

# Modelo para Evaluación de Tecnología Biomédica y su Aplicación en la Adquisición de Equipos para un Hospital Público Colombiano

A. M. Hernandez<sup>1</sup>, L. F. Ruiz<sup>2</sup>, C. M. Duque<sup>2</sup>, J. I. Alzate<sup>2-3</sup> y J. H. Garcia<sup>1-3</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Antioquia/Facultad de Ingeniería, Docente-Investigador GIBIC, Medellín, Colombia

<sup>2</sup> E.S.E. Hospital La María, Unidad Funcional de Ingeniería Clínica, Medellín, Colombia

<sup>3</sup> Universidad de Antioquia/Facultad de Ingeniería, Estudiante Maestría en Ingeniería, Medellín, Colombia

**Abstract**—This paper describes a model designed to evaluate biomedical technology in an acquisition process for a Colombian public hospitals but also could be applied in other health care institutions. The proposed model has demonstrated very good performance and robustness in a medium corrupted by bad practices in the acquisition of expensive biomedical technologies, which have represented important saving for the public institution. Are presented a contemporary review of models for biomedical technology acquisition and a detailed description of the designed model for a public Colombian hospital with the results of its application in the buying the endowment of its intensive care unit (ICU). The amount in saving for an ICU with thirteen beds rises to 16%, taking into account that in majority of cases, the prices paid by public institutions are the prices of quotations of sellers.

**Palabras claves**— Ingeniería hospitalaria, adquisición, evaluación de tecnología, tecnología biomédica, modelado.

## I. INTRODUCCIÓN

Los gobiernos, a través de ministerios o entes administradores de salud, establecen los criterios para destinar recursos a dotación hospitalaria. En el caso Colombiano, se trata del Ministerio de Protección Social [1] y se han establecido diferentes procedimientos y metodologías para realizar la adquisición de equipos. Sin embargo dichas propuestas son muy generales y aunque tienen en cuenta la evaluación de la necesidad, la creación de comités de adquisición, la evaluación de la tecnología, el impacto en la comunidad, el costo-beneficio, la vida útil, el costo de repuestos y la evaluación de proveedores entre otros; su efectividad se ve limitada por la falta de especificidad y la ausencia de seguimiento post-adquisición.

El alto costo de la tecnología biomédica, su complejidad y calidad, cuyo principal objetivo es el cuidado y manejo seguro del paciente [2], sumado a las diferentes ofertas del mercado, exigen que el proceso de adquisición tenga claramente definidas las estrategias y procedimientos de forma sistemática, objetiva y transparente [3] [4] [5]. La valoración cuantitativa de las ofertas presentadas, sustentada en beneficios técnicos y financieros, con un

ejemplo de aplicación se propone en este artículo como una guía para instituciones hospitalarias.

## II. METODOLOGÍA

El modelo de evaluación (Fig. 1) que se presenta ha sido implementado, evaluado y ajustado durante la dotación de los servicios de Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), Unidad de Cuidados Especiales (UCE), Cirugía, Central de Esterilización, Hospitalización y Urgencias del Hospital Público La María de Medellín, Colombia. A continuación se presenta el procedimiento llevado a cabo con los vendedores, se describe la evaluación de características técnicas y el proceso de valoración y cálculo de puntajes.

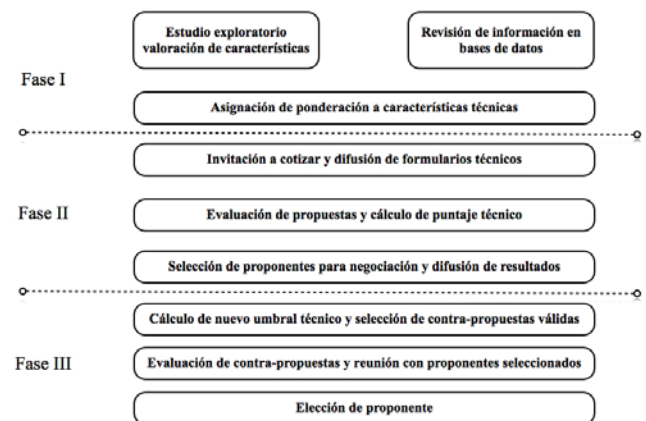


Fig. 1 Fases en el proceso de evaluación de tecnología biomédica.

### A. Fases en el proceso de evaluación

El proceso de adquisición de tecnología biomédica requiere la detección de la necesidad, la gestión de los recursos financieros, la definición del proceso de compra, la evaluación de propuestas y el seguimiento post-adquisición [6]. Este artículo trata exclusivamente del proceso de evaluación de tecnología, que se ha dividido en tres fases ilustradas en la Figura 1. En la primera fase se busca asignar

valores a los factores de ponderación del modelo. Dichos factores dependen de la tecnología objeto de la adquisición y se ajustan en función de los reportes hallados en bases de datos como ECRI [7] o INVIMA [8] y de un estudio exploratorio realizado a través de cuestionarios aplicados a usuarios y a ingenieros líderes en la gestión de la tecnología en clínicas y hospitales. La segunda fase consiste en la evaluación de especificaciones técnicas de los equipos ofertados, en esta fase se descartan los equipos que no cumplen con las especificaciones técnicas básicas. La tercera fase busca realizar una negociación con los proponentes de equipos que cumplen las especificaciones técnicas básicas.

El primer formulario permite consignar las especificaciones técnicas del equipo, el segundo incluir servicios complementarios, valores agregados, insumos o componentes adicionales como parte de la oferta. El tercer formulario incluye características técnico-administrativas (ver Tabla 1).

La exploración de la valoración que los usuarios dan a las especificaciones técnicas de los equipos se realiza mediante cuestionarios a médicos especialistas, terapeutas, enfermeros e ingenieros hospitalarios. La información adquirida se procesa mediante histogramas y gráficos de dispersión con el fin de encontrar coincidencias, generalmente habituales, en cuanto a la importancia de las características técnicas de los equipos. Con esta información es posible descartar variables y asignar ponderación a las variables consideradas importantes por los expertos.

## B. Fase II: Valoración de propuestas y preselección

Es recomendable invitar a cotizar al mayor número de proveedores posible, en el Hospital La María se utiliza el aplicativo web Bionexo [9], que permite contactar a los diferentes proveedores de tecnología biomédica a nivel nacional. Los proveedores realizan una oferta económica a través de la plataforma y diligencian los formularios, todo ello disponible en la página Web de la institución [10]. Adicionalmente cada proveedor debe entregar la documentación de forma física y adicionar información relacionada con el portafolio de la empresa y las especificaciones técnicas de los equipos ofertados.

Cuando los oferentes lo requieran o la cuantía de la compra lo amerite, es recomendable realizar una reunión para difundir los términos del proceso de adquisición y la forma de evaluación [11].

Como puede apreciarse en la Figura 2, el modelo de valoración consiste en un árbol jerárquico a partir de la siguiente ecuación para cada equipo a evaluar:

Tabla 1: Características técnico-administrativas a incluir en el tercer formulario

Ítem	Sigla
Tiempo de entrega (en días)	Te
Tiempo de garantía (en años)	Tg
Número de mantenimientos preventivos durante la garantía.	Mp
Número de calibraciones durante la garantía.	Cg
Número y copia del registro como equipo médico	Reg
Capacitación en manejo a usuarios (en número de horas).	Cus
Capacitación técnica (en número de horas).	Ctec
Horas del equipo en demostración	Demo
Disponibilidad de soporte técnico en la ciudad.	St
Años que garantizará disponibilidad de repuestos	Disp-rep
Costo del servicio anual de mantenimiento preventivo	C <sub>Mp</sub>
Disposición para prestar equipo de respaldo.	Prest
Manuales de servicio y operación	Man

$$P_F = P_I * 70\% + P_{II} * 5\% + P_{III} * 25\% \quad (1)$$

En donde  $P_F$  es el puntaje final obtenido y depende de los puntajes  $P_I$ ,  $P_{II}$  y  $P_{III}$  ponderados en un 70%, un 5% y un 25% respectivamente.  $P_I$  cuantifica la valoración dada a los parámetros técnicos del equipo, mientras que  $P_{II}$  y  $P_{III}$  valoran las ventajas competitivas de la propuesta.

El segundo nivel jerárquico, corresponde a las ecuaciones que, para cada equipo, permiten obtener los puntajes de  $P_I$ ,  $P_{II}$  y  $P_{III}$ . En el caso de la valoración de un ventilador mecánico (ver Fig. 2), dichas ecuaciones tienen la siguiente estructura:

$$P_I = CB * 0.3 + CE * 0.2 + MV * 0.2 + A * 0.1 + OC * 0.1 + CI * 0.1 \quad (2)$$

En donde cada uno de los parámetros ponderados corresponde a una subcategoría, así: Características Básicas (CB), Características Especiales (CE), Modos Ventilatorios (MV), Alarmas (A), Otras Características (OC) y Complementos Incluidos (CI).

Por otra parte, también en el nivel 2 de jerarquía, las ecuaciones que cuantifican las ventajas competitivas son:

$$P_{II} = \frac{VC}{VN * 10\%} \quad (3)$$

$$P_{III} = \left( Te + \frac{Tg}{2} + \frac{Mp}{8} + \frac{Cg}{4} + Reg + \frac{Cus + Ctec}{20} + \frac{Demo}{48} + \frac{St + \frac{Disp-rep}{10} + \frac{VN * 2\%}{C_{Mp} \left( \frac{8}{Mp} \right)} + Prest + Man}{12} \right) \quad (4)$$

En la ecuación (3), VC corresponde a la sumatoria de los posibles consumibles o partes incluidos (diligenciando el formulario 2), mientras que VN es el valor neto del equipo cotizado.  $P_{II}$  tendrá un valor igual a 1 cuando los consumibles incluidos en la oferta igualen el 10% del valor del equipo cotizado y podrá ser mayor a 1.

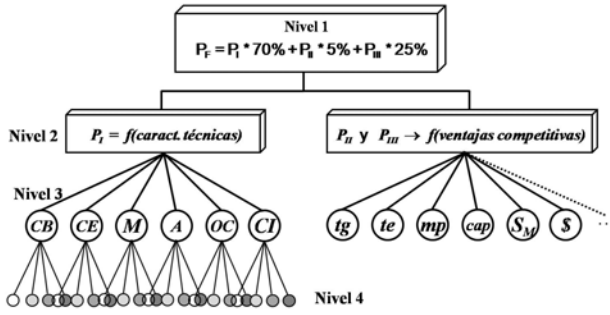


Fig. 2 Diagrama de bloques que describe la asignación de puntajes en la valoración de las propuestas.

En cuanto a la ecuación (4), cada sumando corresponde a cada una de las características consignadas en el formulario 3 (ver Tabla 1), con la particularidad que ninguno de los sumandos puede superar la unidad, si se superara, se asignará el valor 1.

De las ecuaciones del nivel 2 de jerarquía, la (2) dependerá de la complejidad del equipo, mientras que las ecuaciones (3) y (4) se aplican idénticamente en todos los equipos.

El tercer nivel jerárquico es el último en el caso de los brazos correspondientes a las ecuaciones (3) y (4). Por lo tanto en este nivel, para dichas ecuaciones lo que se hace es asignar puntajes a los diferentes parámetros según el cumplimiento de las especificaciones dadas en los formularios 1 y 2.

En lo que se refiere al brazo correspondiente a la ecuación (2), el tercer nivel jerárquico está compuesto por ecuaciones que ponderan cada grupo de características, según la importancia considerada a partir de las necesidades o de los resultados del estudio exploratorio realizado. Para el caso que se ha utilizado como ejemplo en las anteriores ecuaciones, que corresponde a un ventilador mecánico, el tercer nivel jerárquico está compuesto por ecuaciones similares a la siguiente:

$$CB = \sum_{i=1}^n Cb(i) * w_1(i) \quad (5)$$

En donde Cb son diferentes características básicas y  $w_1$  son vectores de ponderación que se establecen en función de las necesidades del servicio. En algunos casos es posible que los vectores de parámetros Cb se subdividan en otros vectores de parámetros, esto en función de la complejidad del equipo, lo cual daría lugar a otro nivel de jerarquía.

Una vez calculado el puntaje técnico final se define un umbral dependiente de la calidad de las propuestas mediante la siguiente expresión:

$$umbral = \bar{P}_F - \frac{\left( \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (P_F(i) - \bar{P}_F)^2 \right)^{1/2}}{2} \quad (6)$$

Las propuestas que superen este umbral (valor promedio menos media desviación estándar) serán seleccionadas para la fase de negociación.

### C. Fase III: Negociación

A todos los proponentes se les informa el resultado de la evaluación y a los seleccionados para esta fase se les invita a una reunión presencial en la cual cada proveedor recibe información acerca de los aspectos técnicos que representan penalización en la puntuación obtenida. Adicionalmente se les invita a mejorar sus propuestas económicas e inclusive técnicas.

Dado que el umbral definido con la expresión (6) depende de las propuestas bajo análisis, en esta fase se calculan nuevamente tanto el puntaje dado por (1), como el umbral. Esto debido a que algún proponente hábil podría reducir las prestaciones técnicas con el fin de reducir el precio del equipo.

Una vez se haya calculado el puntaje final y verificado que los proponentes superan el umbral, se procede al cálculo del puntaje definitivo:

$$P_D = P_F * 30\% + P_N * 20\% + \left( \frac{M_V}{V} \right) * 50\% \quad (7)$$

En donde  $P_N$  corresponde al puntaje derivado de nuevos valores agregados (formulario 2),  $M_V$  el menor valor cotizado de las propuestas bajo evaluación en esta fase y  $V$  es el valor del equipo evaluado. De esta manera la propuesta seleccionada corresponderá a aquella cuyo puntaje sea mayor.

## III. RESULTADOS

El sistema de evaluación para la adquisición ha sido aplicado en diferentes tipos de tecnología para la dotación de una UCI de 13 camas, obteniendo excelentes resultados en los mecanismos y herramientas utilizadas. En la Figura 3 se presenta un gráfico de barras que ilustra el porcentaje de ahorro conseguido en cada uno de los equipos.

Con excepción de las Camas Electromecánicas, en la adquisición de todo el equipamiento se consiguió un ahorro superior al 11% y llegando hasta el 51%. Para una inversión equivalente a US\$ 1.500.000 el ahorro fue de 16%. Adicionalmente, es de destacar que no se reportaron reclamos, solicitudes de aclaración o quejas por parte de los proveedores.

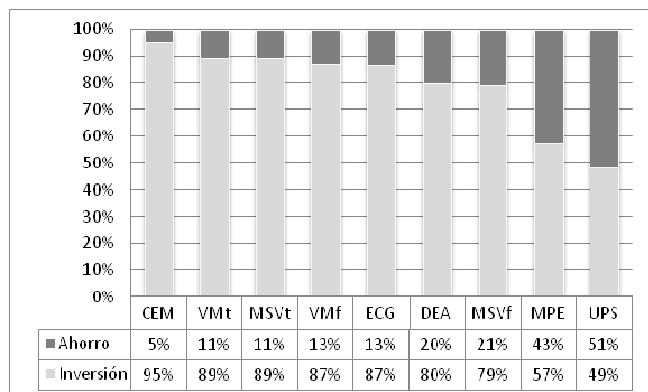


Fig. 3 Gráfico comparativo del valor cotizado versus el valor pagado (inversión) y el ahorro conseguido en el proceso de dotación de una UCI con 13 camas. CEM: Cama Electromecánica, VMt: Ventilador Mecánico de transporte, MSVt: Monitor de Signos Vitales de transporte, VMf: Ventilador Mecánico fijo, ECG: Electrocardiógrafo, DEA: Desfibrilador, MSVf: Monitor de Signos Vitales fijo, MPE: Marcapasos Externo y UPS: Sistema de alimentación ininterrumpida.

#### IV. CONCLUSIONES

Todo proceso de adquisición demanda una metodología clara y sustentable para garantizar que lo que se obtiene da cumplimiento a la necesidad. En las instituciones de salud, en especial las de carácter público, es indispensable utilizar las herramientas y filtros apropiados para obtener la mejor calidad, soporte y funcionalidad al mejor precio. El modelo de evaluación propuesto logra proteger este proceso y por medio de la asignación de puntajes, ponderación de los parámetros y asignación de topes máximos se evita que los proponentes puedan incrementar la calificación ofreciendo características que no aportan valor en detrimento de otros de mayor importancia, de manera que se ven obligados a ofrecer lo que la institución requiere. Adicionalmente el modelo permite a los proveedores conocer la forma en que serán evaluados y, luego de saber que cumplen los requisitos mínimos, mejorar las demás características de su oferta.

La institución tiene la ventaja en la negociación final con los proveedores que superan el umbral de aceptación, al poder mostrar la transparencia en la forma de selección y obtener reducción en los precios o mejoras en las características no básicas.

Indirectamente este proceso ayuda a obtener mejores servicios debido a la obligación de las empresas oferentes a tener personal más capacitado, ofrecer mejor soporte y otros aspectos que redunden en una mejor calificación final. De esta manera, el proceso presentado se convierte en la piedra angular para formular modelos de procesos similares como la evaluación tecnológica y la evaluación de proveedores

entre otros, mejorando el macro proceso de gestión tecnológica.

Es importante tener en cuenta que la inversión realizada debe asegurarse mediante pólizas de cumplimiento y que las características ofertadas en los formularios de adquisición y la información de soporte son parte integral del contrato definitivo.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el gobierno español MICINN (TEC2008-02754), El Centro de Cooperación para el Desarrollo de la Universidad Politécnica de Cataluña (U-013, U-014), la Universidad de Antioquia-Colombia (CODI-MDC10-1-06) y la Empresa Social del Estado Hospital La María.

#### REFERENCIAS

- Ministerio de la protección social, DECRETO 1769 DE 1994, Diario Oficial No. 41.477, del 5 de agosto de 1994.
- Bronzino, J.D., "Clinical Engineering: Evolution of a discipline". Dyro, J. F. Clinical Engineering Handbook. Elsevier, 1, 3-6, 2004.
- Dyro, J.F., Cheng M., "Good Management Practice for Medical Equipment". Dyro, J. F. Clinical Engineering Handbook. Elsevier, 31, 108-110, 2004.
- Di Virgilio, V., "El Ingeniero Clínico y su rol en un Hospital". Web. 12 Enero de 2011. <<http://www.nib.fmed.edu.uy/Seminario%202006/Trabajos%20estudiantes%202006/Taborda,%20Rodrigo.pdf>>
- ECRI Institute, "Health Technology Decision Making in the 1990s, A Guide For Hospital Executives", cap.4.
- David, Y., Judd, T. M. "Management and Assessment of Medical Technology." The Biomedical Engineering Handbook: Second Edition Ed. Joseph D. Bronzino ch 168, y 168.2 – 168.5, 2000
- ECRI Institute. Web. 15 Jan. 2011. <<http://www.ecri.org/>>
- INVIMA. Web. 12 Enero 2011. <<http://www.invima.gov.co/>>.
- Bionexo. Web. 13 Enero 2011. <<http://www.bionexo.com/>>.
- E.S.E. Hospital La María. Web. 13 Enero 2011. <<http://www.lamaria.com.co/>>.
- Ministerio de la Protección Social. Web. 13 Enero. 2011. <<http://mps.minproteccionsocial.gov.co/vbecontent/NewsDetail.asp?ID=14710&IDCompany=3>>

Autor: Alher Mauricio Hernández Valdivieso

Instituto: Grupo de Inv. Bioelectrónica e Ingeniería Clínica - UdeA

Calle: Calle 67 # 53-108 Oficina: 19-419

Ciudad: Medellín

País: Colombia

E-mail: mauricio.hernandez@udea.edu.co