

Optimización de las Políticas de Mantenimiento y de inventario mediante el estudio del nivel de criticidad de un quirófano*

Andrés Gómez Blanco¹, M^a Carmen Carnero Moya²

¹ SESCOAM. Hospital General de Ciudad Real, Avda. Tomelloso 5, 13005 Ciudad Real. andresg@sescam.org

² 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

En el análisis de criticidad de las distintas instalaciones y equipos con los que cuenta un Hospital, se deben tener en cuenta diferentes factores y el efecto sobre la producción: actividad directa sobre paciente y los profesionales. Para ello, se aplica en este artículo el método Clasificación Multicriterio de Equipos Críticos para obtener el Índice de criticidad de diferentes subsistemas que constituyen en sistema Instalaciones y equipos quirúrgicos. Para la obtención de este Índice de criticidad se ha aplicado el modelo de Markov para el cálculo del estado del criterio disponibilidad de los diferentes subsistemas. El Índice de criticidad obtenido permite seleccionar la política de mantenimiento más adecuada y los niveles de inventario de los repuestos de mantenimiento.

Palabras clave: Mantenimiento, Hospital, Índice de Criticidad, Cadenas de Markov.

1. Introducción

En el análisis de criticidad de las distintas instalaciones y equipos con los que cuenta un hospital, se debe tener en consideración la interrelación de los mismos y el efecto sobre la producción: actividad directa sobre paciente y los profesionales. Para el estudio de las consecuencias asistenciales que tiene el comportamiento de los distintos dispositivos e instalaciones, se ha considerado su agrupación. Así, un quirófano se puede definir como un sistema donde se integran diferentes suministros, equipos e instalaciones específicas, teniendo cada uno de ellos distinto nivel de importancia y, por consiguiente, de criticidad en el producto o actividad asistencial, en este caso, la intervención quirúrgica. Mediante el análisis de criticidad de cada equipo o instalación del sistema quirófano, se pretende obtener un índice de criticidad cuantitativo, que permitirá optimizar las políticas de mantenimiento a aplicar y asignar los recursos necesarios en función del nivel de criticidad obtenido.

Para ello, se analiza en este artículo la interrelación entre los distintos equipos e instalaciones, agrupándolos en subsistemas. Posteriormente, mediante la aplicación del método Clasificación Multicriterio de Equipos Críticos (CMEC) (Gómez de León et al., 2006), se obtienen los índices de criticidad de cada subsistema y la contribución de cada dispositivo o equipo en el valor de criticidad obtenido. Así, se consigue, cuantificar el nivel de importancia de cada subsistema y aplicar la política de mantenimiento más adecuada en función de los recursos disponibles y, además, identificar los elementos críticos dentro de cada subsistema y definir el nivel de inventario más adecuado.

A continuación se definirá el sistema de Instalaciones y equipos quirúrgicos y su composición y posteriormente se describe la metodología de análisis aplicada, definiéndose los criterios

* 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".

de decisión y sus niveles de escala. En la sección 4 se aplica la metodología expuesta sobre diferentes subsistemas que constituyen el sistema de Instalaciones y equipos quirúrgicos, obteniendo los Índices de criticidad. En la sección 5 se muestra la política de mantenimiento seleccionada para cada subsistema en función del Índice de criticidad obtenido, así como el tipo de repuesto de mantenimiento que lleva asociado. Finalmente, se exponen las referencias.

2. Definición del sistema Instalaciones y equipos quirúrgicos

Los sistemas son un conjunto de elementos (equipos e instalaciones) dispuestos de tal forma que, en base a las características individuales y a su interconexión, dan lugar a un producto final (Crespo, 2006), como por ejemplo: alimentación eléctrica en condiciones especiales, alimentación de gases medicinales a equipos, nivel de temperatura o humedad dentro de unos rangos, nivel de seguridad eléctrica definida, monitorización mínima suficiente, etc.

El sistema instalaciones y equipos quirúrgicos (SIEQU) analizado abarca el conjunto de instalaciones fijas interiores de un quirófano y de los equipos, que de forma simultánea dan servicio a la función de intervención quirúrgica a un paciente. Este servicio puede ser: directo a los pacientes, por medio de los equipos de intervención vitales o indirectos o cumpliendo una función ambiental. Todos ellos tienen una implicación cuantificable en la obtención del producto final, que es la intervención quirúrgica en condiciones óptimas. Los subsistemas incluidos en el sistema SIEQU se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Sistema y subsistemas analizados.

Sistema	Subsistema	Código
Instalaciones y equipos quirúrgicos (SIEQU)	Alimentación eléctrica	SIEQUSAELE
	Climatización	SIEQUSCCLI
	Alimentación agua estéril	SIEQUSAAES
	Alimentación gases medicinales	SIEQUSGAMD
	Equipos de intervención quirúrgicos asistencia vital	STQUSEASVT

3. Metodología de obtención del nivel de criticidad

Se aplica el método de Clasificación Multicriterio de Equipos Críticos (CMEC) (ver Gómez de León et al., 2006) obteniéndose un valor numérico denominado Índice de criticidad para cada equipo o instalación. Este Índice se calcula teniendo en cuenta los siguientes criterios: disponibilidad, impacto sobre la actividad, impacto sobre la seguridad de los trabajadores, riesgo potencial para los usuarios, régimen funcional, flexibilidad operacional, impacto sobre el medioambiente, momento en el que podría detectarse el fallo y costes. Para el cálculo del Índice de criticidad se aplica la fórmula (1).

$$I_c = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^N (n_i \times p_i)}{n \times \sum_{i=1}^N p_i} \quad (1)$$

donde N es el número de criterios empleados, p_i es la ponderación de cada criterio, empleándose la misma escala para todos ellos, n_i son los niveles de criticidad para cada criterio y n es el nivel máximo para todos los criterios.

Las ponderaciones de cada criterio se obtienen aplicando la técnica de decisión multicriterio Proceso de Jerarquía Analítico (AHP) y la disponibilidad de cada subsistema se calcula

aplicando modelos de Markov para sistemas reparables, obteniéndose el Índice de criticidad de cada subsistema analizado, así como la influencia en el mismo según el nivel de inventario considerado.

Para el cálculo del nivel de criticidad del sistema objeto de análisis se han considerado 8 criterios de decisión. Para cada uno de ellos se ha definido un indicador en el que medir el criterio asociado. Se ha definido una escala compuesta por 5 niveles que van desde el nivel excelente (al que se ha asociado un código 0) hasta el nivel inferior (identificado por un código 4 en la escala). Los criterios considerados junto con sus niveles de escala son los siguientes:

- Disponibilidad. Se considera la disponibilidad media (D_m) para sistemas/subsistemas reparables. Se definen los niveles de escala siguientes:
 - 0: $99 \leq D_m < 100$.
 - 1: $95 \leq D_m < 99$.
 - 2: $85 \leq D_m < 95$.
 - 3: $60 \leq D_m < 85$.
 - 4: $D_m < 60$.
- Impacto sobre la actividad. Los niveles de escala se definen como se expone a continuación:
 - 0: No afecta al servicio o actividad.
 - 1: Reduce el funcionamiento del servicio o actividad al cabo de una hora.
 - 2: Reduce inmediatamente el funcionamiento del servicio o actividad.
 - 3: Parada del servicio o actividad al cabo de una hora.
 - 4: Parada inmediata del servicio o actividad.
- Impacto sobre el medioambiente. Los niveles de escala considerados son:
 - 0: No provoca ningún tipo de daño al medioambiente.
 - 1: Provoca un daño medioambiental cuyos efectos no infringen las normas ambientales.
 - 2: Provoca daños ambientales que hacen necesaria la toma de medidas correctivas que palian el daño al medioambiente.
 - 3: Provocan daños medioambientales irreversibles dentro del recinto hospitalario exclusivamente, que hacen necesaria la comunicación a las autoridades.
 - 4: Provocan daños medioambientales irreversibles fuera del recinto hospitalario, que hacen necesaria la comunicación a las autoridades.
- Momento en el que podría detectarse el fallo.
 - 0: Antes de afectar al servicio. No produce efectos inmediatos.
 - 1: Inmediatamente. Siempre se detecta al funcionar el equipo.
 - 2: Siempre pero con cierto retardo. Cuando lleva cierto tiempo funcionando.
 - 3: Siempre pero de forma indirecta y con cierto retardo.
 - 4: Cuando lo detecta el usuario.
- Costes. Se consideran los siguientes niveles de escala:
 - 0: No supone un coste añadido a los estructurales.
 - 1: Supone un coste menor o igual al 10% del valor residual.
 - 2: Supone un coste menor o igual al 25% del valor residual.
 - 3: Supone un coste menor o igual al 50% del valor residual.
 - 4: Supone un coste mayor al 50% del valor residual.
- Riesgo para las personas. Está constituido por dos subcriterios:

- Riesgo para los trabajadores. Tiene asociados los niveles de escala:
 - 0: No implica riesgo para el profesional.
 - 1: Existe mecanismo de aviso anticipado de detección de fuga eléctrica o de gases.
 - 2: Existe mecanismo de detección de fuga. Corte inmediato del suministro eléctrico o de gas de alta sensibilidad.
 - 3: No existe mecanismo de detección de fuga. Corte inmediato de suministro eléctrico o de gas de media sensibilidad.
 - 4: No existe mecanismo de fuga.
- Riesgo para usuarios. Este subcriterio tiene asociado los niveles de escala:
 - 0: No tiene implicaciones sobre el paciente.
 - 1: Tiene implicaciones indirectas sin daño: desprogramaciones.
 - 2: El paciente está sometido a acciones directas sin daño.
 - 3: El paciente está sometido a acciones directas con daño.
 - 4: Tiene efectos directos muy graves con posibilidad de muerte.
- Implicación sobre otros subsistemas. Se definen los siguientes niveles de escala:
 - 0: No afecta a otros equipos o subsistemas.
 - 1: Afecta a equipos/subsistemas que no tienen actuación sobre pacientes.
 - 2: Afecta a equipos/subsistemas que tienen actuación sobre pacientes de forma no invasiva.
 - 3: Afecta a equipos/subsistemas que tienen actuación sobre pacientes de forma invasiva.
 - 4: Afecta a equipos/subsistemas que tienen actuación sobre pacientes de forma invasiva quirúrgica.
- Flexibilidad operacional. Este criterio tiene asociados los siguientes niveles de escala:
 - 0: Existe redundancia.
 - 1: Hay un equipo o instalación igual.
 - 2: Hay un equipo inferior de reserva.
 - 3: Puede habilitarse temporalmente un equipo inferior alternativo.
 - 4: No hay equipo alternativo.

4. Análisis de los subsistemas

A continuación se muestra el análisis efectuado sobre los subsistemas de alimentación eléctrica y el subsistema de climatización. Sobre el resto de subsistemas que se recogen en la Tabla 1 se ha efectuado un análisis similar.

4.1. Subsistema de alimentación eléctrica

Este subsistema contempla el conjunto de elementos que proveen de alimentación eléctrica ininterrumpida a los equipos de asistencia vital e iluminación quirúrgica, caso de fallo de alimentación eléctrica principal, siendo: transformador de aislamiento, interruptores automáticos de protección, sistema de alimentación ininterrumpida, sistema de detección de fuga eléctrica y lámpara quirúrgica. El suministro eléctrico, tanto al alumbrado quirúrgico, como al resto de los equipos se realiza a través de un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI), que se encuentra alimentado por una acometida exclusiva mediante transformador de aislamiento. En caso de fallo de la acometida a los diez minutos, se desconectan todos los circuitos de alimentación a las tomas de corriente, excepto los de asistencia vital y lámpara quirúrgica; éstos, respirador y monitor, se desconectan a los ciento veinte minutos.

En caso de fallo de aislamiento, se produce una alarma audible dentro del quirófano, que indica el riesgo de fuga eléctrica con peligro de electrocución de los profesionales y pacientes, en caso de producirse una segunda derivación en otra fase. El SAI puede entrar en posición de bypass automático, si detecta alguna anomalía interna, desconectando los acumuladores de la carga, quedando ésta sin suministro de reserva.

A continuación se van a calcular los valores de los criterios para este subsistema:

- Disponibilidad. Para el cálculo de la disponibilidad se consideran los siguientes datos:
 - Período de datos: 1 año.
 - Tasa de fallo (λ) y de reparaciones (μ) constantes.
 - La metodología a emplear es el modelo de Markov para sistemas reparables, que proporciona la disponibilidad media del subsistema (Fleming, 2004). Se considera el modelo de estados del mismo, (Figura 1), con secuencia de fallos y reparaciones, según experiencia, donde:
 - a) El SAI funciona en bypass automático. Se denominan λ_1 y μ_1 a la tasa de fallo y reparación respectivamente.
 - b) El fallo del suministro eléctrico exterior al quirófano tiene una duración inferior a 10 minutos. Tiene asociada una tasa de fallo λ_2 .
 - c) La pérdida de aislamiento de una fase lleva asociada respectivamente una tasa de fallo y reparación λ_3 y μ_3 .
 - d) La pérdida de aislamiento de la segunda fase tiene una tasa de fallo y reparación respectivamente de λ_4 y μ_4 .
 - e) El fallo del suministro eléctrico exterior al quirófano de duración superior a 10 minutos tiene una tasa de fallo λ_5 .
 - f) El sistema se considera operativo mientras esté en los estados 0, 1 ó 2; así, la disponibilidad total operativa será la que muestra la ecuación (2).

$$D_M = D_0 + D_1 + D_2 \quad (2)$$

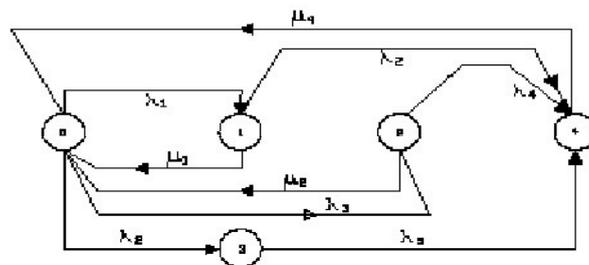


Figura 1. Modelo de estados del subsistema energía eléctrica.

La matriz A_1 es la que se muestra en la ecuación (3).

$$\begin{pmatrix} -(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) & \mu_1 & \mu_2 & 0 & \mu_4 \\ \lambda_1 & -(\lambda_2 + \mu_1) & 0 & 0 & 0 \\ \lambda_3 & 0 & -(\lambda_4 + \mu_2) & 0 & 0 \\ \lambda_2 & 0 & 0 & -\lambda_5 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

El sistema de ecuaciones a resolver es el que muestra la ecuación (4).

$$A_1 \Pi = 0_1 \quad (4)$$

siendo $\Pi = (D_0 \ D_1 \ D_2 \ D_3 \ D_4)^T$ y $0_1 = (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1)^T$.

La disponibilidad media resultante, para: $\lambda_1 = \lambda_4 = \lambda_5 = 0,0001$, $\lambda_2 = 0,0002$ y $\lambda_3 = 0,00125$ fallos/hora y $\mu_1 = \mu_2 = 0,5$; $\mu_3 = 0,3$ y $\mu_4 = 0,02$ rep/hora, según (2) y aplicando (4) es 82,67%.

- Impacto sobre la actividad. Si se produce el fallo de la alimentación eléctrica se considera que el sistema falla. El nivel de escala asociado es el 4.
- Impacto sobre el medioambiente. No existe impacto sobre el medioambiente, por tanto el nivel de escala asociado a este criterio en este subsistema es el 0.
- Momento en el que podría detectarse el fallo. Se considera que existe una alarma de detección de primer fallo, aunque no disponible para el servicio técnico, por tanto, el nivel de escala que se ha asociado es que el momento en el que podría detectarse el fallo es siempre pero de forma indirecta y con cierto retardo (nivel de escala 3).
- Costes. Los costes no han sobrepasado al 50% del valor actualizado, por tanto el nivel de escala que se ha asociado a este criterio en el que se supone un coste menor o igual al 50% del valor residual.
- Riesgo para los trabajadores. Existe mecanismo de aviso en caso de primera fuga eléctrica, por tanto, el nivel de escala que se ha asociado en este subsistema es el 1.
- Riesgo para usuarios. En caso de fallo del subsistema, el usuario tiene grave peligro de electrocución, por tanto, se ha asociado el nivel de escala que indica mayor gravedad (4).
- Implicación sobre otros subsistemas. Tiene implicación sobre sistemas invasivos quirúrgicos. Se ha asociado el nivel de escala 4, definido como “afecta a equipos/subsistemas que tienen actuación sobre pacientes de forma invasiva quirúrgica”.
- Flexibilidad operacional. En caso de fallo de alimentación eléctrica, existe posibilidad de conectar otra SAI temporalmente o utilizar otro quirófano sin seguridad de equipamiento para el mismo tipo de cirugía. Se ha asociado el nivel de escala 3.

Una vez asignados los niveles de escala a cada criterio, se determinan las ponderaciones de cada uno de ellos. En la Tabla 2 se resumen los valores obtenidos, así como el Índice de criticidad resultante.

Tabla 2. Ponderaciones e Índice de criticidad (Ic) del subsistema de alimentación eléctrica.

	Disponibilidad	Impacto sobre la actividad	Impacto sobre el medio-ambiente	Momento en el que podría detectarse el fallo	Costes	Riesgo para los trabajadores	Riesgo para usuarios	Implicación sobre otros subsistemas	Flexibilidad operacional
Ponderación	12,55	16,74	11,72	10,46	4,18	17,57	18,41	0,84	7,53
Nivel del Criterio	3	4	0	4	2	1	4	4	3
Ic = 67,99%									

5. Subsistema de Climatización

Este subsistema contempla los dispositivos de suministro y control del aire acondicionado al quirófano, abarcando la temperatura, caudal, purificación y humedad.

El aprovisionamiento del aire climatizado al quirófano se realiza en dos etapas separadas físicamente: en un primer lugar, a través de una unidad de tratamiento de aire, situada fuera del bloque quirúrgico, se realiza la regulación de temperatura, humedad y caudal, así como el filtrado hasta un 97,5% de eficacia; realizándose en una segunda etapa, a la entrada del quirófano en falso techo, el tratamiento de filtraje de alta eficacia (99,98%). En caso de rotura de una etapa filtrante, la detección se puede hacer directamente con visualización en el lugar de la instalación o, mediante medida indirecta, a través del funcionamiento anómalo del sistema de control de presión del ventilador.

El control de temperatura se realiza de forma centralizada en el panel de control, con posibilidad de variar el punto de consigna y, a la vez, transferir parte del control al usuario dentro del quirófano. El fallo en el sistema de control de temperatura se detecta por el usuario o en el panel de control de forma directa e inmediata.

El control de caudal se regula actuando sobre el punto de consigna en el panel de control, del lazo de control de la presión de impulsión del ventilador, manteniendo la sobrepresión constante en el quirófano y venciendo la resistencia variable ofrecida por el sistema de filtraje a medida que se produce el tapizado de los mismos. La suciedad de éstos se puede visualizar en la Unidad de Tratamiento de Aire (UTA), para la primera etapa de filtración o en el quirófano para la segunda. En el supuesto de una variación anómala de caudal, se detectaría directamente por el usuario o en el centro de control indirectamente, a través de la variación brusca de la temperatura ambiente o de la presión de impulsión del ventilador.

El control de humedad se regula con el lazo de control específico, cuyo controlador se encuentra situado en la UTA. En el centro de control existe visualización del valor obtenido, por lo que la detección de cualquier anomalía se realiza directamente visualizando el valor obtenido en el panel de control.

El análisis de los criterios establecidos muestra los siguientes resultados para este subsistema:

- Disponibilidad. Para el cálculo de la disponibilidad se consideran los siguientes datos:
 - Período de datos: 1 año.
 - Tasa de fallo (λ) y de reparaciones (μ) constantes.

- La metodología empleada es el modelo de Markov para sistemas reparables, que proporciona la disponibilidad media del subsistema (Fleming, 2004). Se considera el modelo de estados del mismo que muestra la Figura 2, con secuencia de fallos y reparaciones, según experiencia donde:
 - a) El cambio de filtros se realiza de forma programada, tras observación del ensuciamiento de los mismos (Gosselin et al., 1997). La tasa de fallo y reparación asociada es λ_1 y μ_1 .
 - b) La pérdida de caudal por desgaste de correa de transmisión se realiza de forma programada, tras observación de la evolución del caudal. La tasa de fallo y reparación es λ_2 y μ_2 .
 - c) Con el fallo en el sistema de control de temperatura el sistema funciona en manual. Tiene asociadas las tasas de fallo y reparación λ_3 y μ_3 .
 - d) La rotura de correa de transmisión tiene una tasa de fallo y reparación λ_4 y μ_4 .
 - e) La pérdida de potencia frigorífica por rotura de tubería o baterías lleva asociadas las tasas de fallos y reparación λ_5 y μ_5 .

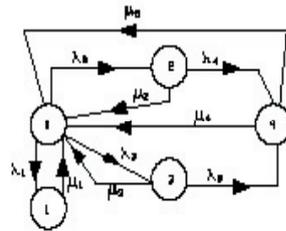


Figura 2. Modelo de estados del subsistema climatización.

La matriz A_1 es la que se muestra en la ecuación (5).

$$\begin{pmatrix} -(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) & \mu_1 & \mu_2 & \mu_3 & \mu_4 \\ \lambda_1 & -\mu_1 & 0 & 0 & 0 \\ \lambda_2 & 0 & -(\lambda_4 + \mu_2) & 0 & 0 \\ \lambda_3 & 0 & 0 & -(\lambda_5 + \mu_3) & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

El sistema se considera operativo mientras se encuentre en los estados 0, 1 ó 2; así, la disponibilidad total operativa es la que se muestra en la ecuación (6).

$$D_M = D_0 + D_1 + D_2 + D_3 \quad (6)$$

La disponibilidad media para $\lambda_1 = 0,02$, $\lambda_2 = 0,03$, $\lambda_3 = 0,05$, $\lambda_4 = 0,01$ y $\lambda_5 = 0,001$ fallos/hora y $\mu_1 = 0,015$, $\mu_2 = 0,1$, $\mu_3 = 0,15$ y $\mu_4 = 0,02$ rep/hora, según (2) y aplicando (6) es 95,05%.

- Impacto sobre la actividad. En el caso de fallo de la climatización del quirófano se considera que el sistema funciona de forma limitada, reduciendo el nivel de actividad, pudiendo parar al cabo de un cierto tiempo (una hora), si no se puede subsanar el problema. El nivel de escala asociado es el 3.

- Impacto sobre el medioambiente. No existe impacto sobre el medioambiente, por tanto, el nivel de escala que se ha asociado a este subsistema en este criterio es el 0.
- Momento en el que podría detectarse el fallo. Se considera que existe una alarma de detección de primer fallo, disponible al servicio técnico. El nivel de escala asociado es en el que el momento en el que podría detectarse el fallo es inmediatamente, y siempre se detecta al funcionar el equipo.
- Costes. Los costes no han sobrepasado al 20% del valor actualizado, por tanto, el nivel de escala que se ha asociado es el que supone un coste menor o igual al 25% del valor residual.
- Riesgo para los trabajadores. No existe riesgo para el profesional por lo que el nivel de escala que se ha asociado es el 0.
- Riesgo para usuarios. En caso de fallo del subsistema, el paciente puede sufrir consecuencias directas derivadas de la pérdida de sobrepresión en el quirófano (nivel de escala 3).
- Implicación sobre otros subsistemas. No tiene implicación sobre otros equipos o sistemas por lo que el nivel de escala de este subsistema en este criterio es 0.
- Flexibilidad operacional. No hay equipo alternativo por lo que el nivel de escala asociado es el 4.

Una vez asignados los niveles de escala a cada criterio, se determinan las ponderaciones de cada uno de ellos. En la Tabla 3 se resumen los valores obtenidos, así como el Índice de criticidad resultante.

Tabla 3. Ponderaciones e Índice de criticidad del subsistema climatización.

	Disponibilidad	Impacto sobre la actividad	Impacto sobre el medio-ambiente	Momento en el que podría detectarse el fallo	Costes	Riesgo para los trabajadores	Riesgo para usuarios	Implicación sobre otros subsistemas	Flexibilidad operacional
Ponderación	12,55	16,74	11,72	10,46	4,18	17,57	18,41	0,84	7,53
Nivel del Criterio	1	3	0	1	2	0	3	0	4
Ic = 41,74%									

6. Selección de políticas de mantenimiento y niveles de inventario

A cada uno de los subsistemas que constituyen el sistema Instalaciones y equipos quirúrgicos se le asocia una determinada política de mantenimiento, atendiendo al Índice de criticidad obtenido.

Así, para $I_c \geq 80\%$ se asigna una política de mantenimiento predictiva periódica; para $60\% \leq I_c < 80\%$, se asigna una política de mantenimiento preventivo mediante rutas periódicas; si $25\% \leq I_c < 60\%$ se asigna mantenimiento preventivo por período fijo y para $10\% \leq I_c < 25\%$ se asigna mantenimiento correctivo básico. En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos para los diferentes subsistemas analizados.

Tabla 4. Políticas de mantenimiento asociadas a cada subsistema.

Sistema	Subsistema	I _c (%)	Política de mantenimiento
Instalaciones y equipos quirúrgicos	Alimentación eléctrica	67,99	Mantenimiento preventivo mediante rutas periódicas
	Climatización	41,74	Mantenimiento preventivo por período fijo
	Alimentación agua estéril	44,77	Mantenimiento preventivo por período fijo
	Alimentación gases medicinales	75,11	Mantenimiento preventivo mediante rutas periódicas
	Equipos de intervención quirúrgicos asistencia vital	70,29	Mantenimiento preventivo mediante rutas periódicas

A partir de los Índices de criticidad obtenidos se establecen tres niveles de repuestos:

- Repuesto de emergencia. Para un $I_c > 75\%$, se considera una cantidad de repuesto fijo que garantice un nivel de contingencia del 100%.
- Repuesto normal. Para un $10\% \leq I_c \leq 75\%$, se establece un almacenamiento convencional.
- Para un $I_c < 10\%$ no se considera necesario almacenamiento.

Referencias

Crespo, A. (2006). Introducción a las Técnicas modernas en Ingeniería de Mantenimiento. Master en Administración de Empresas e Ingeniería de Organización. UCLM.

Fleming, K. N. (2004). Markov models for evaluating risk-informed-in-service inspection strategies for nuclear power plant piping systems. *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 83, pp. 27-45.

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.

Gosselin, S.R.; Fleming, K. N. (1997). Evaluation of pipe failure potential via degradation mechanism assessment. *Proceedings of INCONE 5, Fifth International Conference on Nuclear Engineering*. May 26-30, Nice, France.