando a las condiciones adecuadas. El alejamiento de las condiciones óptimas de operación se puede medir a través del consumo de energía, vibraciones, temperatura, presión, etc.
- *Diagnóstico*: La historia de averías y sus orígenes posibilitan el establecimiento de unas reglas causales, con probabilidad asociada. De ahí se obtiene un Sistema Basado en el Conocimiento (Sistema Experto) que ayuda al diagnóstico cuando se presenta una avería o serie de averías. Es útil para instalaciones complejas, donde la relación entre la avería y sus motivos no sea evidente.

El orden en que se han enumerado estas actividades se corresponde, aproximadamente, con el orden histórico de aplicación de los distintos tipos de mantenimiento. Por otra parte, se puede observar que, siguiendo el mismo orden, aumentan los requerimientos tecnológicos necesarios para llevar a cabo las distintas tareas, ya que los equipos técnicos precisos para realizar un mantenimiento predictivo o un diagnóstico son mucho más complejos que los que se usan en un mantenimiento correctivo.

Inicialmente el único tipo de mantenimiento que se hacía era el correctivo. En una segunda fase, se realizaron revisiones periódicas de los equipos para verificar su buen estado de funcionamiento. En muchos casos, no obstante, existía una falta de criterio que hacía que los recambios se llevaran a cabo sin que los equipos estuvieran realmente dañados, lo cual originaba que el coste de este tipo de mantenimiento preventivo fuera muy elevado.

En el "hospital del 2000" se debería poder utilizar métodos para evaluar el *estado real* de los equipos analizados. Gracias a la disponibilidad de aparatos electrónicos de control y a la utiliza-

ción de ordenadores en sistemas de mantenimiento, han aparecido conceptos como el denominado *Condition Based Maintenance* (ver apartado 3.3.1) según el cual la intervención depende de las condiciones reales del componente –que son verificadas de un modo casi continuo– y de la fiabilidad del sistema. Se trata, pues, de tareas relacionadas con el mantenimiento predictivo o preventivo condicional. No obstante, hay que indicar que la automatización de las instalaciones y la disponibilidad de información sobre ellas en tiempo real no soluciona de por sí el problema de su mantenimiento. *Es necesario diseñar un programa* que utilice dicha información para mantener en buen estado los distintos sistemas.

2.4 Características del Servicio de Mantenimiento

2.4.1 Características tradicionales del servicio de mantenimiento

Existen una serie de aspectos que, en general, caracterizan los recursos organizativos dedicados al mantenimiento que es importante conocer para poder adecuar nuevas herramientas que mejoren la gestión del mismo.

- *Objetivos claros*: Las actividades del mantenimiento tienen un claro objetivo a cumplir: minimizar la degeneración de los equipos y el coste asociado a las posibles alteraciones en el funcionamiento y potenciar la recolección de información sobre las instalaciones teniendo en cuenta los requerimientos de la actividad.

- Existen *funcionalidades específicas*: Por una parte tiene necesidades propias de información para llevar a cabo sus tareas; por otra, hay que aceptar que en muchos casos ha sufrido una cierta marginación organizativa, por diversos motivos que no se analizarán aquí, entre los que cabe destacar la tendencia a la subcontratación de dichas actividades.

- *Diversas fuentes de información*: La información que precisan los responsables de mantenimiento suele ser dinámica y no ajustada, algunas veces, a estructuras predeterminadas.

- *Intervenciones poco planificadas*: En muchas ocasiones, las intervenciones de mantenimiento han sido mayoritariamente urgentes, al no existir planificación adecuada de las mismas dándose preferencia a tareas de tipo correctivo frente a las preventivas.

- *Personal no habituado a la informática*: Es esencial que las herramientas que se le proporcionen sean fáciles de utilizar (informática dirigida al usuario).

2.5 La gestión del mantenimiento

La gestión del servicio o servicios de mantenimiento tiene 4 factores claves, alrededor de los que estructurar una estrategia de mantenimiento adecuada y eficiente:

- Contratación de trabajos.
- Recepción de avisos.
- Control y/o auditoría del servicio.
- Planificación.

Contratación de trabajos

Hay dos grandes formas de contratar o ejecutar los trabajos de mantenimiento:

- La propia entidad dispone de personal para cubrir la totalidad del servicio.

- Sistema mixto: no se dispone de la totalidad de personal necesario y se contratan servicios externos.
- Se contratan los servicios totalmente con empresas externas.

Recepción de avisos

Por lo que a recepción de los avisos o incidencias se refiere, hay dos grandes modelos:

- Servicio centralizado.
- Servicio descentralizado.

Control y/o auditoría del servicio

Tal como dice Peter Drucker, "*if you can't measure it, you can't manage it*", es decir, "si no puedes medirlo, no puedes gestionarlo". Cualquier esquema de gestión debe considerar la cantidad, forma y frecuencia de obtención de la información suficiente como para poder valorar el servicio prestado. En este sentido, es importante destacar que la simple mesura puede no ser completa y/o adecuada en algunos casos. En efecto, los datos por sí solos pueden no informar de lo que esperamos saber, o pueden no ser suficientes para tomar una determinación. Según Tony Thomson, hay una muy importante diferencia entre *datos, información y conocimiento*. Así, un conjunto de datos coherentes da lugar a información, y un conjunto de informaciones estructuradas bajo un determinado criterio, conduce al conocimiento.

La complejidad y alcance que este tema puede llegar a representar en un "hospital del 2000" hacen del todo imprescindible el uso de herramientas informáticas, que son objeto de análisis en los apartados que siguen.

Planificación

La importancia de la actividad o servicio de mantenimiento en el entorno considerado, exigen la implantación de herramientas orientadas a mejorar la planificación de estas actividades. Tal como se ha indicado en el apartado anterior de control y auditoría –muy ligado a éste– se hace necesario introducir programas informáticos que faciliten y en cierta forma posibiliten una planificación que conduzca a un mantenimiento cada vez mejor.

2.6 La informatización del Servicio de Mantenimiento

En primer lugar, cabe señalar algunos *puntos críticos* relacionados con la informatización del mantenimiento:

- Riesgo de un exceso de información proporcionado por el sistema.
- Necesidad de siempre poner al día el hardware y software.
- Se requiere un nivel de competencia más alto por parte del personal.
- Coste elevado del software.

Sin embargo, el lanzamiento de un programa de mantenimiento riguroso en el que se creen archivos históricos tanto de actuaciones correctivas como preventivas y donde la vertiente preventiva esté debidamente planificada puede producir las siguientes consecuencias:

1. Mejorar la gestión de los recursos disponibles.
2. Proporcionar más información a los responsables del mantenimiento.
3. Reducir y analizar los costes.
4. Ayudar a la actuación y la planificación.

5. Otras consecuencias:
   - Adquisición de prestigio por parte del Servicio en el seno de la empresa, potenciando su imagen y eficacia, y elevando el nivel técnico del personal. Mantenimiento se puede convertir en una fuente transparente de datos, rompiendo con la creencia de que es un lugar de acción sin control ni planificación. Esto podría permitir romper con la marginación organizativa.
   - La informatización permite al Servicio de Mantenimiento evolucionar de acuerdo con las exigencias que los nuevos entornos competitivos requieren.
   - Se evita la discontinuidad en los criterios de mantenimiento si cambia o bien el personal de ejecución o bien la empresa subcontratada.

3. El mantenimiento asistido (avanzado) por ordenador

3.1 Objetivos y características generales de un sistema de MAO.

Los objetivos generales de un sistema de MAO son los siguientes:

-Tener una filosofía de organización del servicio sencilla y adaptable a los casos más complicados, es decir conciliar ser flexibles y particularizables.

- Ser sencillo de poner en marcha y explotar, ser adaptado a personal poco habituado al manejo de aplicaciones informáticas.

- Permitir una adecuación simple de cada uno de los puestos de trabajo (usuarios) a las funciones a desarrollar con el sistema informático. Por ejemplo cuidar de que no puedan existir dificultades por un manejo excesivo de menús y recorridos a través de los programas que son de su competencia.

- Facilitar una implantación armónica según las necesidades presentes y futuras de cada empresa.

Desde *el punto de vista funcional*, el principal objetivo del programa es la *planificación* de los trabajos y la simulación de las distintas alternativas. Para ello recibe diversas informaciones en función de las cuales propone las actividades a realizar. Esta capacidad de simulación permite al usuario la realización de pruebas que, incorporando las restricciones de operación reales, permiten analizar las distintas opciones de gestión de los recursos dedicados al mantenimiento; los resultados de dichos ensayos se visualizan tanto numérica como gráficamente.

Por otra parte, la principal característica de los paquetes informáticos de MAO es el hecho de que las distintas tareas llevadas a cabo comparten la información disponible. Este rasgo hace que dichas tareas estén integradas de un modo efectivo dentro de la aplicación.

Está estructurado en torno a las distintas tareas de mantenimiento. Esto le permite tratar de forma integrada todos los apartados relacionados con el mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo, gestión de stocks y compras de repuestos, costes, órdenes de trabajo, historiales, recursos humanos internos y externos, análisis de defectos, etc. y diagnóstico de averías.

3.2 Descripción de la arquitectura de un paquete de MAO.

3.2.1 Estructuración de la información y aplicaciones horizontales o estándar

Los principales archivos y/o bases de datos que forman la información utilizada por las distintas aplicaciones con que cuentan estos paquetes son los siguientes:

- Información económica y técnica sobre los repuestos.
- Informaciones relativas al personal.
- Parque de instalaciones a mantener.
- Contratos de mantenimiento con empresas exteriores.
- Seguimiento de los trabajos.

Las aplicaciones horizontales o estándar principales, utilizadas por el paquete son las siguientes:

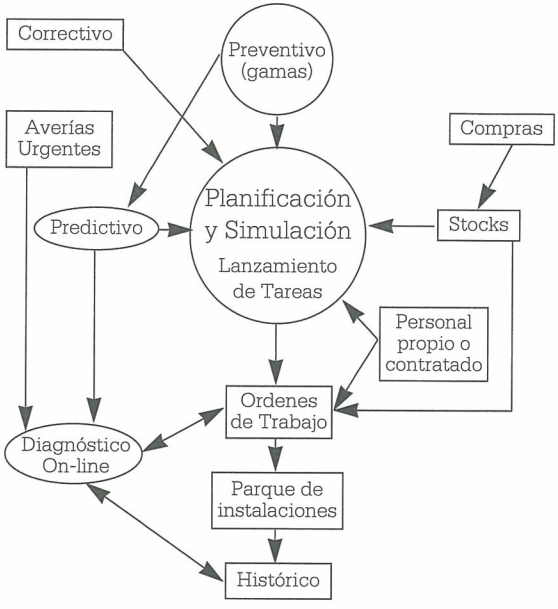
- Gestor de base de datos, para permitir diversos modos de acceso y búsqueda de la información.
- Hoja de Cálculo y paquete de análisis estadístico para generar ajustes automáticos de los datos y todo tipo de estadísticas, análisis de evolución, etc.

3.2.2 Módulos de un MAO

Como ya se ha comentado, los paquetes de MAO suelen estar estructurados en torno a los distintos tipos de actividades del mantenimiento:

- Control de repuestos y gestión de compras.
- Personal.
- Parque de instalaciones.
- Ordenes de trabajo.
- Histórico.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento predictivo.
- Diagnóstico.
- Planificación, simulación y lanzamiento de tareas.

El esquema mostrado a continuación ilustra las relaciones entre los mencionados módulos.



Control de repuestos y gestión de compras: Con el módulo de control de repuestos se pueden describir todas las características que identifican cada uno de ellos tanto técnica como económicamente, realizar búsquedas por características de materiales, recuentos, ajustes automáticos de inventario, valoraciones multicriterio de almacenes, movimientos de entrada, salida, transferencias y regresos. Otra alternativa existente es la de controlar un "almacén fic-

ticio" en el caso de que algunos materiales sean suministrados por las empresas subcontratadas. Para cada una de estas aplicaciones se pueden facilitar estadísticas y gráficos (gráfico de uso de los stocks, de salidas por centro de coste, de valoración de almacenes, etc). En la opción de gestión de compras se pueden realizar actividades como: emisión de pedidos a proveedores, seguimiento de pedidos, recepción y devolución de materiales, grabación de facturas, etc. Se puede también gestionar un listado de distintos proveedores, y generar gráficos de compras.

Personal: El módulo de personal gestiona información sobre los recursos humanos disponibles tanto propios como susceptibles de ser subcontratados. Los operarios pueden ser agrupados en oficios y categorías, pueden definirse tipos de horas de trabajo valoradas a un coste por tipo de hora y oficio, obtener organigramas, determinar disponibilidades para la ejecución de trabajos preventivos o correctivos, etc.

Parque de instalaciones: En el apartado de parque de instalaciones se localizan y se identifican los equipos a mantener realizando las agrupaciones funcionales y económicas que sean necesarias (zonas, familias, centros de coste, etc.). Se realiza también el seguimiento de estados de los equipos.

Ordenes de trabajo: En este módulo se crean las órdenes de trabajo pormenorizadas generadas, tanto automáticamente (preventivo y predictivo), como manualmente (correctivo). Se gestiona un registro de la naturaleza, clase y tipo de los trabajos (estándares de intervención, partes de trabajo por operario, por orden de trabajo), se archivan las intervenciones ejecutadas y se realiza adicionalmente tanto una valoración permanente de las órdenes de trabajo, como feedbacks de los mismos (para cada intervención se archiva un acta del trabajo efectuado o no, de las razones de la no ejecución, de los problemas encontrados por los operarios, del tiempo efectivamente empleado, etc., que permite mejorar la definición de los órdenes de trabajo).

Histórico: El archivo histórico se genera de un modo automático mediante el uso de las distintas opciones del programa. Dicho histórico permite todo tipo de consultas tanto por parte del propio usuario como por parte de los distintos módulos de la aplicación. Se pueden obtener informes relativos a análisis de costes, gráficas de evolución de tiempos de intervención y paradas, análisis de respuesta del mantenimiento, fiabilidad, registros históricos elemento por elemento, análisis de eficacia y rendimiento de los recursos humanos, análisis de defectos, etc.

Mantenimiento preventivo: El módulo de mantenimiento preventivo estructura el conjunto de gamas u operaciones cíclicas de mantenimiento incluyendo las instrucciones operativas, necesidades de recursos humanos y materiales, y tiempos de parada y ejecución. Las operaciones cíclicas se pueden determinar a partir de un calendario (tiempo de vida del equipo) y/o

de contadores (tiempo de funcionamiento). Puede generar, además, libros de Gamas y Normas, plannings gráficos, listados y herramientas impresas de consulta.

Mantenimiento predictivo: El módulo de mantenimiento predictivo integra la información obtenida del equipo supervisado y, mediante ajustes lineales o exponenciales, estima la fecha en que dicho elemento sobrepasará un nivel de alarma determinado. Este análisis se puede representar gráficamente y permite minimizar las paradas de revisión y los costes asociados (se puede considerar que se realiza una revisión constante), así como alterar la planificación de una forma interactiva.

Diagnóstico: El sistema de diagnóstico está basado en la aplicación de un sistema experto al área de mantenimiento. Por medio de un método de preguntas y respuestas, y utilizando los datos del archivo histórico, se pueden prever las posibles causas de una avería antes de acudir a repararla.

Planificación, simulación y lanzamiento de tareas: Este módulo sirve para llevar a cabo los diferentes procesos de planificación, simulación, cálculo de necesidades, y lanzamiento automático de órdenes de trabajos preventivas. Se puede planificar por unidad o grupo de equipos, con ciclos basados en calendario y/o contadores. El usuario puede añadir a los procesos de simulación restricciones de capacidad real y realizar varios tipos de ensayos y pruebas, observando los resultados previsibles.

3.3 Posibilidades más avanzadas ofrecidas por el MAO

3.3.1 Monitorización continua y mantenimiento predictivo

Como se ha comentado en el apartado 2.3, en la actualidad ya se tiende a realizar tareas de mantenimiento basadas en las condiciones reales de los distintos equipos (condition-based maintenance). Este tipo de actividades se encuadran dentro del mantenimiento predictivo, muy importante en edificios avanzados, entre los que cabría encuadrar a los "hospitales del 2000".

En general, un aspecto importante a considerar antes de implementar un sistema de monitorización continua de mantenimiento es la frecuencia de visitas a los equipos por razones que no tienen nada que ver con su estado. Si esta frecuencia es alta, puede no valer la pena implementar sistemas de mantenimiento basados en las condiciones de funcionamiento del elemento, puesto que dichas condiciones ya son verificadas por razones ajenas a las de mantenimiento.

Otro aspecto relevante es el análisis del posible ahorro de energía que se puede producir al instalar elementos de monitorización. Hay que tener en cuenta que muchos equipos electromecánicos (bombas, compresores, etc.) pueden funcionar lejos de su punto óptimo de operación de un modo continuo; en estas condiciones, su consumo de energía se dispara.

Un sistema de mantenimiento eficiente debe comprender una parte preventiva sistemática (o cíclica), basada en la duración de vida del equi-

po o el tiempo de funcionamiento, y una parte preventiva.

En el caso en que una planificación de las intervenciones basada en tiempos de funcionamiento es más eficiente desde el punto de vista económico que el mantenimiento predictivo, y que se puede medir el tiempo de funcionamiento del equipo, se escogerá este tipo de planificación (por ejemplo, planificación de la lubrificación de máquinas).

A continuación se mencionan algunas posibles aplicaciones de la monitorización continua de distintas variables:

- Monitorizando los circuitos de control eléctricos se pueden detectar pérdidas y malas conexiones.
- El control del consumo de energía eléctrica se puede utilizar para planificar lubrificaciones, cambios de filtros, limpiezas y ajustes de equipos exactamente en el momento en que se necesitan.
- Monitorizando la viscosidad de algunos fluidos puede informar sobre la necesidad de cambiar aceites y lubricantes.
- La verificación de niveles luminosos avisa sobre el momento de limpiar las luminarias o cambiar las lámparas.
- Monitorizando gases se sabe cuándo hay que intervenir sobre equipos de combustión.
- La vibración puede ser utilizada para calibrar y ajustar componentes mecánicos.
- El control de presiones puede indicar sobre la necesidad de cambiar o limpiar filtros, purgar sistemas y limpiar o reemplazar válvulas de seguridad.

Las ventajas principales de la monitorización continua son las siguientes:

- Prever fallos de antemano, y reducir el número de intervenciones correctivas.
- Evitar intervenciones de mantenimiento preventivo inútiles, y así reducir los gastos y mejorar la gestión de los recursos.
- Alterar en tiempo real y de forma interactiva la planificación en función de las necesidades reales de mantenimiento de las instalaciones.
- Prolongar la vida de las instalaciones más allá del punto a partir del cual es más económico reemplazar que mantener. Ocurre a menudo que equipos, no monitorizados, se encuentren fuera de servicio sin que se haya detectado ningún disfuncionamiento antes. La monitorización y la información que facilita sobre el estado real de las instalaciones permite detectar cuándo un equipo se aleja de su punto óptimo de funcionamiento.

3.3.2 Relación del MAO con otras herramientas informáticas

Dado que, como su nombre indica, el MAO basa su gran capacidad de gestión en la utilización de herramientas informáticas, es lógico plantearse su posible integración en sistemas informáticos ya existentes en relación a la gestión del hospital.

Dos son las áreas principales en las que el MAO podría integrarse:

1. *En el sistema de control del hospital o Gestión Técnica Centralizada (GTC)*; dado que dicho sistema monitoriza y controla los equipos pertenecientes a las distintas instalaciones del hospital y que los elementos a mantener son precisamente estos mismos equipos, la inclusión de un paquete de MAO en un programa de

automatización de las instalaciones es una opción lógica que, efectivamente, ya existe en el mercado.

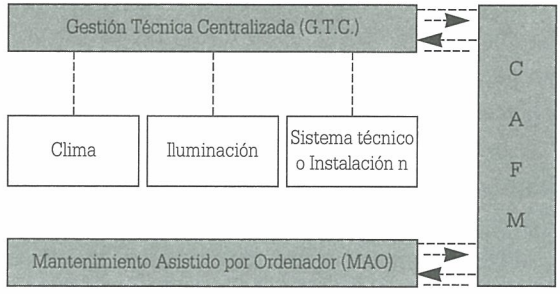
Una conexión del MAO con el sistema de GTC, y sus equipos de seguimiento de las instalaciones (detectores, puntos de control, posibilidades de actuación a distancia), puede permitir facilitar datos al sistema MAO sobre el estado real de las instalaciones, para el mantenimiento predictivo, y actuar a distancia para corregir algunos parámetros sobre los equipos.

2. *En el sistema de soporte al Facility Management*[1] *o CAFM*; el *Facilities Manager* o responsable del hospital como edificio, tiene funciones y responsabilidades para el ejercicio de las cuales necesita un soporte informático (Computer Aided Facility Management o CAFM). Dependiendo de la división de funciones dentro de la organización, las tareas de mantenimiento pueden (y deberían) depender del responsable del edificio. En este caso el paquete de mantenimiento puede ir incorporado al de uso para otras funciones como: planificación del espacio, de recursos, etc.

En realidad, parece lógico pensar en la existencia de una única herramienta informática al servicio del Facilities Manager con la cual se llevaran a cabo todas las funciones mencionadas hasta el momento:

- Control integrado de todas las instalaciones del edificio.
- Planificación de las tareas de mantenimiento.
- Herramienta de soporte al Facility Management.

El CAFM (Computer Aided Facility Management) que combina la información gráfica de planos –generados con un sistema de CAD– con una base de datos de cualquier tipo: técnica, de costes, organizativa, de ocupación de espacio, etc., puede *interaccionar con el software de MAO y GTC*, bajo el esquema indicado a continuación.



Esquema de interrelación de herramientas informáticas en un edificio inteligente (y "hospital del 2000")

4. Implantación de un sistema de MAO

4.1 Estudios preliminares

Antes de comprar un paquete de MAO, es muy importante analizar de forma precisa las necesidades de mantenimiento que existen. Para cada área conviene establecer una relación de los factores influyentes internos o externos y de los objetivos que se quieren cumplir respecto a cada uno de los factores, y con este fin definir un programa de actuación.

A continuación se relacionan algunos factores básicos:

- Recursos humanos.
- Nivel de formación de la mano de obra.
- Tamaño de la instalación a mantener.
- Naturaleza de los materiales y equipos a mantener.

- Grado de automatización y de informatización de la actividad.
- Relaciones con los proveedores exteriores.
- Servicios ya ofrecidos y resultados ya alcanzados por el servicio de mantenimiento actual.
- Factores económicos y presupuestarios.
- Otros.

El éxito de la instalación de un sistema de MAO depende directamente de la calidad de los estudios de necesidades realizados antes de la implantación. Para cada necesidad hay que determinar un objetivo y un programa de actuación correspondiente. Se debe también definir cómo se emplearán los recursos humanos y materiales para llevar a cabo el programa de actuación. Puede ser conveniente utilizar un asesoramiento exterior para ayudar al servicio de mantenimiento a realizar su análisis de necesidades.

En esta fase es imprescindible buscar el apoyo y el control del más alto nivel gerencial del hospital. La informatización del mantenimiento es en la mayoría de las veces una decisión estratégica que tarda años en ser totalmente operativa, y sin este apoyo, la instalación del sistema y su seguimiento serán muy difíciles. Adicionalmente, se debe contactar con los otros departamentos implicados para cerciorarse de la compatibilidad de los sistemas de gestión de datos, si hubiera que interconectarlos de alguna manera.

Se debe también implicar al personal afectado por los cambios esperados en la definición de los programas de actuaciones. Tal como ya se ha comentado, el personal de mantenimiento no está habituado al manejo de aplicaciones informáticas. Las características tradicionales de los servicios de mantenimiento pueden constituir un obstáculo a la evolución del mantenimiento. Por eso, hablando de forma continua con los operarios a lo largo de la fase de diseño, destacando los problemas, y superando las oposiciones por el diálogo se puede esperar hacer aceptar los cambios necesarios y motivar a los operarios. Además, se debe iniciar un programa de formación importante del personal.

4.2 Implantación y postventa

En lo relativo a la *instalación y operación del software*, lo más importante es la formación práctica del paquete informático. Se debe contar también por lo menos con dos personas para la operación del sistema. Así mismo es importante negociar las condiciones de formación al mismo tiempo que se negocian los otros aspectos del contrato con el vendedor.

Además de la formación, el proveedor de software debería proporcionar asesoramiento técnico al menos durante el primer año y una ayuda telefónica permanente. También es aconsejable que se involucre en la introducción masiva de datos.

Por último, es recomendable instalar el paquete, módulo por módulo, empezando por las tareas de gestión de stocks, inventario y generación de órdenes de trabajo. Para esta última actividad, hay que utilizar la relación de los equipos a mantener hecha en los estudios preliminares, y para cada uno definir una lista de actuaciones estándares de mantenimiento (tareas, mano de obra, tiempo de intervención).

Después de la instalación del sistema informático, es muy importante evaluar los resultados y los beneficios producidos con respecto a los objetivos iniciales. Eso permitirá también determinar las evoluciones futuras del sistema. Es provechoso asociar el proveedor de software a la evaluación, para que pueda hacer las modificaciones deseadas y mejorar el servicio que presta.

4.3 Algunos criterios para escoger un paquete de MAO

El criterio más importante es la adecuación del sistema a las necesidades del usuario. Ya se ha comentado la importancia de la fase de preparación a la instalación de un paquete de MAO, y las precauciones que se deben tomar durante la instalación. Se trata para el usuario de determinar cuáles son los aspectos del mantenimiento más problemáticos, los que se podrían mejorar más, y de estar seguro que necesita una informatización.

Un buen sistema de MAO debe poder interpretar, utilizar y tratar los datos proporcionados por el sistema de automatización del edificio o GTC, si éste existe. (En el "hospital del 2000" debería ser así). Dicha posibilidad de conexión con una GTC es un criterio fundamental. En efecto, con el desarrollo del mantenimiento predictivo, basado en el estado real de los equipos, que genera una cantidad muy importante de información, ha aparecido la necesidad de conectar los controladores de las instalaciones con el sistema central de MAO.

Otro aspecto básico es la posibilidad de integración, con un sistema de CAFM (Computer Aided Facility Management) por ejemplo, la calidad del software de gestión de base de datos, las posibilidades de conexión de las bases de datos con numerosos softwares comercializados (CAD, Tratamiento de textos), etc.

Durante la presentación del software, es importante prestar una especial atención a la presentación de datos por pantalla. La estructuración de los "menús" es muy importante; permite darse cuenta de la lógica de la aplicación, y en cierta forma, permite saber si hay partes añadidas que desequilibran el conjunto. La presentación debe ser agradable y clara (el usuario pasará años frente a dichas pantallas después de la instalación). Hay también que examinar cuán fácil es el diálogo con una base de datos, el acceso a la función de ayuda, la modificación de la presentación por el usuario y de los distintos campos (posibilidad de evolución del software), la posibilidad de añadir unos mensajes de ayuda, etc.

5 Conclusiones

- El "hospital del 2000" debería poder encuadrarse en lo que ha venido a denominarse (sin excesivo rigor técnico, aunque con evidente fortuna desde el punto de vista comercial) los "edificios inteligentes". Los tres factores claves que definirían un "hospital del 2000" u "hospital inteligente" serían los siguientes:
  - *flexibilidad* del edificio.
  - *tendencia a la integración* de servicios técnicos o instalaciones.
  - *diseño*: exterior (arquitectónico) e interior (arquitectónico, ergonomía y planificación del espacio).

- El coste del mantenimiento y explotación es el más importante en el ciclo de vida de un inmueble.
- Al implementar programas o planes de mantenimiento, se pretende conseguir una adecuada conservación y optimización de los recursos físicos en una triple vertiente: recursos patrimoniales, financieros y humanos.
- El hecho de no ofrecer el servicio de mantenimiento al nivel más alto posible se refleja tanto en los incrementos de partidas presupuestarias, inversión en equipos y coste de reparaciones, como en aspectos más difícilmente cuantificables como es la disminución de productividad de los recursos humanos.
- La gestión del servicio o servicios de mantenimiento tiene 4 factores claves, alrededor de los que estructurar una estrategia de mantenimiento adecuada y eficiente:
  - contratación de trabajos.
  - recepción de avisos.
  - control y/o auditoría del servicio.
  - planificación.
- La complejidad y alcance que este tema puede llegar a representar en un "hospital del 2000" hacen del todo imprescindible el uso de herramientas informáticas del tipo MAO (Mantenimiento Asistido por Ordenador).
- La informatización del mantenimiento es la mayoría de las veces una decisión estratégica que tarda años en ser totalmente operativa. Deben coordinarse los departamentos con los cuales se intercambian informaciones (contabilidad, seguridad, planificación, ingeniería, informática), para cerciorarse de la compatibilidad de los sistemas de gestión de datos.
- Como en todo proceso de informatización, se exige un cuidadoso análisis, previo al proceso, un plan de implantación progresivo estructurado por fases, y un seguimiento posterior de los resultados alcanzados. El éxito de la instalación de un sistema de Mantenimiento Asistido por Ordenador o MAO depende directamente de la calidad de los estudios de necesidades realizadas antes de la implantación.

© Institut Cerdà. Prohibida su reproducción total y/o parcial sin expresa autorización de su autor

6. Referencias Bibliográficas

A. BALDIN et al.,
"Manual de mantenimiento de instalaciones industriales", Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1982.

BALDINI et al.,
"Criteri e tecniche di organizzacione della manutenzione", Milán, Public, Int. iseo., según referencia en "Manual de mantenimiento de instalaciones industriales", A. Baldin et al.

Antonio MARCH CABALLÉ,
"La informática en los servicios de mantenimiento", Jornadas Gestión de la tecnología en el 2000. Barcelona, Enero 1989

Descripción técnica del software Prisma, Datalde S.A. / Eptisa.

Descripción técnica del software de mantenimiento de PYSSA.

Descripción técnica del software ASIMUT 2000, Manis S.A.

Descripción técnica del software CAEMAN, Control y Aplicaciones, S.A.

William E. HAMM,
"Planned Maintenance Management", The intelligent building sourcebook, edited by J. Bernaden and R. Neubauer - Johnson Controls Inc., The Fairmont Press - Prentice Hall, 1988.

Peter ROBINSON,
"Computerized system key to intelligent preventive maintenance management", The intelligent building sourcebook, edited by J. Bernaden and R. Neubauer - Johnson Controls Inc., The Fairmont Press - Prentice Hall, 1988.

José BALLESTEROS,
"Les contracts de maintenance et d'exploitation", Revista Bati High-tech n°. 10, Marzo 1991.

Fred KLAMMT (Roy Jorgensen Associates, Pleasanton, California),
"Lessons learned installing maintenance management systems".

"Building management systems",
Revista Facilities, Mayo 1988.

"Maintenance costs charted",
Building Maintenance Information Ltd., Revista Facilities, Septiembre 1988.

"Choosing the right computerised maintenance management system",
Revista Plant Engineering & Maintenance, Septiembre 1989.

Joan MIRO, Albert GIRBAL y José Luis ROVIRA,
"Edificios y áreas inteligentes. Definición de un concepto emergente", Octubre 1989.

Joan MIRO y Albert GIRBAL,
"Management of an intelligent building: The Facilities Manager and the Building Director", Revista Facilities, Abril 1991.

Nicolau SANT,
"Mantenimiento asistido por ordenador en el ámbito de los edificios de la Administración Pública", 6° Congreso Iberoamericano de Mantenimiento, Barcelona, Noviembre 1991.

Joan MIRO,
"A framework for the optimum use of computer tools in the management of advanced buildings", EUROFM '92 Conference, Rotterdam, Septiembre 1992.

Nota:

(1) El Facility Management sería una gestión global del hospital como edificio, incluyendo planificación y gestión de sistemas técnicos, planificación y gestión de espacio, gestión del hospital como inmovilizado, y gestión de los servicios operativos (limpieza, cátering, correo interno, etc.).