



# Índice de prioridad de seguridad eléctrica para equipo médico (IPSEEM)

Ortiz-Posadas M.R.,\*  
Vernet-Saavedra E.A.\*

\* Departamento de Ingeniería  
Eléctrica, Universidad Autónoma  
Metropolitana-Iztapalapa, México.

Correspondencia:  
Martha Refugio Ortiz Posadas,  
posa@xanum.uam.mx

Artículo recibido: 6/noviembre de 2006  
Artículo aceptado: 28/marzo de 2007

## RESUMEN

Debido a la extensa variedad de tecnología médica que existe en las diferentes áreas hospitalarias, una cuestión importante es decidir a qué equipos y con qué frecuencia se les deben realizar pruebas de seguridad eléctrica, ya que hay diferencias muy importantes en términos del tipo de aislamiento y el riesgo para el paciente que está en contacto con el equipo. Por esto, el objetivo de este trabajo fue desarrollar un índice de prioridad de seguridad eléctrica para equipos médicos (IPSEEM) integrando las perspectivas de diferentes clasificaciones que consideran diversos aspectos relacionados con el riesgo eléctrico de los equipos médicos, mediante una función matemática que arroja un código numérico que indica la prioridad del equipo en términos de la seguridad eléctrica. El índice se calculó para todos los equipos médicos que deben estar disponibles en las áreas críticas según la normatividad nacional y se analizó su pertinencia.

## Palabras clave:

Seguridad eléctrica, equipo médico, índice de seguridad eléctrica.

## ABSTRACT

Due to the wide variety of equipment existing in clinical areas, there is an important question: which and how often electrical safety tests must be applied to the medical equipment. There are important differences about the electrical safety, such as the electrical insulation or the hazard considering the connection between patient and electrical instrumentation. The objective of this work was to develop an electrical safety priority index for medical equipment (ESPIIME) involving different classifications related with electrical safety, in order to provide a numeric code indicating the priority and frequency for applying the electrical safety tests to medical equipment. The index were applied to the medical equipment in critical care locations and the result, were used to defined which set of medical equipment would be the first for developing and applying electrical safety tests in a private hospital in Mexico City.

## Key Words:

Electrical safety, Medical equipment, Electrical safety index.

## I. INTRODUCCIÓN

Debido a la extensa variedad de equipos que existen en las áreas clínicas, una cuestión importante es decidir con qué frecuencia se les deben realizar pruebas de seguridad eléctrica, ya que hay diferencias importantes en el tipo de aislamiento y el riesgo del paciente que está conectado al equipo. Por lo anterior, se detectó la necesidad de tener un método para la toma de decisiones sobre la prioridad para aplicar una rutina de seguridad eléctrica a un equipo médico específico y saber con qué frecuencia. Existen varias clasificaciones de equipo médico que consideran un aspecto particular de seguridad eléctrica, como el riesgo físico<sup>1</sup>, la conexión al paciente<sup>2</sup> o el tipo de aislamiento<sup>3</sup> entre otras. Aunque en cierta forma todas guardan alguna relación, cada una reporta diferente información sobre la seguridad de los equipos. De este modo, se propuso un *índice de prioridad de seguridad eléctrica para equipos médicos (IPSEEM)* integrando las perspectivas de diferentes clasificaciones que consideran diversos aspectos relacionados con el riesgo eléctrico, mediante una función matemática que arroja un código numérico que indica la prioridad del equipo en términos de la seguridad eléctrica. El índice se calculó para los equipos de las áreas críticas y se analizó su pertinencia.

## II. METODOLOGÍA

Se analizaron cinco clasificaciones de equipo médico que consideran diferentes aspectos relacionados con la seguridad eléctrica. A continuación se describe cada una de ellas explicando el aspecto particular que considera, las diferentes condiciones que analiza y se propone una ponderación ( $\rho$ ) a cada valor en función del impacto del riesgo.

### C<sub>1</sub>. Clasificación por riesgo estático

Esta clasificación considera el *tipo* de equipo y dos aspectos más: su *función*, que define la aplicación y el ambiente en el que opera (Cuadro I) y el *riesgo físico*, que define el peor escenario cuando el equipo está dañado y la consecuencia que puede tener el paciente (Cuadro II). Como puede observarse, el equipo tiene asignada una ponderación ( $\rho$ ) que representa la relevancia de cada aspecto, considerando el grado de interacción con el paciente<sup>1</sup>.

El *riesgo estático* (RE) se calcula sumando los valores de la función del equipo ( $F_E$ ) y el riesgo físi-

**Cuadro I.** Ponderación de la función del equipo.

Tipo	Función del equipo ( $F_E$ )	$\rho$
Terapéutico	Soporte de vida	25
	Cirugía y cuidados intensivos	23
	Terapia física y tratamiento	20
Diagnóstico	Monitoreo quirúrgico e intensivo	18
	Monitoreo adicional y diagnóstico	15
Analítico	Laboratorio analítico	13
	Accesorios de laboratorio	10
	Computadoras y relacionados	8
Otros	Relacionado paciente y otros	5

**Cuadro II.** Ponderación del riesgo físico del equipo.

Riesgo físico ( $R_F$ )	$\rho$
Muerte del paciente u operador	25
Lesión del paciente u operador	20
Terapia inapropiada o diagnóstico erróneo	15
Disconformidad paciente	10
No riesgo significativo	5

co ( $R_F$ ), como se muestra en la expresión:  $RE = F_E + R_F$ . El valor máximo que RE puede adquirir, se calcula considerando la mayor ponderación para  $F_E$ : *soporte de vida* = 25 (Cuadro I) y el mayor  $R_F$ : *muerte para el paciente o el operador* = 25 (Cuadro II), de modo que:  $RE = 25 + 25 = 50$ . Este factor se utilizó para normalizar la función, de tal forma que estuviera acotada en el intervalo [0, 1]. Así, la expresión anterior se modifica de la siguiente forma:

$$RE = \frac{F_E + R_F}{50} \quad (1)$$

### C<sub>2</sub>. Clasificación por el grado y calidad de las medidas de seguridad

Esta clasificación evalúa el riesgo del usuario o paciente en función del contacto que tenga con el equipo, considerando tres condiciones de seguridad eléctrica:

*Equipo tipo H.* Tiene un nivel de seguridad eléctrica comparable con los aparatos domésticos. Generalmente el riesgo eléctrico puede ser disminuido mediante una inspección regular al equipo y a la fuente de alimentación, la cual está aislada de la fuente principal<sup>2</sup>.

*Equipo tipo B.* Tiene un nivel de seguridad eléctrica alto. La corriente de fuga no debe exceder 500  $\mu A$  y generalmente se usan con conexiones externas al paciente<sup>2</sup>.

*Equipo tipo C.* Tiene el nivel de seguridad eléctrica más alto. La corriente de fuga no debe exceder  $10 \mu A$  y el equipo puede ser usado con conexión interna al paciente (directamente al corazón o en arterias grandes)<sup>2</sup>.

Se hizo una ponderación de estas tres condiciones (Cuadro III). Se asignó un 60% a los equipos Tipo C por la conexión interna al paciente y tener el mayor riesgo debido a la impedancia menor dentro del cuerpo humano. Para los equipos Tipo B se asignó un 30% porque están conectados externamente y la impedancia de la piel es mayor. Note que la diferencia entre estas dos ponderaciones es 30%, lo cual hace evidente que un equipo con conexión interna al paciente genera un riesgo mucho mayor que uno conectado externamente. En el caso de los equipos tipo H se asignó un 10% porque no están en contacto directo con el paciente, hay menos posibilidades de un accidente eléctrico. La diferencia entre la ponderación con el tipo B es de 20%, porque un equipo en contacto externo *directo* tiene mayor riesgo. Asimismo se hizo una normalización de estos valores para acotar el resultado en [0, 1].

**C<sub>3</sub>. Clasificación por el nivel de aislamiento por IEC**

Esta clasificación analiza el tipo de aislamiento entre partes energizadas y conductivas expuestas del equipo, considerando tres clases:

*Clase 1.* El equipo tiene tierra protectora. Cuando una falla genera una corriente grande, fluye de las partes principales a la tierra protectora, causando que un dispositivo de protección (ej. un fusible) en el circuito principal desconecte al equipo de la fuente de alimentación<sup>3</sup>.

*Clase 2.* Estos equipos tienen un doble aislamiento o aislamiento reforzado. La protección básica está dada por la primera capa de aislamiento, si ésta falla, se provee una protección adicional con una segunda capa de aislamiento. El aislamiento reforzado está definido como una capa de aislamiento que ofrece el mismo grado de protección que el doble aislamiento<sup>3</sup>.

**Cuadro III.** Ponderación, clasificación, grado y calidad.

Clase C <sub>i</sub> (i = C, B, H)	$\rho$ (%)	$\rho$ normalizada
Tipo C	60	1.00
Tipo B	30	0.50
Tipo H	10	0.16

*Clase 3.* La protección en estos equipos reside en el hecho de que maneja voltaje extra seguro o SELV (Secure Extra Low Voltage) definido como un voltaje menor a 25 VAC o 60 VDC. Tales equipos pueden ser operados con batería o con un transformador con SELV<sup>3</sup>.

La ponderación de estas clases se muestra en el Cuadro IV. Se asignó un 50% para la clase 1 porque al tener el menor aislamiento representa el mayor riesgo. Para la clase 2 se asignó un 40% porque el riesgo disminuye al tener doble aislamiento y para la clase 3 se asignó un 10% por tener el mejor nivel de aislamiento, ya que maneja corrientes que no son peligrosas porque trabaja con voltajes de corriente directa. La diferencia de 10% entre la ponderación de las clases 1 y 2 se debe a que ambas trabajan con voltajes altos, corriente alterna y una frecuencia riesgosa para el cuerpo humano. La diferencia entre las ponderaciones de las clases 2 y 3 es de 30% para enfatizar que es mucho más seguro manejar voltajes bajos o corrientes directas.

**C<sub>4</sub>. Clasificación por el nivel de riesgo físico por la FDA**

La FDA tiene políticas de cancelación de operación de equipo médico de acuerdo al riesgo al que se expone el paciente y/o el operador cuando está en uso y considera tres clases:

*Clase I.* Equipos peligrosos o defectuosos que en su uso o exposición puedan causar una lesión irreversible o la muerte. Por ejemplo, un equipo de monitoreo para detectar arritmias cardiacas que no active la alarma durante una taquicardia ventricular o fibrilación ventricular<sup>4,5</sup>.

*Clase II.* Equipos que en su uso o exposición puedan causar problemas de salud temporales médi-

**Cuadro IV.** Ponderación para la clasificación IEC.

Clase C <sub>k</sub> (k = 1,2,3)	$\rho$ (%)	$\rho$ normalizada
Clase 1	50	1.0
Clase 2	40	0.8
Clase 3	10	0.2

**Cuadro V.** Ponderación para la clasificación FDA.

Clase C <sub>i</sub> (i = I,II,III)	$\rho$ (%)	$\rho$ normalizada
Clase I	55	1.00
Clase II	40	0.72
Clase III	5	0.09

camente reversibles. Por ejemplo, una camilla con ruedas sin mecanismo de frenado<sup>4,5</sup>.

*Clase III.* Equipos que en su uso o exposición sea poco probable que cause alguna consecuencia en contra de la salud, pero que viola alguna regulación de manufactura. Por ejemplo, que un transductor neumático pulmonar se encuentra descalibrado<sup>4,5</sup>.

En el Cuadro V se muestra la ponderación de cada clase. Observe que la clase I es la de mayor riesgo (porque implica la muerte) con la mayor ponderación (55%). Note que esta ponderación y la de la clase II (40%) sólo tienen una diferencia de 15% por la cercanía que hay entre la lesión temporal y la lesión no reversible. Al contrario de lo que pasa con las clases II y III cuya diferencia en sus ponderaciones es 35% porque el riesgo en esta última es mucho menor.

**C<sub>5</sub>. Clasificación por el contacto con el paciente**

Esta clasificación define tres tipos de paciente en función del contacto que tiene con el equipo:

*General (G).* Pacientes que eventualmente son conectados a algún equipo, que están débiles y que tienen incrementada la susceptibilidad por los medicamentos<sup>2</sup>.

*Susceptible (S).* Pacientes que están intencionalmente conectados al equipo a través de una conexión externa de baja impedancia. Estos pacientes pueden estar débiles y susceptibles a una fibrilación ventricular<sup>2</sup>.

*Crítico (C).* Pacientes que tienen una vía conductiva eléctricamente directa a algún ventrículo del corazón. Éstos están muy débiles y susceptibles a una fibrilación<sup>2</sup>.

En el Cuadro VI se muestra la ponderación para esta clasificación, la cual se definió con los mismos criterios que para la clasificación C<sub>2</sub>.

**III. ÍNDICE DE PRIORIDAD DE SEGURIDAD ELÉCTRICA DE EQUIPO MÉDICO (IPSEEM)**

Para integrar la información de las cinco clasificaciones descritas se asignó una ponderación global ( $\omega_i$ ) a cada una de ellas, observando la importancia del elemento que analizan (Cuadro VII), ya que el índice que se va a proponer debe evaluar el riesgo eléctrico. De este modo la clasificación C<sub>3</sub> tiene el valor más alto ( $\omega_3 = 0.30$ ) porque analiza el aislamiento del equipo. Las clasificaciones C<sub>2</sub> y C<sub>5</sub> tienen una ponderación de  $\omega_{2,5} = 0.25$  porque analizan el contacto del equipo con el paciente. Por último, como C<sub>1</sub> y C<sub>4</sub> analizan el riesgo físico del equipo, se les asignó una ponderación de  $\omega_{1,4} = 0.10$ , porque aunque no mencionan específicamente el riesgo eléctrico, se sabe que éste puede ser traducido en un riesgo físico.

Se propone entonces la expresión general (2) como la función para calcular el IPSEEM [6]:

$$IPSEEM = \omega_i \sum_{i=1}^5 C_i \tag{2}$$

Donde: C<sub>i</sub> es la clasificación que se evalúa (i = 1, ..., 5).

$\omega_i$  es el factor de ponderación global para cada clasificación

Sustituyendo  $\omega_i$  (Cuadro VIII) en la expresión (2) se obtiene:

$$IPSEEM = 0.10(C_1) + 0.25(C_2) + 0.30(C_3) + 0.10(C_4) + 0.25(C_5) \tag{3}$$

**Cuadro VI.** Ponderación por contacto con el paciente.

Clase C <sub>m</sub> (m=G,S,C)	$\rho$ (%)	$\rho$ normalizada
Clase C	60	1.00
Clase S	30	0.50
Clase G	10	0.16

**Cuadro VII.** Ponderación de las clasificaciones.

Clasificación (C <sub>i</sub> )	Elemento analizado	$\omega_i$
C <sub>1</sub> . Riesgo estático	Función y riesgo físico	0.10
C <sub>2</sub> . Grado y calidad	Conexión al paciente	0.25
C <sub>3</sub> . IEC	Aislamiento	0.30
C <sub>4</sub> . FDA	Riesgo físico	0.10
C <sub>5</sub> . Hill	Tipo de paciente	0.25

**Cuadro VIII.** Ponderaciones de cada valor del dominio de cada clasificación.

C <sub>i</sub>	C <sub>2j</sub>			C <sub>3k</sub>			C <sub>4l</sub>			C <sub>5m</sub>		
Dominio	H	B	C	1	2	3	III	II	I	C	S	G
Ponderación	0.16	0.5	1.0	0.55	0.65	1.0	0.09	0.72	1.0	0.16	0.5	1.0

Sustituyendo la expresión (1) para la clasificación  $C_1$  e incorporando los dominios específicos de las clasificaciones restantes, se obtiene la expresión (4) para el cálculo del IPSEEM.

$$IPSEEM = 0.10\left(\frac{FE + RF}{50}\right) + 0.25(C_{2_j}) + 0.30(C_{3_k}) + 0.10(C_{4_l}) + 0.20(C_{5_m}) \quad (4)$$

Donde j, k, l y m corresponden las condiciones de cada clasificación en términos de su ponderación (Cuadro VIII). Observe que el valor del IPSEEM queda acotado en el intervalo [0, 1] porque todas las ponderaciones fueron normalizadas. El valor cero indica la más baja prioridad y el uno la más alta para aplicarle su rutina de seguridad eléctrica al equipo correspondiente.

#### IV. RESULTADOS

Para ilustrar el uso del IPSEEM se calculó en tres equipos diferentes: Monitor de signos vitales (MSV), ventilador (V) y equipo de electrocirugía (EEc), con el fin de observar si el cambio en el índice refleja de manera efectiva la prioridad de seguridad eléctrica que debe tener un equipo médico específico.

1)  $IPSEEM_{MSV}$ . Primero se evaluó el equipo en cada una de las clasificaciones y se asignó el valor del dominio correspondiente (Cuadro IX). Observe que en  $C_1$  el valor para  $F_E = 18$ , ya que el monitor es un equipo de diagnóstico (Cuadro I), y el valor para  $R_F = 15$ , ya que si el monitor no estuviera operando

**Cuadro IX.** Valores de las clasificaciones asignados para un MSV.

$C_i$	Dominio	Resultado
$C_1$	$F_E = 18, R_F = 15$	0.66
$C_2$	$j = B$	0.50
$C_3$	$k = 2$	0.80
$C_4$	$l = II$	0.72
$C_5$	$m = S$	0.50

**Cuadro X.** Valores de las clasificaciones para un ventilador.

$C_i$	Dominio	Resultado
$C_1$	$F_E = 25, R_F = 25$	1.00
$C_2$	$j = B$	0.16
$C_3$	$k = 1$	1.00
$C_4$	$l = I$	1.00
$C_5$	$m = G$	0.16

adecuadamente, la consecuencia sería un diagnóstico erróneo (Cuadro II). Posteriormente se aplicó la expresión (1) y se obtuvo  $RE = 0.66$ . En  $C_2$  el equipo quedó ubicado como *tipo B* (conexión externa) con un valor de 0.5. En  $C_3$  el monitor se ubicó en la clase 2 (doble aislamiento) con un valor de 0.8. En  $C_4$  se ubicó en la clase II (problemas reversibles) con un valor de 0.72 y para  $C_5$  se evaluó como tipo S (susceptible) con un valor de 0.5 (Cuadro IX).

Para calcular el  $IPSEEM_{MSV}$ , se sustituyeron los valores del Cuadro IX en la expresión (3):

$$IPSEEM_{MSV} = 0.10(0.66) + 0.25(0.5) + 0.30(0.8) + 0.10(0.72) + 0.25(0.5) = 0.628$$

2)  $IPSEEM_V$ . Se procedió del mismo modo que para el monitor, o sea, se evaluó el equipo en cada clasificación. El valor del  $IPSEEM_V$  se calculó sustituyendo los valores del Cuadro X en la expresión (3):

$$IPSEEM_V = 0.10(1) + 0.25(0.16) + 0.30(1) + 0.10(1) + 0.25(0.16) = 0.580$$

3)  $IPSEEM_{EEc}$ . Se procedió del mismo modo que para los dos equipos anteriores. El valor del  $IPSEEM_{EEc}$  se calculó sustituyendo los valores del Cuadro XI en la expresión (3):

$$IPSEEM_{EEc} = 0.10(0.86) + 0.25(1) + 0.30(0.8) + 0.10(1) + 0.25(1) = 0.926$$

Observe que el equipo de electrocirugía obtuvo el mayor índice (0.926) ya que cuando se utiliza, el paciente está totalmente expuesto y el riesgo eléctrico es mucho mayor que en el caso de los otros dos equipos, en los cuales se obtuvo un índice de 0.628 para el MSV y 0.580 para el ventilador, dado que la condición del paciente en estos casos es de menor exposición al riesgo.

Posteriormente, se calculó el IPSEEM para todos los equipos que deben estar disponibles en las áreas críticas (cirugía, terapia intensiva, urgencias y tóxicología) según los cuadros básicos de equipo médico del IMSS<sup>7</sup> y la SSA<sup>8</sup>, así como la Norma Oficial

**Cuadro XI.** Valores de las clasificaciones para un equipo de electrocirugía.

$C_i$	Dominio	Resultado
$C_1$	$F_E = 23, R_F = 25$	0.86
$C_2$	$j = C$	1.0
$C_3$	$k = 2$	0.8
$C_4$	$l = I$	1.0
$C_5$	$m = C$	1.0

**Cuadro XII.** Aplicación de la función IPSEEM en equipos médicos.

Equipo	$F_E$	$C_1$ $R_F$	RE	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	IPSEEM	Prioridad
Electrocirugía	23	20	0.86	1.00	0.8	1.0	1.00	0.926	
Desfibrilador	20	25	0.90	0.50	0.8	1.0	0.50	0.680	
Cardiotocógrafo	15	10	0.50	0.50	1.0	0.72	0.50	0.672	
Cama eléctrica	5	15	0.40	0.50	1.0	0.72	0.50	0.662	ALTA
Monitor SV	18	15	0.66	0.50	0.8	0.72	0.50	0.628	
Electrocardiógrafo	18	15	0.66	0.50	0.8	0.72	0.50	0.628	
Ventilador	25	25	1.00	0.16	1.0	1.00	0.16	0.580	
Bomba de circulación	23	25	0.96	0.16	1.0	1.00	0.16	0.576	
Incubadoras	20	25	0.90	0.16	1.0	1.00	0.16	0.570	
Microscopio	23	5	0.56	0.16	1.0	0.09	0.16	0.445	
Colposcopio	23	5	0.56	0.16	1.0	0.09	0.16	0.445	
Endoscopio	23	5	0.56	0.16	1.0	0.09	0.16	0.445	MEDIA
Aspirador	20	5	0.50	0.16	1.0	0.09	0.16	0.439	
Báscula	15	5	0.40	0.16	1.0	0.09	0.16	0.429	
Negatoscopio	5	5	0.20	0.16	1.0	0.09	0.16	0.409	
Lámpara de haz fijo	0	5	0.10	0.16	1.0	0.09	0.16	0.399	
Máquina de anestesia*	23	15	0.76	0.16	0.2	0.72	0.16	0.288	
Bomba de infusión	20	15	0.70	0.16	0.2	0.09	0.16	0.219	
Esfigmomanómetro digital	15	15	0.60	0.16	0.2	0.09	0.16	0.209	
Lámpara de cirugía*	23	5	0.56	0.16	0.2	0.09	0.16	0.205	BAJA
Humidificador	20	5	0.50	0.16	0.2	0.09	0.16	0.199	
Nebulizador	20	5	0.50	0.16	0.2	0.09	0.16	0.199	
Termómetro digital	15	5	0.40	0.16	0.2	0.09	0.16	0.189	
Estuche de diagnóstico	15	5	0.40	0.16	0.2	0.09	0.16	0.189	

\* El equipo se encuentra conectado a un tablero de aislamiento

**Cuadro XIII.** Intervalo y frecuencia para realizar las pruebas de seguridad eléctrica a los equipos médicos.

Prioridad	Intervalo	Frecuencia
Prioridad alta	[1, 0.60]	3 meses
Prioridad media	(0.6, 0.20]	6 meses
Prioridad baja	< 0.20	12 meses

Mexicana NOM 197<sup>9</sup>, obteniéndose la lista de equipos mostrada en el Cuadro XII. Observe que en el caso de  $C_1$  se incorporaron los valores de  $F_E$  y de  $R_F$  necesarios para calcular el riesgo estático (RE).

Una vez obtenido el IPSEEM de cada equipo, se establecieron tres intervalos a los que se les asignó un nivel de prioridad: *alta*, *media* y *baja* (Cuadro XIII). Los equipos con alta prioridad estarán en el intervalo [1.0, 0.60] y los equipos con prioridad media en (0.60, 0.20], englobando así el 80% del valor total del índice, incorporando a la mayoría de los equipos, con el objetivo de garantizar que se les aplique las pruebas de seguridad eléctrica al menos dos veces al año en el caso de la prioridad media. Para la baja prioridad se asignó el 0.20 res-

tante, teniendo el menor intervalo de desplazamiento y por lo tanto la menor cantidad de equipos.

De acuerdo al nivel de prioridad se asignó la frecuencia con la que se deben realizar las rutinas de seguridad eléctrica en el periodo de un año. Dicha frecuencia se determinó en función de reportes sobre acciones de mantenimiento realizados en equipo médico en diferentes hospitales y en función de la experiencia propia. Para *alta* prioridad se propone una frecuencia de 3 meses, para prioridad *media* la frecuencia se estableció de 6 meses y para prioridad *baja*, por lo menos una vez al año. Como puede observarse, a valores mayores del IPSEEM mayor es la prioridad y por tanto, una frecuencia mayor para la realización de las pruebas de seguridad eléctrica a los equipos.

De acuerdo con las prioridades definidas en el Cuadro XII se puede observar que los primeros seis equipos tienen una alta prioridad, por lo que hay que programar la realización de sus rutinas de seguridad eléctrica cuatro veces al año. En el caso de los nueve siguientes equipos, tienen una prioridad media, por lo que hay que realizar sus rutinas

semestralmente y para los equipos restantes solamente una vez al año.

## V. CONCLUSIÓN

Contar con un instrumento que auxilie en la toma de decisiones relacionadas con la gestión de la tecnología médica, como se ha demostrado, resulta útil, sobre todo en cuestiones relacionadas con el mantenimiento y la seguridad del equipo, ya que se tiene una amplia gama de equipos con complejidades tecnológicas muy diferentes que resultan en requerimientos de mantenimiento distintos. En este sentido, el IPSEEM facilita al personal técnico del departamento de ingeniería biomédica en los hospitales una herramienta muy útil en términos de la programación de los servicios de mantenimiento preventivo relacionados con la seguridad eléctrica que hay que realizarles a todos los equipos médicos disponibles en una unidad médica.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Gullikson M. "Risk Factors, Safety, and Management of Medical Equipment" en *Clinical Engineering*. Eds Yadin David et al. Boca Raton FL. CRC PRESS. 2003. Capítulo 3, pp 3.1- 3.5
2. Hill DW. *Intensive care instrumentación*. Ed. Academic Press Inc. 1979 pp. 216-220.
3. EBME. *Classes and types of medical electrical equipment, 1999-2006*. Disponible en: <http://www.ebme.co.uk/arts/safety/part4.html> Consultado en Noviembre 2005.
4. Bronzino J. *Management of Medical Technology*. Butterworth-Heinemann. 1992. EUA.
5. US Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition Industry Affairs Staff Brochure. *FDA Recall Policies, June 2002*. Disponible en: <http://www.cfsan.fda.gov/~lrd/recall2> Consultado en Febrero 2006.
6. Ortiz-Posadas MR, Vernet-Saavedra EA. *Electrical Safety Priority Index for Medical Equipment*. Proceedings 28th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. New York City, USA, p. 6614-6617, 2006.
7. Instituto Mexicano del Seguro Social. *Cuadro Básico de Instrumental y Equipo Médico*. 2006 Disponible en <http://www.imss.gob.mx/cuadrosbasicos/instrumental/> Consultado en Octubre 2006.
8. Consejo de Salubridad General. *Cuadro básico y catálogo de instrumental y equipo médico*. Tomo II. Disponible en: [http://www.salud.gob.mx/unidades/csg/cuads\\_bas\\_cat2002/instrumental/EDICION2004/EQUIPO%20TOMO%20II.pdf](http://www.salud.gob.mx/unidades/csg/cuads_bas_cat2002/instrumental/EDICION2004/EQUIPO%20TOMO%20II.pdf) Consultado en Octubre 2006.
9. Secretaría de Salud. *NOM-197-SSA1-2000*. Que establece los requisitos mínimos de infraestructura y equipamiento de hospitales y consultorios de atención médica especializada. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/197ssa10.html> consultada en octubre 2006.