

## Clasificación de equipos e instalaciones en un Complejo Hospitalario de última generación \*

Andrés Gómez Blanco<sup>1</sup>, M<sup>a</sup> Carmen Carnero Moya<sup>2</sup>

<sup>1</sup> SESCAM. Hospital General de Ciudad Real, Avda. Tomelloso 5, 13005 Ciudad Real, andresg@sescam.org

<sup>2</sup> Universidad de Castilla-La Mancha, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Avda. Camilo José Cela s/n, 13071 Ciudad Real, carmen.carnero@uclm.es

### Resumen

*Un hospital es un edificio con unas características muy particulares respecto a otros edificios o industrias. Mientras que en éstos se producen bienes de equipo o se practican transacciones comerciales, en un hospital se producen servicios médicos; es decir el producto es la mejora de la salud de los clientes, lo que implica unas exigencias de fiabilidad y seguridad en las instalaciones y los equipos médicos del más alto nivel. Para abordar la clasificación del equipamiento e instalaciones de un complejo hospitalario, es necesario tener en cuenta distintos criterios compatibles entre sí; además, para obtener una clasificación estructurada de las instalaciones se ha adoptado el concepto de sistema. Esta clasificación debe proporcionar la suficiente información inicial para poder establecer las políticas de mantenimiento más adecuadas a cada tipo de equipamiento o instalación considerados. Por ello, el análisis se realiza teniendo en cuenta criterios como, los riesgos para las personas o la actividad asistencial. Además, es necesario diferenciar el equipamiento clínico de las instalaciones, ya que mientras el primero está claramente en contacto con el paciente y los profesionales, éstas últimas tienen una mayor implicación a nivel general, aunque no por ello menos importante.*

**Palabras clave:** Complejo Hospitalario, Clasificación de equipos, Mantenimiento.

### 1. Introducción.

Las instalaciones y el equipamiento utilizados en un hospital se pueden considerar de una gran variedad, tanto tecnológicamente como funcionalmente. Así, existen elementos considerados normales en cualquier actividad industrial, como calderas de producción de agua caliente, máquinas enfriadoras industriales, bombas, sistemas de vacío, compresores, etc., que coexisten con equipos e instalaciones específicas de la práctica asistencial sanitaria, como instalaciones radiológicas, quirúrgicas, analíticas o de terapia; estas últimas disponen de elementos o instalaciones con complejidad variable, desde tecnologías sencillas y de común aplicación, hasta tecnologías de última generación aplicadas a la obtención de un producto asistencial, como por ejemplo la utilización de superconductores a la obtención de imagen por medio de la resonancia magnética nuclear.

La criticidad de un elemento es una medida que cuantifica la incidencia que tiene dicho elemento en la operación de una planta industrial (Crespo *et al.*, 2004). La criticidad de equipos ha sido analizada según diferentes métodos como la matriz de riesgos, el método

---

\* Este trabajo se deriva de la participación de sus autores en un proyecto de investigación financiado por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha con referencia PCI-05-015, titulado "Diseño y Optimización del Mantenimiento Industrial en el nuevo Complejo Hospitalario de Ciudad Real".

HRN (Hazard Rating Number), el método HAZOP (Hazard and Operability Studies), (métodos relacionados con el riesgos), el método de análisis de modo de fallo y efectos (AMFE), método de análisis de modo de fallo, efectos y su criticidad (AMFEC), árboles de fallo, índice de clasificación para los gastos de Mantenimiento (ICGM) (Dounce, 1998) (donde se clasifican y priorizan las actividades a desarrollar en lugar de los equipos industriales), la clasificación ABC, (Gómez de León *et al.*, 2006). Sin embargo, en otros casos se integran los aspectos funcionales y de seguridad, para lo cual se pueden aplicar métodos multicriterio.

Entre las contribuciones que aplican métodos multicriterio para la clasificación de equipos se pueden destacar las siguientes; en Martorell *et al.* (2004) se aplica el proceso de jerarquía analítico (AHP) a la selección de equipos críticos sobre los que implantar un programa de Mantenimiento basado en la fiabilidad (RCM) en una empresa metalúrgica. En Gómez de León *et al.* (2004) se expone un método de clasificación multicriterio de equipos críticos en el que se obtiene un índice de criticidad para cada equipo, evaluándose cada equipo según intervalos establecidos para el índice de criticidad.

La selección de la(s) política(s) de mantenimiento más adecuadas para una organización ha sido analizada ampliamente en la literatura. En Horner *et al.* (1997) se clasifica el equipamiento en elementos significativos y elementos no significativos como paso previo para la asignación de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo en el ámbito de edificaciones. Cassidy *et al.* (2001) desarrollan un sistema de programación matemática que incorpora limitaciones en el tiempo, costes o fiabilidad del sistema sobre el mantenimiento seleccionado. Kodali *et al.* (2001) emplean el AHP para justificar la aplicación de mantenimiento productivo total sobre una empresa. Emblemavag *et al.* (2003) aplican el AHP y Monte Carlo en el ámbito de defensa; Kumar *et al.* (2005) aplican lógica difusa para la selección del mantenimiento; Bertolini y Bevilacqua (2005) aplican la programación por objetivos para definir la mejor estrategia de mantenimiento sobre una máquina crítica de una refinería empleando como paso intermedio el AHP para integrar en la decisión aspectos relativos a la eficiencia y al riesgo.

En este artículo la clasificación de los equipos en el Complejo Hospitalario se realiza teniendo en cuenta los riesgos que pueden afectar a diferentes actores: personal asistencial, pacientes y otras personas. Además, es necesario diferenciar el equipamiento clínico de las instalaciones del resto de dispositivos y maquinaria, ya que mientras el primero está claramente en contacto con el paciente y los profesionales, éstas últimas tienen una mayor implicación a nivel general, aunque no por ello son menos importantes. Para ello, en primer lugar se presentan diferentes clasificaciones desarrolladas en el Complejo Hospitalario atendiendo a diferentes criterios: una clasificación general del equipamiento, según los riesgos y según la legislación vigente. Posteriormente se presenta la clasificación desarrollada para las instalaciones del Complejo Hospitalario. A continuación, se expone un ejemplo de aplicación en el que se seleccionan diferentes criterios de decisión sobre los que se aplica una técnica multicriterio basada en el establecimiento de dos niveles de referencia en cada criterio, obteniéndose la(s) política(s) de mantenimiento más adecuadas a aplicar al equipamiento.

En la sección 2 se expone la clasificación del equipamiento atendiendo a los diferentes criterios; en la sección 3 se muestra la clasificación de instalaciones. En la sección 4 se muestra el ejemplo de aplicación de selección de política de mantenimiento mediante análisis multicriterio a un quirófano y finalmente se exponen las referencias.

## **2. Clasificación del equipamiento.**

En primer lugar se ha establecido una clasificación general de los equipos, que sirve para estructurar cada tipología de instalaciones y equipamiento. Esta clasificación general es la siguiente:

- Instalaciones generales. Son las que abastecen o abarcan a todo el hospital: suministro eléctrico, suministro de gases, climatización primaria, suministro de agua, sistemas contraincendios, plantas de tratamiento de agua fría y caliente sanitaria, sistemas de transporte de personas, muestras y mercancías.
- Instalaciones específicas. Son las que tienen un área de influencia determinada, fundamentalmente en áreas consideradas críticas: centrales de esterilización, instalaciones de seguridad eléctrica en quirófanos, instalaciones de climatización en áreas blancas, planta de producción de agua tratada para diálisis, sistemas de comunicación en plantas de hospitalización.
- Equipamiento médico. Se consideran los equipos que, dependiendo de suministros ajenos o propios, ejercen una función directa sobre el paciente y están manejados por personal autorizado y cualificado. Se clasifican por áreas funcionales para optimizar el estudio del comportamiento de los mismos, tanto desde el punto de vista de mantenimiento como de producción o asistencial.

### **2.1. Según los riesgos.**

Se clasifica el equipamiento según los riesgos al paciente, el profesional asistencial o a terceros, teniendo en cuenta las áreas de utilización (Gómez, 1999). Para ello, se han determinado las siguientes áreas funcionales, de acuerdo con la estructura organizativa asistencial de un hospital: diagnóstico por imagen, visualización y registro, terapia y laboratorios.

Para poder establecer una política de intervención que minimice los riesgos, es necesario hacer un análisis de los mismos clasificados por tipo de actividad asistencial y, según se ha indicado anteriormente, desde el punto de vista de paciente, operario y terceros. Para ello, en primer lugar se ha establecido una relación de riesgos, codificándolos según se muestra en la tabla 1. A continuación, se ha adjudicado a las distintas familias que componen las áreas anteriormente descritas, la relación de riesgos asociados, desagregados en los tres actores implicados, según se muestra en la tabla 2 para el área de diagnóstico por imagen. En la tabla 3 se muestran las causas de determinados riesgos en la familia de diagnóstico por imagen; similares análisis se han efectuado para el resto de familias: visualización y registro, terapia y laboratorios. Al disponer de las causas de los riesgos, se puede establecer una política de mantenimiento preventiva, orientando las actividades a realizar en función de las citadas causas.

### **2.2. Según la legislación actual.**

El R.D. 414/96 establece los requisitos de seguridad y protección de la salud de los pacientes, usuarios y otras personas relativos a los productos sanitarios y accesorios. Éste es una trasposición de la Directiva Europea 93/42/CEE. En la figura 1 se representa la situación actual de la normativa, según dicho real decreto.

La norma general empleada es la UNE-EN 60601-1 (AENOR, 2000), de la que se derivan normas según sea la aplicación concreta. Las normas colaterales son las que se van adoptando

o desarrollando para diferentes tipos de equipos o dispositivos como, por ejemplo, la norma UNE-EN 60601-2-2 referente a equipos electroquirúrgicos de alta frecuencia. La anterior norma establece los requisitos a cumplir por el fabricante en cuanto a los riesgos siguientes: eléctricos, mecánicos, radiaciones indeseas o excesivas, ignición de mezclas anestésicas inflamables, temperaturas excesivas y otros riesgos de seguridad, precisión de los datos de funcionamiento y protección contra magnitudes de salida peligrosas, funcionamiento anormal y condiciones de fallo, pruebas ambientales y requisitos de construcción.

**Tabla 1.** Codificación de riesgos.

<b>CÓDIGO</b>	<b>RIESGO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>RIESGO</b>
1	Caídas, golpes, choques y aplastamiento	16	Gases anestésicos
2	Cortes, heridas punzantes (sin riesgo biológico)	17	Gases no anestésicos
3	Impacto de pequeñas partículas y polvo	18	Mamparas citostáticas
4	Maniobras cruentas a pacientes. Invasión incruenta	19	Medicinas tóxicas
5	Manipulación de productos hemáticos	20	Germicidas de dispersión aérea
6	Manipulación de tejidos orgánicos	21	Productos tóxicos irritantes
7	Manipulación de desechos clínicos	22	Cortes y heridas punzantes con riesgos biológicos
8	Exposición a enfermedades aéreas	23	Exposición a combustibles explosivos
9	Electrocución	24	Contaminación radiactiva
10	Radiactivos	25	Fatiga: Postura, sensitiva
11	Radiaciones ionizantes	26	Riesgos biológicos
12	Quemaduras	27	Magnitudes de salida incorrectas
13	Ventilación inadecuada	28	Interferencias con otros equipos
14	Ruidos y vibraciones	29	Líquidos residuales
15	Variaciones térmicas	30	Incendios

**Tabla 2.** Mapa general de riesgos codificado para el área de diagnóstico por imagen.

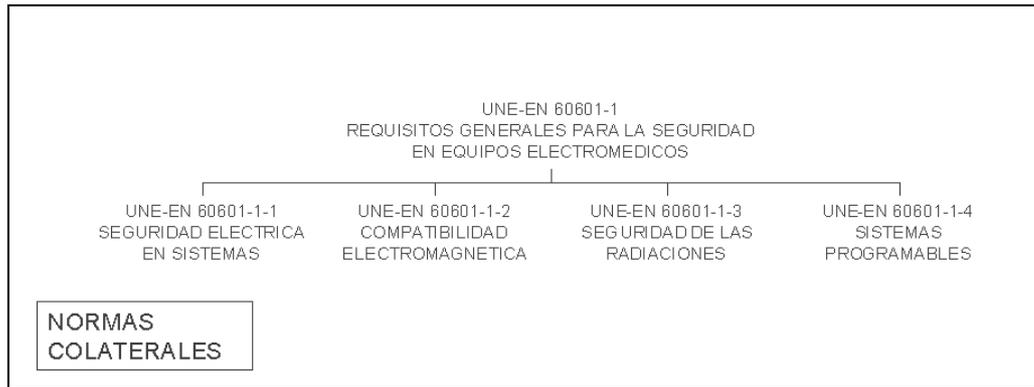
<b>FAMILIA</b>	<b>OPERARIO</b>	<b>PACIENTE</b>	<b>TERCEROS</b>
<b>DIAGNOSTICO POR IMAGEN</b>			
Radiología	1,9,11,30	1,4,9,11,12,27,23,30	11,30
Medicina Nuclear	9,11,24	4,10,11,24,27	11
Ultrasonidos	9	9,27	
Procesadoras de Placas	9,13,21		
Resonancia Magnética Nuclear	9,23	9,14,21,23	23,28
Visualización Óptica	9,20	4,9	

Debe destacarse la clasificación de los equipos electromédicos según el grado de protección contra descargas eléctricas efectuado por la norma general o las específicas:

- Equipo tipo B. Proporciona especial grado de protección contra las descargas eléctricas relativo a la corriente de fuga permisible y la fiabilidad de la protección a tierra en su caso.
- Equipo tipo BF. Equipo tipo B, con parte aplicable tipo F (flotante). Parte aislada del resto del equipo en la que no se exceda la corriente de fuga del primer defecto, cuando se aplica 1,1 veces de tensión de alimentación entre la parte aplicable y la toma de tierra.
- Equipo tipo CF. Condiciones más restrictivas de aislamiento (aplicaciones cardíacas).

**Tabla 3.** Análisis de riesgos en diagnóstico por imagen.

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>RIESGOS RADIOLOGÍA</b>		
1	Caídas, golpes, choques y aplastamiento	Aplastamiento: telemandos fundamentalmente. Descolgamiento: cables en mal estado, suspensiones cedidas. Caídas: vuelco de mesas.
4	Maniobras cruentas a pacientes. Invasión incruenta	Trasvase paciente camilla-mesa. Manipulación órganos para presentación.
9	Electrocución	Derivación eléctrica. Acceso a cables de B.T. o A.T.
11	Radiaciones Ionizantes	Sobreeposición debido a: equipos fuera de calibración, repetición de estudios innecesarios. Deficiencias estructura: zonas sin emplomar, fugas en puertas y ventanas. Falta protección personal: guantes, delantales plomados, etc. No mantenimiento de la distancia requerida en equipos portátiles y quirúrgicos. Exposición accidental: deficiente señalización de zona, etc.
12	Quemaduras	Desprendimiento de aceite refrigeración del tubo, por falta de estanqueidad, fallo de mecanismo de seguridad (detección de alta temperatura) no existencia del mismo o no conectado.
30	Incendios	Autoignición en equipos portátiles a baterías.
<b>RIESGOS PROCESADORAS</b>		
1	Caídas	Cuarto oscuro no ordenado. Mala accesibilidad de interruptor de luz.
9	Electrocución	Derivación eléctrica: Falta T.T. en Base de enchufe o desconexión de cable de tierra en clavija. Derrame de agua en el lavado de cuba y mojado de cables.
13	Ventilación Inadecuada	Extractor no independiente de la climatización y de capacidad insuficiente.
21	Productos Tóxicos irritantes	No estanqueidad de cubas de relevador y fijador. Fallo en sistema de llenado: rotura conductos PVC llenado, bomba, etc.
<b>RIESGOS ULTRASONIDOS</b>		
1	Caídas	Caídas: vuelco en el transporte, caso de equipos con ruedas.
9	Electrocución	Derivación eléctrica: Falta T.T. en base de enchufe o desconexión de cable de tierra en clavija. Derrame de GEL en sonda en contacto con cables en tensión.
27	Magnitudes de salida incorrectas	Emisión potencia superior al límite.
<b>RIESGOS MEDICINA NUCLEAR</b>		
4	Maniobras cruentas a pacientes.	Inyección a paciente.
9	Electrocución	Derivación eléctrica.
10	Radiaciones: Contaminación	Derrame de líquido radiactivo debido a: iinyección a paciente, caída en el transporte y caída en la manipulación. Eliminación de material radiactivo, por error, como basura convencional. Eliminación en la evacuación de líquidos a la red convencional de evacuación. Exposición al aire libre, del material contenido en los recipientes, por incendio.
<b>RIESGOS VISUALIZACIÓN ÓPTICA</b>		
4	Maniobras cruentas a pacientes.	Exploración invasiva a paciente.
9	Electrocución	Derivación eléctrica en sondas electrónicas.
20	Germicidas de dispersión aérea	Manipulación de sonda desde extracción del paciente a esterilización.
<b>RIESGOS RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR</b>		
9	Electrocución	Derivación eléctrica en partes metálicas accesibles.
14	Ruido	Excesivo ruido en condiciones de inmovilización.
23	Explosión y pérdida de oxígeno	Fallo grave en circuito de gas refrigeración (He). Fuga de gas He, con pérdida de O2 ambiental.
28	Interferencias otros equipos	Interferencia grave con marcapasos o prótesis metálicas. Interferencias con equipos auxiliares: respiradores no adecuados para RM.

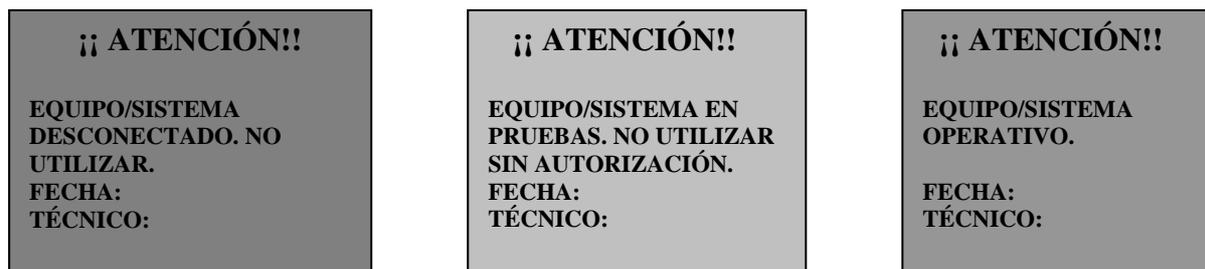


**Figura 1.** Normativa aplicable UNE-EN.

A efectos de los procedimientos de evaluación de la conformidad a la hora de su comercialización, los productos se agrupan en cuatro clases de riesgo, III, IIb, IIa y I, de mayor a menor, que tienen su fundamento en la vulnerabilidad del cuerpo humano a los riesgos potenciales del diseño tecnológico de los productos y de su fabricación. La asignación de la clase al producto se realiza de acuerdo con unas reglas de clasificación, cuyo criterio más relevante es la invasividad del producto al paciente. Las clases III, IIb y IIa requieren la intervención de un organismo notificado, mientras que los productos de la clase I requieren únicamente de la conformidad declarada por los propios fabricantes.

De la normativa, además de alcanzar el objetivo de máxima seguridad y calidad, se deduce que el mantenimiento de los equipos y sistemas electromédicos debe realizarse atendiendo a las siguientes características (UNE-EN ISO 9001):

1. Se tomarán las medidas para que en estado de funcionamiento normal, se mantengan las condiciones de diseño, por lo que se debe realizar un test de seguridad en equipos después de:
  - a) Una reparación de fuentes de alimentación, placas base o paramétricas y transductores.
  - b) Reemplazo de fuentes de alimentación y placas base.
  - c) Reparación de un equipo dañado o después de algún derrame de líquidos.
 En sistemas se realizará un test de seguridad después de la instalación de todos los equipos en el entorno de un paciente, conectados éstos en un sistema electromédico.
2. Los protocolos de funcionamiento y revisión se realizarán conforme lo establezca el fabricante.
3. El personal técnico deberá estar debidamente cualificado y autorizado, bien por el fabricante, bien por la autoridad competente, debiendo ser todo el repuesto homologado.
4. Los aparatos de calibración utilizados en la revisión y reparación de los equipos, deberán estar calibrados dentro del último año por laboratorios oficiales, adjuntándose fotocopia de la misma en cada intervención.
5. El personal técnico que intervenga en cada revisión o reparación deberá pertenecer a una organización o servicio técnico que deberá poseer certificado de calidad, ISO 9001-2000 e ISO 14000, al menos, realizando en cada intervención todos los procedimientos establecidos en las mismas, desde los ámbitos de gestión de la reparación y medioambiental.
6. Todos los equipos e instalaciones deberán estar identificados de tal manera que sea perfectamente legible y entendible por el usuario el estado de los mismos, por lo que se propone la identificación según las etiquetas que se muestran en la figura 2. Cada etiqueta es de un color diferente; rojo, indicando la prohibición de su utilización; amarillo, cuando se indica un equipo en pruebas y verde para indicar que el equipo está operativo.



**Figura 2.** Identificación del estado de un equipo por etiquetado.

### **3. Clasificación de las instalaciones.**

Con objeto de obtener una clasificación estructurada de las instalaciones, se adopta el concepto de sistema, como un conjunto de instalaciones, recursos humanos, procedimientos y conocimientos perfectamente estructurados, de tal manera que nos permitan conocer su comienzo y su producto final, así como la posibilidad de su evaluación para su posterior mejora y control. Así, se definen tanto el alcance, los recursos, responsables, como su inicio y finalización (Izquierdo, 1990); pudiendo estar relacionados con otros sistemas e incluso encontrarse divididos en subsistemas, a su vez relacionados entre sí. Se han clasificado los sistemas y subsistemas en tres categorías: críticos, importantes y normales.

#### **3.1. Instalaciones críticas.**

Se consideran instalaciones críticas, las que en caso de fallo, ponen en grave riesgo la actividad del hospital. Se han considerado los siguientes sistemas asociados a instalaciones críticas: suministro de agua, suministro de combustibles, suministro eléctrico, suministro de gases medicinales y sistemas contraincendios. La tabla 4 recoge una descripción de los sistemas y subsistemas clasificados como críticos.

#### **3.2. Instalaciones importantes.**

Se consideran instalaciones importantes las que, sin parar la actividad del hospital, causan una disminución de la misma importante, con repercusiones económicas, de imagen y legales. En la tabla 5 se recogen algunos de los sistemas importantes del Complejo Hospitalario.

#### **3.3. Instalaciones normales.**

Las instalaciones normales se definen como las que forman parte de la actividad normal de mantenimiento, por lo que cualquier incidencia en ellas, se subsana sin tener que parar cualquier actividad relevante. En esta clasificación se incluyen el resto de las instalaciones no contempladas anteriormente, pudiendo obtener una subclasificación con distintos grados de importancia.

**Tabla 4.** Sistemas críticos.

<b>SISTEMA</b>	<b>SUBSISTEMA</b>	<b>ALCANCE</b>	<b>SERVICIOS IMPLICADOS</b>
Suministro de agua	Agua caliente sanitaria	Producción, almacenamiento, control y distribución.	Mantenimiento instalaciones, medicina preventiva y servicio limpieza.
	Agua fría sanitaria	Captación, almacenamiento, tratamiento y distribución.	
Suministro combustibles		Producción agua caliente, control y red de distribución.	Mantenimiento instalaciones
Gases medicinales	Oxígeno	Recepción, almacenamiento o producción, control y distribución.	Mantenimiento instalaciones, empresa suministradora y servicio de farmacia.
	Protóxido		
	Aire medicinal		
	Vacío	Producción, tratamiento control y distribución.	
Alimentación energía eléctrica	Red M.T. y centros de transformación	Recepción E.E. en 15 KV, distribución y transformación a B.T.	Mantenimiento instalaciones.
	Producción E.E. emergencia	Producción grupos electrógenos y acoplamientos con la red principal.	
	Red de baja tensión.	Zonas asistenciales y quirúrgicas, incluidos sistemas alimentación ininterrumpida	Mantenimiento instalaciones.

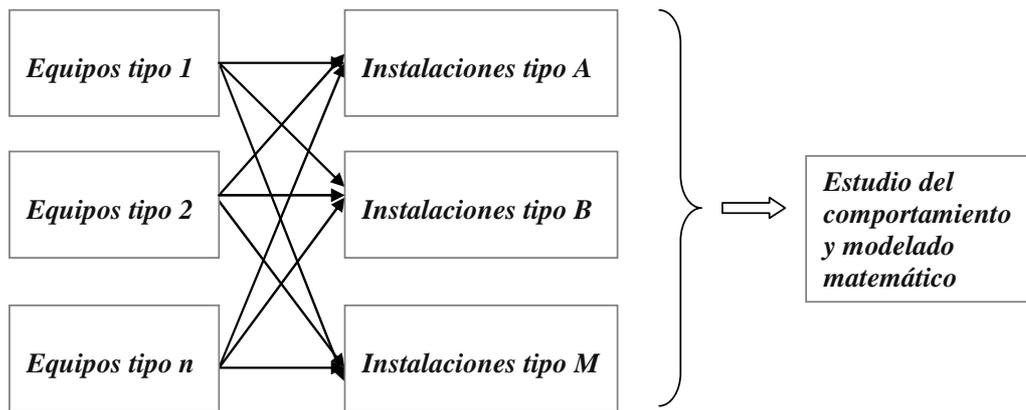
**Tabla 5.** Sistemas importantes.

<b>SISTEMA</b>	<b>SUBSISTEMA</b>	<b>ALCANCE</b>	<b>SERVICIOS IMPLICADOS</b>
Agua plantas diálisis		Captación, almacenamiento, tratamiento, control y distribución	Mantenimiento equipos e instalaciones especiales, medicina preventiva, nefrología
Climatización en zonas quirúrgicas y zonas asistenciales	Producción aire primario y sistemas de extracción y aprovechamiento energético	Producción, control y red de conductos de distribución	Mantenimiento instalaciones y medicina preventiva
Comunicaciones	Exteriores/interiores del Hospital	Acometida, central, red interior y dispositivos de telefonía	Mantenimiento instalaciones, servicio informática y adjudicatario
Central esterilización		Producción material quirúrgico	Mantenimiento, enfermería y medicina preventiva

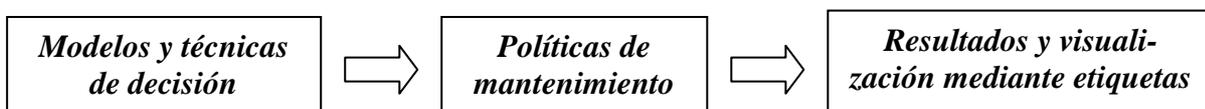
### 3.4. Relación de instalaciones.

Del concepto de sistemas se puede establecer un mapa de sistemas enlazados entre sí y que refleja cómo puede influir un fallo en cualquier instalación en el resto, según su dependencia jerárquica.

Para establecer las políticas de mantenimiento, de forma que la estrategia adoptada sea lo más personalizada posible para cada tipo o familia de instalaciones y equipos, es necesario establecer la interrelación entre ellos, su comportamiento y relación operativa. Ello conlleva la modelización del conjunto equipo-instalación, obteniendo posteriormente la previsión de los resultados y su presentación, según se representa en las figuras 3 y 4.



**Figura 3.** Interrelación en la clasificación de equipos e instalaciones y su modelización.



**Figura 4.** Obtención estado mantenimiento del equipamiento según política de mantenimiento aplicada.

#### 4. Selección de Política de Mantenimiento. Ejemplo de aplicación.

A continuación se expone un ejemplo de modelo multicriterio desarrollado para un quirófano, considerado la instalación más crítica del Complejo Hospitalario; está constituido por 4 equipos: electrobisturí, respirador, monitor y RX portátil. Cada uno tiene una tasa de fallos y de reparación diferente y constante. Para el análisis de la situación se establecieron los criterios de disponibilidad media obtenida y coste. El centro decisor consideró como necesarios y suficientes estos dos criterios. Se crearon escalas para cada uno de estos criterios, como se muestra en la figura 5 a). Se evalúa la aplicación sobre la instalación de las siguientes políticas de mantenimiento:

1. Mantenimiento Correctivo (C).
2. Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento Preventivo (C+P).
3. Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento Productivo Total (TPM) (C+TPM).
4. Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Predictivo (C+P+PR).
5. Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Predictivo y Mantenimiento Productivo Total (TPM) (C+P+PR+TPM).

Se ha mantenido el mantenimiento correctivo como única alternativa que se puede aplicar de forma aislada, mientras que en el resto de alternativas es necesario incluir la política correctiva debido al imprescindible correctivo residual. Además, la política de Mantenimiento Predictiva obtiene sus objetivos cuando se aplica conjuntamente con la política preventiva. El resultado es el que se muestra en la figura 5 b). Como se puede apreciar en este caso, y a pesar del elevado coste, se considera adecuado aplicar como mínimo las políticas de mantenimiento correctiva, preventiva y predictiva y se considera más adecuado incluir además el TPM. Sin embargo, por las condiciones especiales que se presentan en un Complejo Hospitalario, sería necesario adaptar el TPM a las contribuciones que pudiesen realizar cada personal asistencial.

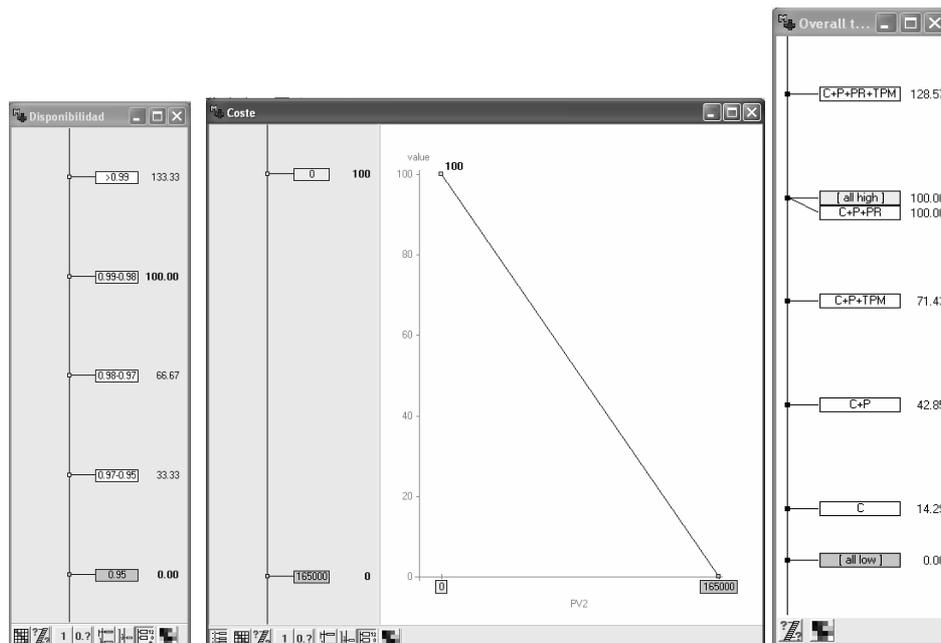


Figura 5. a) Escalas para los criterios empleados en la decisión. b) Selección de política(s) de mantenimiento.

## Referencias

- AENOR (2000). *Sistemas de gestión de calidad, UNE-EN ISO 9001*.
- Bertolini, M.; Bevilacqua, M. (2006). A combined goal programming-AHP approach to maintenance selection problem, *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 91, No. 7, pp. 839-848.
- Cassady C. R.; Pohl, E. A.; Murdock, Jr W. P. (2001). Selective maintenance modeling for industrial systems, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 7, No. 2, pp. 104-117.
- Dounce, E. (1998). *La productividad en el Mantenimiento Industrial*, 2ª Ed. CECSA.
- Emblemsvag, J.; Tonning, L. (2003). Decision support in selecting maintenance organization, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 9, No. 1, pp. 11-24.
- Gómez de León, F. C.; Ruiz, J. J. (2004). Clasificación multicriterio de equipos críticos, *Ingeniería y Gestión del Mantenimiento*, No. 36, pp. 40-45.
- Gómez de León, F. C.; Ruiz, J. J. (2006). Maintenance strategy based on a multicriterion classification of equipments, *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 91, No. 4, pp. 444-451.
- Gómez, A. (1999). *Estudio de plan de seguridad en equipos electromédicos en Hospital Clínico*, documento de trabajo, Madrid.
- Horner, R.M.W.; El-Haram, M.A.; Munns, A.K. (1997). Building maintenance strategy: a new management approach, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 3, No. 4, pp. 273-280.
- Izquierdo, M. (1990). *Manual de Gestión del Mantenimiento en Hospitales*, INSALUD.
- Kodali, R.; Chandra, S. (2001). Analytical hierarchy process for justification of total productive maintenance, *Production Planning & Control*, Vol. 12, No. 7, pp. 695-705.
- Kumar, R.; Kumar, D.; Kumar, P.; (2005). FLM to select suitable maintenance strategy in process industries using MISO model, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 11, No. 4, pp.374.
- Martorell, S.; Carlos, S.; Sanchez, A.; Clemente G.; Sanz, J. (2004). Aplicación del método AHP para la selección y priorización de equipos críticos en programas de mejora de mantenimiento, *Ingeniería y Gestión del Mantenimiento*, No. 34, pp. 36-39.