

**PRIORIZACIÓN POR OBSOLESCENCIA DE EQUIPOS BIOMÉDICOS PARA
ADQUISICIÓN DE NUEVA TECNOLOGÍA FOCO IMÁGENES DIAGNÓSTICAS**

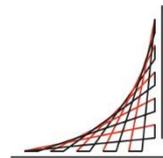
**Juan Sebastián Acero Celemín
Vanessa Vique Bernal**

Práctica profesional

**Tutor
MSc. Pedro Antonio Aya Parra**



**Universidad del
Rosario**



**ESCUELA
COLOMBIANA
DE INGENIERÍA
JULIO GARAVITO**

**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
PROGRAMA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA
BOGOTÁ D.C
2019**

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a Dios y a nuestras familias por acompañar este crecimiento académico, profesional y personal, proceso de transición a la vida profesional.

A la jefe del departamento de ingeniería clínica de la Fundación Cardioinfantil, Nidia Vanegas Pabón, por su apoyo y guía a lo largo del proceso de la práctica profesional, por sus aportes de conocimiento y las experiencias compartidas que nos fortalecerán como ingenieros en el futuro.

Por último, agradecerle a la ingeniera Andrea García Ibarra, por la confianza y la paciencia en el proceso de adaptación y aterrizaje de conceptos al ingreso en la institución hospitalaria.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. OBJETIVOS	8
2.1. General.....	8
2.2. Específicos	8
3. METODOLOGÍA.....	9
3.1. Diligenciamiento protocolo de Índice de Obsolescencia de equipos biomédicos .	9
3.2. Generalidades de adquisición.....	12
3.3. Fases del proyecto	14
3.4. Distribución de tareas según tiempo de trabajo	16
4. RESULTADOS	18
5. DISCUSIÓN.....	22
6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	28
7. CONCLUSIONES	29
REFERENCIAS	30
ANEXOS.....	31

LISTA DE TABLAS

TABLA I. PARÁMETROS SEGÚN EL ASPECTO EVALUADO ÍNDICE DE OBSOLESCENCIA.....	11
TABLA II. ÍNDICE CUALITATIVO SEGÚN PUNTAJE DE OBSOLESCENCIA.	11
TABLA III. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA EVALUADA	14
TABLA IV. RESULTADOS NUMÉRICOS DE PONDERACIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS BIOMÉDICOS PROYECTO DE INTERVENCIONISMO-HEMODINAMIA.....	20
TABLA V. RESULTADOS NUMÉRICOS DE PONDERACIÓN DE PARTE CLÍNICA DE EQUIPOS BIOMÉDICOS PROYECTO DE INTERVENCIONISMO-HEMODINAMIA.....	20
TABLA VI. PARÁMETROS EVALUADOS PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA DE EQUIPOS BIOMÉDICOS.....	21
TABLA VII. PARÁMETROS EVALUADOS PARA LA EVALUACIÓN TÉCNICA DE POLÍGRAFOS.....	24
TABLA VIII. PARÁMETROS EVALUADOS PARA LA EVALUACIÓN TÉCNICA DE ECÓGRAFOS.....	25
TABLA IX. PARÁMETROS EVALUADOS PARA LA EVALUACIÓN TÉCNICA DE FLUOROSCOPIOS.	26
TABLA X. RESULTADOS DE APLICACIÓN DE ÍNDICE DE OBSOLESCENCIA	31
TABLA XI. PARÁMETROS EVALUADOS PARA LA EVALUACIÓN TÉCNICA DE ANGIOGRAFOS.....	33

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. DIAGRAMA DE FLUJO PLAN OBSOLESCENCIA.	15
FIGURA 2. DIAGRAMA DE FLUJO PLAN MAESTRO.	16
FIGURA 3. DIAGRAMA DE GANTT PROYECTO DE INTERVENCIONISMO-HEMODINAMIA.	16
FIGURA 4. RESULTADO DE PLAN OBSOLESCENCIA DE EQUIPOS BIOMÉDICOS EN ÁREA DE INTERVENCIONISMO-HEMODINAMIA.	18

1. INTRODUCCIÓN

Al interior del ámbito hospitalario, el departamento de ingeniería clínica participa en diversos procesos pioneros en la prestación de un buen servicio de salud orientada al paciente. Uno de ellos es garantizar la mejora del acceso y la calidad por medio de la gestión tecnológica continua. Sin embargo, desde el principio, los profesionales a cargo deben proyectar prácticas y metodologías claras para realizar específicamente 2 tareas, la retirada del servicio de aquellos equipos biomédicos que no se encuentran en condiciones óptimas de funcionamiento y la adquisición de nueva tecnología que reemplace dichas bajas [1].

Es importante valorar los equipos biomédicos existentes en los inventarios desde el concepto específico de obsolescencia, la cual se define como estado o condición en el cual se encuentra un bien cuando ya ha cumplido con determinada vigencia, es decir su tiempo programado para funcionamiento ha vencido o caducado [2].

Amankwah-Amoah (Profesor de negocios internacionales de la escuela de negocios de la Universidad de Kent en Inglaterra), menciona la persistencia de las empresas al seguir usando tecnologías obsoletas, aumentando el riesgo de que algún accidente tecnológico ocurra y se haga necesario reemplazar la tecnología de manera inmediata. En su estudio incluye la importancia de que las compañías realicen análisis de reemplazo para determinar si el equipo actual está operando de manera económica, si los costos de operación pueden disminuirse o si los ingresos incrementarían con la adquisición de un equipo más moderno [3].

Aún en la insistencia del uso de posibles tecnologías obsoletas por diferentes industrias, este no debe ser el caso para Instituciones Prestadoras del Servicio de Salud (IPS). Aunque estar exento depende de múltiples factores, actuar con proximidad a la obsolescencia de manera oportuna y controlada es la contingencia más adecuada para disminuir el riesgo en áreas críticas, como se nombra en este documento, donde se evaluó la tecnología del servicio de imágenes diagnósticas de alta y media complejidad (Intervencionismo-Hemodinamia) [3].

Cabe resaltar que las instituciones en su mayoría aplican metodologías desde aspectos cualitativos y/o cuantitativos, el 98% de ellas no disponen de un proceso claro y definido para la renovación según el ingeniero biomédico Javier Camacho. Por eso, el Ministerio de Salud de Colombia propuso desde el 2016 el Índice de Obsolescencia como una herramienta objetiva de evaluación del estado actual de los equipos biomédicos para apoyar las decisiones de la renovación tecnológica [1],[4].

El Índice de Obsolescencia tiene como objetivo conocer el estado actual de los equipos biomédicos, priorizar la adquisición de tecnología basada en las necesidades reales de la IPS y establecer el plan de renovación de equipos biomédicos a partir de la evidencia registrada. Como resultado de aplicación de dicha metodología, se obtendrá la necesidad de cambio y el tiempo en el que deberá ocurrir [1].

Sin darle menos importancia al proceso de adquisición de tecnología, a través del Ministerio de Salud, se ha obtenido alguna referencia nacional que concierne a las IPS donde el aspecto administrativo aplicado al proceso de adquisición de tecnología biomédica

frecuentemente excluye tanto el componente clínico como técnico teniendo como elemento principal el enfoque económico.

Como consecuencia del caso anterior, se llevan a cabo inversiones de alta o mediana cuantía que al poco tiempo no responden a las necesidades clínicas y epidemiológicas (morbilidad y mortalidad) de la comunidad atendida, en el peor de los casos hay posibilidad de que la infraestructura hospitalaria sea incompatible y genere gastos adicionales, incidentes tecnológicos por uso inadecuado debido a la falta de entrenamiento o bajo impacto al ingreso de la nueva tecnología en áreas foco, es decir, de mayor abastecimiento poblacional de la institución de salud [5].

Se consideran escasas las entidades que brindan información específica de equipos biomédicos a excepción de proveedores y marcas comerciales. Actualmente agentes internacionales y nacionales como el Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud de México (CENETEC) y el Ministerio de Salud permiten esclarecer los requerimientos mínimos para adquisición de una o varias líneas tecnológicas.

De allí se podría tener el primer acercamiento a una nueva metodología. Únicamente el grupo de trabajo de la IPS es el encargado de comprender los aspectos más relevantes en la búsqueda de tecnología para implementar en el hospital.

Las metodologías que se exponen de manera parcial en el apartado anterior fueron aplicadas sobre el área de imágenes diagnósticas de alta y media complejidad en un hospital colombiano de cuarto nivel con foco cardiovascular y prestación de servicio de salud a comunidad infantil de escasos recursos.

2. OBJETIVOS

2.1. General

Aplicar el protocolo de obsolescencia de equipos biomédicos del Ministerio de Salud en el área de imágenes diagnósticas en un hospital de cuarto nivel de complejidad, para la priorización de tecnologías que requieren cambio, realizando un análisis de propuestas de casas fabricantes utilizando técnicas cuantitativas que comprenden una adquisición razonable de dispositivos y equipos biomédicos.

2.2. Específicos

1. Identificar la trazabilidad del comportamiento técnico, clínico y económico de los equipos biomédicos del área de imágenes diagnósticas, para la aplicación del plan de obsolescencia del Ministerio de Salud.
2. Comparar las propuestas y parámetros técnicos de los equipos médicos de interés entre casas comerciales o proveedores, que cumplan las necesidades actuales de una institución hospitalaria de cuarto nivel y la reglamentación nacional.
3. Proponer un método cuantitativo para determinar la mejor opción de compra de tecnología biomédica, según los requerimientos de la Institución Prestadora de Servicio de Salud.

3. METODOLOGÍA

3.1. Diligenciamiento protocolo de Índice de Obsolescencia de equipos biomédicos

El protocolo del Ministerio de Salud logró investigar la trazabilidad de cada una de las hojas de vida de los equipos biomédicos del servicio en interés, donde implícitamente se solvento uno o varios canales de comunicación con diversos profesionales relacionados dentro de procesos de compra, adquisición, manutención, etc.

La *evaluación técnica* se determinó por los siguientes criterios

3.1.1. Disponibilidad de soporte de consumibles (Años)

Debe considerarse consumible a todos los elementos adicionales al equipo que se requieran para su uso o funcionamiento (papel, líquidos, insumos). Se seleccionó el rango según correspondiera

- Mayor a 7 años
- De 5 a 7 años
- De 1 a 4 años
- No tiene soporte de consumibles
- No requiere consumibles

3.1.2. Si ha tenido eventos adversos asociados

Solo tiene 3 opciones de respuesta

- No
- Menos de 2
- 3 o más

3.1.3. Vida útil (Años)

3.1.4. Edad del equipo (Años)

Cuando no se tiene conocimiento de la fecha de fabricación, se puede recurrir en casos excepcionales a la fecha de instalación, la fecha de puesta en funcionamiento o la fecha de ingreso al inventario. Desde el Decreto 4725 de 2005 los equipos biomédicos “nuevos”, son aquellos que no tienen más de 2 años desde su fabricación y nunca han sido usados.

3.1.5. Relación entre la edad del equipo y la vida útil contable

Definida por la ecuación (1)

$$n = \frac{\text{Edad del equipo (años)}}{\text{Vida útil contable (años)}} \quad (1)$$

3.1.6. Mantenimientos correctivos

Cantidad de mantenimientos correctivos realizados en el último año.

3.1.7. Proveedor de soporte técnico (no incluye repuestos)

El servicio de soporte técnico está definido por el Decreto 4725 de 2005, como todas las actividades realizadas para asegurar el buen funcionamiento del equipo biomédico, involucrando aquellas consideradas como de mantenimiento preventivo, correctivo y verificación de la calibración.

- Con fábrica
- Otro proveedor
- No existe soporte técnico

3.1.8. Disponibilidad de soporte de repuestos (Años)

Soportes originales aquellos que han sido autorizados por el fabricante

- Mayor a 7 años
- De 5 a 7 años
- De 1 a 4 años
- No tiene soporte de consumibles

La **evaluación clínica** cumplió con la resolución de ciertas preguntas sobre el comportamiento general del equipo biomédico dentro de la institución, sin embargo, se intentó mitigar la subjetividad por medio de la elección de la mejor respuesta mediante la socialización grupal de las opiniones de los profesionales de la salud.

3.1.9. Porcentaje de operabilidad del equipo. ¿Qué tanto usa las funciones que ofrece el equipo?

- Más del 60%
- Entre el 30% y el 60%
- Menos del 30%

3.1.10. Grado de satisfacción con el equipo.

- Alto: Más del 75%
- Medio: Entre el 30% y el 75%
- Bajo: Menos del 30%

3.1.11. Cobertura de necesidades actuales

Rangos de respuesta iguales al anterior

Para terminar, la **evaluación económica** se elaboró una relación entre precio de adquisición (PA) y costo de mantenimiento/año (CM), descrita en la ecuación (2).

3.1.12. Relación

$$m = \frac{CM}{PA} \quad (2)$$

Cuando la información se completa en su totalidad, el protocolo de índice de obsolescencia sugiere calificar de acuerdo con un peso porcentual (como se visualiza en la Tabla I) y puntajes específicos para cada caso, con el fin de obtener como resultado una cifra equivalente a la obsolescencia para cada uno de los equipos biomédicos evaluados que cumplen una funcionalidad específica dentro de la institución [1].

Tabla I. Parámetros según el aspecto evaluado índice de Obsolescencia.

ASPECTO	PESO PORCENTUAL	PARÁMETROS
Técnico	45%	Disponibilidad de soporte consumibles (Años)
		Eventos adversos asociados
		Vida útil contable (Años)
		Relación entre la fecha de fabricación y la edad del equipo
		Mantenimientos correctivos en el último año
		Proveedor de soporte técnico
		Disponibilidad de soporte de repuestos (Años)
Clínico	30%	Porcentaje de operabilidad del equipo
		Grado de satisfacción
		Cobertura de necesidades actuales
Económico	25%	Relación entre precio de adquisición y costo mantenimiento anual

El índice de obsolescencia es una cifra de 1 a 100; un ponderado de la evaluación técnica, clínica y económica. En la Tabla II, se muestran los rangos de clasificación que manifiestan la necesidad de cambio de la tecnología y el plazo sugerido.

Tabla II. Índice cualitativo según puntaje de obsolescencia [1].

INDICE CUALITATIVO	INDICE	
Reposición de tecnología (Inmediato)	80	100
Renovación de tecnología a la brevedad (Plazo inferior a un año)	40	79,99
Evaluar tecnología en un año	20	39,99
Tecnología NO requiere evaluación ni renovación en los próximos dos años	1	19,99

Desde el departamento de ingeniería clínica se aplicó para todos los equipos biomédicos del servicio dentro del rango de 40 a 100 (clasificación por color roja y negra), es decir, aquellos que sugieren ser reemplazados en un plazo inferior a un año o inmediatamente, entrar en un plan de estudio de adquisición de nueva tecnología [1].

Lo anterior con un objetivo común de colaboración entre áreas de trabajo, tanto el departamento de ingeniería clínica como compras, con el fin de planear las retiradas de aquellos equipos que su obsolescencia represente mayor riesgo para el paciente y la entrada de tecnología que impacte positivamente desde una mirada integra en beneficio del usuario y la institución.

3.2. Generalidades de adquisición

Para la adquisición de tecnología, en primera instancia se realizó una revisión de literatura sobre la reglamentación nacional que rige tanto a la entidad como al servicio de interés, en este caso, todo lo que abarca habilitación y seguridad para imágenes diagnósticas de alta complejidad.

En general, los estándares de habilitación son las condiciones tecnológicas y científicas mínimas e indispensables para la prestación de servicios de salud, aplicables a cualquier prestador de servicios de salud, estipuladas en la Resolución 2003 de 2014. Respecto a la dotación que concierne el servicio de radiología e imágenes diagnósticas de mediana y alta complejidad, existen dos criterios de cumplimiento aplicables al servicio de intervencionismo-hemodinamia.

1. Si ofrece tomografía computarizada cuenta con Tomógrafo.
2. Si realiza procedimientos especiales menores (estudios contrastados del tracto gastrointestinal, urológico o cualquier procedimiento con medio de contraste yodado o baritado), cuenta además con sala de Rayos X para procedimientos especiales con fluoroscopia [7].

Adicionalmente, la Resolución 482 de 2018, por la cual se reglamenta el uso de equipos generadores de radiación ionizante, su control de calidad, la prestación de servicios de protección radiológica y se dictan otras disposiciones. Cabe mencionar, la importancia de la Resolución 9031 de 1990, por la cual se dictan normas y se establecen procedimientos relacionados con el funcionamiento y operación de equipos de rayos X y otros emisores de radiación ionizante y se dictan otras disposiciones, como cumplimiento de dosis por procedimiento, calibraciones al día dictada por proveedores, disposiciones generales y finales [8].

El Ministerio de Salud ejerce diversas inspecciones a equipos biomédicos clasificados como controlados, dentro de estos equipos se encuentran:

1. Los incluidos en la lista anual que publique el Ministerio de Salud
2. Los equipos, médicos usados o donados.
3. Los prototipos y equipos destinados a experimentación o investigación.

4. Los equipos biomédicos catalogados como de riesgo alto, clases IIB y III (según el Decreto 4725 de 2005 del Ministerio de Protección Social).

Para tomar decisiones respecto a la adquisición de tecnología biomédica se debe hacer una evaluación con base a la Resolución 434 de 2001, que instaura los procedimientos que permiten establecer la calidad, el costo/beneficio, la facilidad, la convivencia y la aplicabilidad de una tecnología para la prestación de servicios de salud. Para llevar a cabo esta evaluación de manera adecuada, se establecen tres aspectos principales a tenerse en cuenta, el aspecto epidemiológico y sanitario, técnico y económico. Para cada uno de ellos, se contemplan diversos enfoques que permiten formular rubricas y matrices para la adquisición de tecnología biomédica.

Para el aspecto sanitario se tiene en cuenta:

- Factores determinantes y condicionantes en el sector salud.
- Condiciones ambientales para el sostenimiento del equipo
- Comportamiento y capacitación humana para el uso y mantenimiento del equipo
- Oferta en los servicios nacionales del país

Para el técnico:

- Calidad del servicio en términos de: eficiencia, eficacia, efectividad, riesgo y seguridad y condiciones de uso, entre otros
- Calidad de la tecnología desde el punto de vista del mantenimiento
- Vida útil de equipo (Expresado en años u horas de uso)
- Soporte técnico establecido por el fabricante
- Especificaciones técnicas de cada uno de los equipos considerados dentro de la tecnología biomédica

Para el económico:

- Beneficio económico y social
- El costo-efectividad
- La rentabilidad
- El valor del equipo
- El valor total de mantenimiento, el costo de la capacitación del personal y los costos de operación. [9]

Con la información anterior, fue pertinente aclarar los parámetros técnicos de relevancia y de mayor peso que hacen que una casa fabricante gane una licitación sobre las demás.

Se aclararon los parámetros técnicos, clínicos y económicos de casas fabricantes o proveedores nacionales, quienes son agentes primordiales al proponer las últimas innovaciones en tecnología. Pues, todos los profesionales involucrados del servicio en interés como cardiólogos intervencionistas, hemodinamistas, electrofisiólogos, jefes del área, ingenieros, arquitectos y administrativos, fueron el personal encargado de analizar la

mejor propuesta para tomar una decisión de la casa comercial que debe desarrollar el proyecto, que abarque beneficio tanto para el paciente como para el área de servicio.

Según las especificaciones técnicas que propongan los proveedores se logró clasificar en el rango de 1 a 5 cada tipo de tecnología, como se observa en la Tabla III.

Tabla III. Sistema de clasificación de la tecnología evaluada

CALIFICACIÓN	CONSIDERACIÓN
5	CUMPLE
4	POR MEJORAR
3	POR MEJORAR
2	NO CUMPLE
1	NO CUMPLE

En el aspecto clínico, es importante comprender las necesidades actuales del servicio desde el campo ingenieril. Es decir, la comunicación entre profesionales de la salud debe ser muy clara. Se expuso por parte de los profesionales de salud asistenciales, lo que se requiere en tecnología para los procedimientos, y desde el departamento de ingeniería y arquitectura se analizó y comunicó la tecnología que se podría instalar de acuerdo con la infraestructura actual.

Por último, desde el aspecto económico, el área de compras con personal que incluye ingenieros biomédicos y otros profesionales de salud, tuvo un tiempo discreto de análisis de los beneficios que se reciben respecto al costo total del equipo. No obstante, este proceso fue clasificado por percentiles entre el rango de la Tabla III, para sesgar los resultados, con el fin de tener una visión clara sobre los servicios ofrecidos, teniendo en cuenta que las diferencias porcentuales entre los montos económicos no son radicales en el momento de toma de decisiones.

3.3. Fases del proyecto

Desde el esclarecimiento de la correcta calificación para los 12 ítems del apartado 3.1, se realizó el primer filtro correspondiente a la ubicación o área de Intervencionismo-Hemodinamia, para la selección de equipos biomédicos de la base de datos del hospital. Luego, un segundo filtro (aplicado también sobre todas las líneas de tecnología) que comprende la fecha de ejecución de las órdenes de trabajo consignadas en la base de datos, las fechas incluidas desde Enero 01 de 2018 hasta Junio 30 de 2019.

Teniendo en cuenta la Figura 1, filtros como serie, placa, marca, modelo, son ejemplos de la clasificación de una búsqueda con mayor especificidad, que permiten no solo hacer una selección de información en varias bases de datos del hospital, sino también una trazabilidad con mayor veracidad.

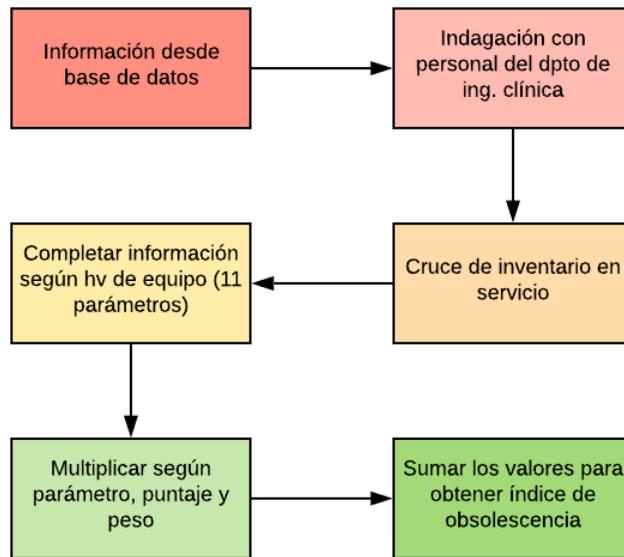


Figura 1. Diagrama de flujo plan obsolescencia.

La comunicación de los procesos que han realizado las personas responsables de los equipos biomédicos permite encontrar con mayor facilidad la información que compete a la trazabilidad de su estancia dentro de la institución.

Sin embargo, la consignación de la información también debe ser validada en físico puesto que la falta de actualización de las bases de datos puede ser una desventaja constante de las entidades de salud, debido a que se dejan de evidenciar procesos o procedimientos trascendentales como bajas o ausencia de equipos por repuestos. Allí, radica la importancia de realizar el paso número 3 de la Figura 1 (cruzar inventario virtual con inventario real en servicio).

Si eran 12 ítems, ¿cómo se redujo a 11 parámetros y por qué? Esto se debe a que los pesos y puntajes califican únicamente a 11 variables dentro de los cuales también se encuentran las relaciones (según ecuaciones (1) y (2)), en específico, la edad de equipo solo funciona como dato para la ecuación (1), pero este no tiene un puntaje sobre el índice de obsolescencia.

Finalmente, los porcentajes están dados para cada aspecto (técnico, clínico o económico) donde la suma de los 3 resultados es el paso final para obtener el índice de obsolescencia.

Con la información consignada del índice, es posible priorizar la compra de equipos con mayor necesidad en el servicio. La Figura 2 responde al modelo estratégico determinado por el departamento de ingeniería clínica para la adquisición de nueva tecnología en la institución.

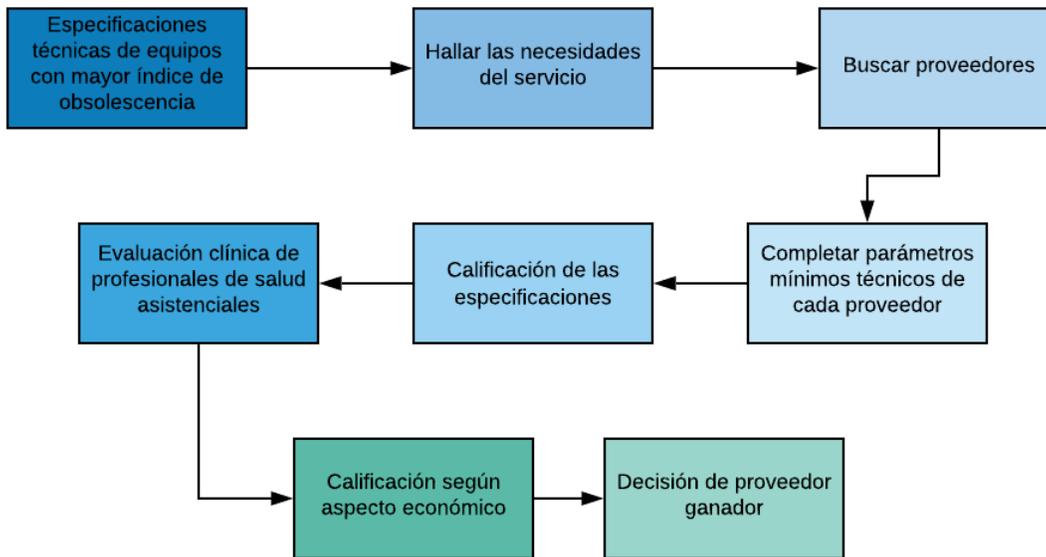


Figura 2. Diagrama de flujo plan maestro.

Las especificaciones técnicas tomadas a partir de referencias nacionales e internacionales colaboran a conocer los requerimientos mínimos con los cuales debe contar la nueva tecnología, considerando factores implícitos como seguridad y bienestar del paciente. Adicional, se puso en consideración las opiniones del personal asistencial del servicio con un fin objetivo, debido a que cada IPS tiene algunas necesidades específicas.

Luego, siguen las etapas de evaluación técnica, clínica y económica con el fin de garantizar por medio de estos 3 aspectos una compra razonable, que satisfaga las necesidades actuales y que tenga un impacto positivo sobre el eje de costo/beneficio.

3.4. Distribución de tareas según tiempo de trabajo

Cabe aclarar que todas las tareas estipuladas por las Figura 1 y 2, fueron llevadas a cabo por un seguimiento de tareas en fechas determinadas, para cumplir los objetivos propuestos en un tiempo determinado, como se observa en la Figura 3.

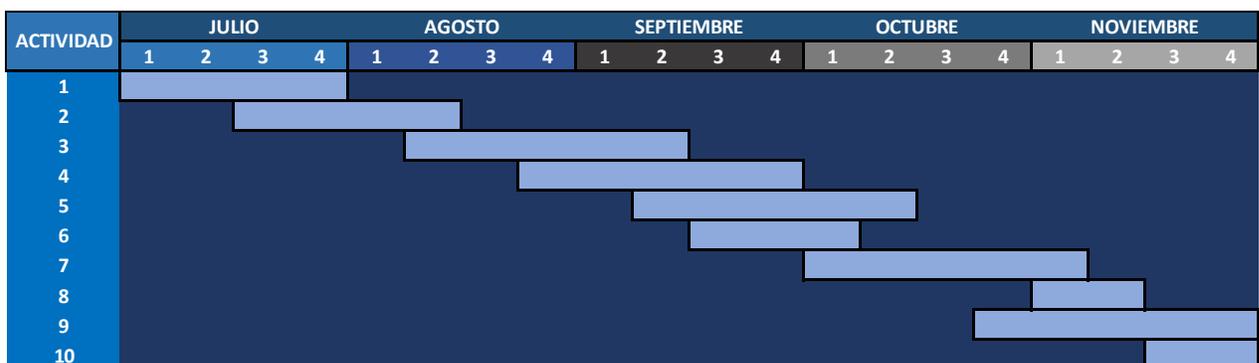


Figura 3. Diagrama de Gantt proyecto de Intervencionismo-Hemodinamia.

Cronograma de actividades.

1. Identificación de equipos en áreas de intervencionismo, familiarización con los mismos y establecer tecnologías predominantes.
2. Tener claridad en los procesos realizados en las áreas de hemodinamia, así mismo conocer más a fondo los procesos de hemodinamia y electrofisiología.
3. Llevar a cabo inventario físico de la institución de cuarto nivel en su totalidad, entre ellos el área de intervencionismo.
4. Agendar cita con clínicos expertos en el área para conocer correctamente su percepción de los equipos médicos y su actualidad.
5. Priorizar parámetros y conocer un poco sobre ellos a partir de diversos centros de información para tener claridad de la realización de la matriz de plan maestro.
6. Realizar clasificación de parámetros de plan maestro para tener clara la clasificación de importancia a la hora de evaluar las matrices.
7. Identificar parámetros y sintetizarlos en la matriz para tener la mayor cantidad de información posible.
8. Calificar la matriz de acuerdo con los parámetros obtenidos para las 3 áreas de interés evaluadas: clínica, técnica y económica.
9. Redactar conclusiones del proyecto teniendo en cuenta cada uno de los parámetros entregados por fabricante.
10. Entrega final del proyecto al programa de ingeniería biomédica.

4. RESULTADOS

Al aplicar el índice de obsolescencia se obtuvieron los resultados consignados en la Tabla X (Ver anexos). Para observar los resultados de manera más concisa, se realiza la Figura 4, donde se registra los resultados al aplicar el protocolo de índice de obsolescencia de equipos biomédicos en el área de intervencionismo-hemodinamia, de acuerdo al inventario físico realizado, a la recolección de datos con el personal del servicio, e indagación en diferentes bases de datos de la institución, así como del agente de regulación sanitaria nacional (INVIMA).

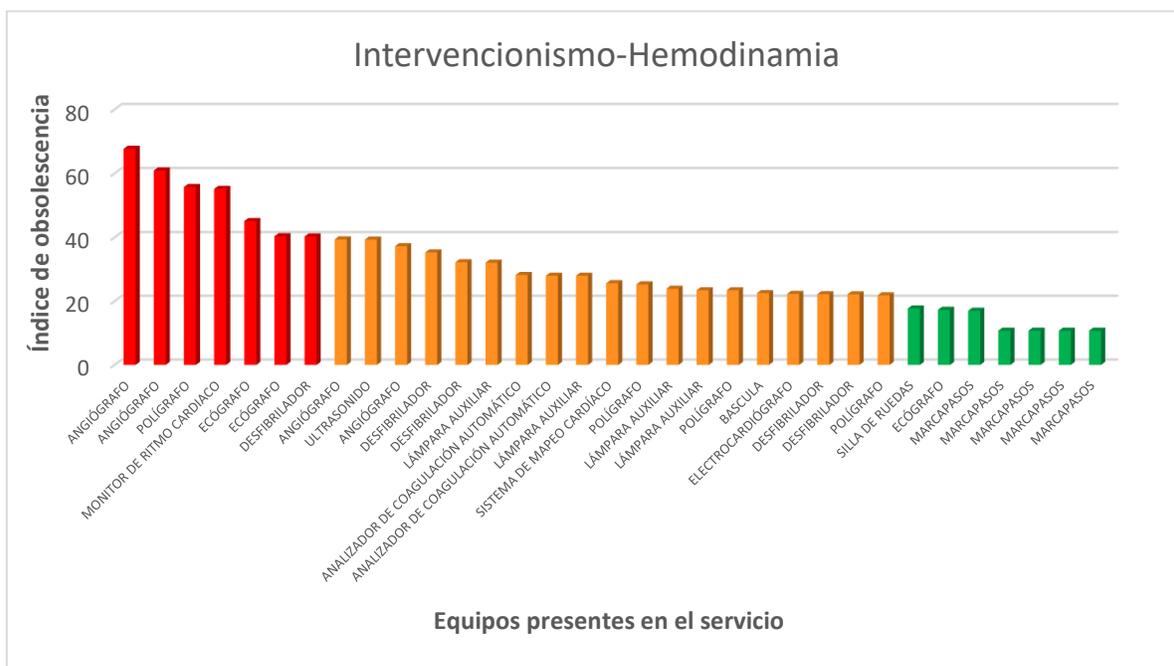


Figura 4. Resultado de Plan Obsolescencia de equipos biomédicos en área de intervencionismo-hemodinamia.

Los datos arrojados como conclusión del trabajo conjunto por parte de las áreas clínicas asistenciales, especialistas en tecnología biomédica y analistas expertos en el campo económico convergen en una relación descriptiva - cuantitativa a través de métodos como: matrices de ponderación técnica, análisis de cuantiles para diferenciar a profundidad las ofertas ofrecidas por casa ofertante y matrices de ponderación basada en la satisfacción de necesidades clínicas.

Citando el proceso descrito en la metodología para adquisición de la tecnología, se presentan los resultados concernientes a la parte técnica sintetizados en la Figura 5 de acuerdo con el puntaje obtenido según la tecnología ofertada.

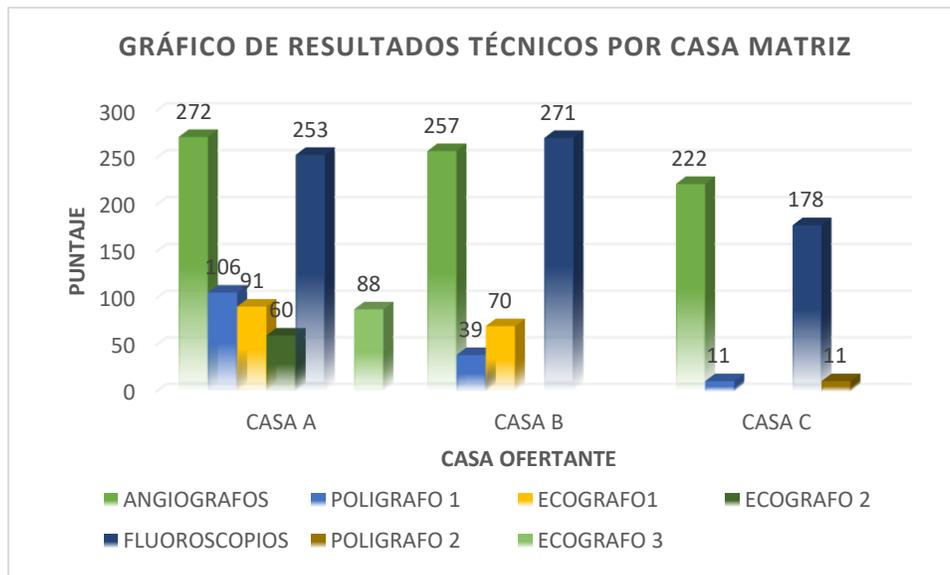


Figura 5. Clasificación numérica de resultados técnicos encontrados por casa ofertante.

Los datos plasmados en el gráfico de la Figura 5, parten de la información consignada en la Tabla IV. Allí es posible identificar de manera específica los puntajes de acuerdo a los proveedores para proceder posteriormente con el análisis en función del porcentaje de cumplimiento de los requerimientos que exige la institución hospitalaria, es decir, observar el interés y la capacidad de compartir información de la nueva tecnología garantizando la inclusión de sus equipos en el proyecto de compra y renovación del servicio.

Es importante tener en cuenta que los resultados contienen diversos modelos de equipos biomédicos por casa matriz, sin que esto signifique que los equipos tienen características iguales: modos de ecografía, cantidad de protección de dosis que irradia (caso de fluoroscopios y angiografos, polígrafos con distintas variables electrofisiológicas a medir. También hay que tener en cuenta que en la oferta se encuentran equipos que cumplen con funciones de transporte o funciones fijas dentro de las instalaciones de la institución.

Los resultados se basan en información entregada exclusivamente por el fabricante, es decir, que se respalda en diversas fichas técnicas, capacitaciones, brochures y comunicación directa entre partes implicadas en la compra (en este caso puntual área de ingeniería clínica y casas matrices) para evitar en la mayor medida posible sesgos que entorpezcan el proceso de adquisición de tecnología.

Tabla IV. Resultados numéricos de ponderación técnica de equipos biomédicos proyecto de Intervencionismo-Hemodinamia.

PROVEEDOR	ANGIOGRAFOS 58 ítems	POLÍGRAFOS 23 ítems	ECÓGRAFOS 24 ítems	FLUOROSCOPIOS 58 ítems
CASA A	272 puntos	106 puntos	91 puntos 60 puntos 88 puntos	253 puntos
CASA B	257 puntos	39 puntos	70 puntos	271 puntos
CASA C	222 puntos	11 puntos 11 puntos	0 puntos	178 puntos
TOTAL REQUERIMIENTOS	290 puntos	115 puntos	120 puntos	290 puntos

De igual manera, se realizó una matriz de ponderación por medio de la parte clínica teniendo en cuenta que el total de equipos se está calificando como un proyecto y no como la calificación directa de una unidad; los parámetros por parte de los expertos en procedimientos de hemodinamia y electrofisiología fueron calificados como se observa en la Tabla V.

Tabla V. Resultados numéricos de ponderación de parte clínica de equipos biomédicos proyecto de Intervencionismo-Hemodinamia.

PROVEEDOR	ANGIOGRAFOS, POLIGRAFOS, ECOGRAFOS, FLUOROSCOPIOS 19 ítems
CASA A	84
CASA B	71
CASA C	60
TOTAL REQUERIMIENTOS	95

Al igual que la calificación técnica y manteniendo la uniformidad a la hora de llevar a cabo la evaluación, cada uno de los parámetros se califica con un número menor o igual a 5, en caso de cumplir adecuadamente con los estándares que exige la institución hospitalaria. Las calificaciones son de un orden numérico igual a la ponderación técnica, aunque tenga menor cantidad de parámetros, esto se debe a la cantidad de ítems tenidos en cuenta para la evaluación clínica.

En cuanto a la parte económica, se sintetiza en un proceso de ponderación al igual que en los componentes anteriores diversos análisis económicos que permitan abrir las brechas a la hora de analizar ofertas económicas, así se hace posible optimizar desde el punto de partida de compra la vida útil del equipo, a través de parámetros que vayan más allá de la oferta actual, esta calificación se evidencia en la Tabla VI.

Tabla VI. Parámetros evaluados para la evaluación económica de equipos biomédicos.

Proveedor	Diferencia Porcentual	Percentil
A	25%	1
B	Precio de ref.	5
C	22%	3

Cabe aclarar que los proveedores no están teniendo una oferta comercial por equipo biomédico con la institución hospitalaria, sino que es considerada como la reunión de necesidades en un proyecto conjunto tanto de ingeniería como arquitectura, adecuando y mejorando la infraestructura actual de las salas y las instalaciones de Intervencionismo-Hemodinamia. En otras palabras, los precios de dicha oferta no se encuentran dentro del mercado común con cada proveedor, es decir no coinciden con sus precios de referencia.

5. DISCUSIÓN

En la Tabla IV, se observan las calificaciones realizadas por el área técnica a la hora de evaluar parámetros útiles en la adquisición de tecnología para una institución hospitalaria desde el punto de vista ingenieril. Es necesario traer a colación los parámetros más relevantes al momento de calificar aspectos generales como seguridad del paciente, radioprotección del personal asistencial en salud y eficiencia técnica de los equipos, como lo rige la legislación colombiana en las resoluciones 9031 1990, 2003 de 2014 y 482 de 2018.

Hay que empezar verificando el cumplimiento con la seguridad eléctrica del paciente de acuerdo con la norma del Instituto Nacional de Estándares Americanos (ANSI) AANSI/AAMI ES60601-1 o la norma de la Comisión Internacional Electrotécnica (IEC) 62353, que proporciona información con respecto a los requerimientos de seguridad para equipos biomédicos con el fin de brindar seguridad al paciente y al operario de los equipos [1].

Esta parte de seguridad eléctrica se analizó para el generador de rayos X en el caso puntual de los angiografos con los parámetros que se muestran en la Tabla XI (Ver Anexos).

Después de verificar que las casas fabricantes cumplen adecuadamente las especificaciones del ANSI o de la IEC, es viable comparar y cuantificar las diferencias técnicas en la matriz de plan maestro (estableciendo cuál oferta beneficia en mayor medida a la clínica). Determinando cuál equipo biomédico se adapta mejor a las necesidades clínicas, puntualmente: cuál casa ofrece mayor variabilidad de tamaños en el colimador teniendo como foco fundamental la seguridad del paciente y del radiólogo, se busca reducir en la mayor medida posible la dosis recibida y los efectos causados por un mayor tiempo de exposición.

La operatividad del equipo es un parámetro importante a la hora de hacer un plan maestro, se debe indagar la complejidad que presenta el equipo biomédico al realizar los procedimientos ofrecidos por la entidad hospitalaria. Es decir, desde el punto de vista del operario: entender que funciones se pueden ejecutar de manera automática y cuales requieren accionamiento manual, si el equipo biomédico es de transporte: el peso en Kg con la variabilidad de accesorios que el mismo pueda llegar a tener, la cantidad de imágenes por segundo que toma el equipo, investigar si la intensidad de trabajo es adecuada y ofrece garantías de dosis de reducción a la hora de realizar exámenes de alta complejidad y duración.

Así se pondera con el rango más alto de calificación al parámetro que brinde mayor cantidad de posibilidades a la institución hospitalaria cumpliendo con los requerimientos mínimos exigidos para el funcionamiento de cierto tipo de exámenes, por el ejemplo el ancho de pulso para la fluoroscopia.

Para tecnología de polígrafos se analiza como parámetro principal: la diversificación en las mediciones que arrojan magnitudes como SPO₂, gasto cardiaco, parámetros necesarios y útiles para realizar procedimientos de cardiología intervencionista y hemodinamia en pacientes de distinta complejidad clínica. Desde la ingeniería clínica se evalúan parámetros con valores establecidos como los que se visualizan en la Tabla VII.

Para la evaluación de ecógrafos ofertados, se analizaron diversos parámetros (Tabla VIII) referentes al ultrasonido, esta revisión se basó en primera instancia afligiéndose a la habilitación de estos equipos en las instituciones prestadores de salud.

Respecto a la seguridad del paciente, se verificó que anchos de banda de operación del equipo no afecten la salud de los pacientes en los procedimientos que se realizan al interior de la institución: principalmente de ecocardiografía, sin que esto pueda llegar a afectar resolución que agrega detalle en el diagnóstico.

Es importante comprender los modos de funcionamiento que utilizan los ecógrafos, como los modos: 2D, 3D, B-Mode, modo de color y modo Doppler, modos genéricos que se utilizan en distintos procedimientos clínicos, configurables de diversas maneras en función de la casa fabricante del equipo a través de teclas programables en algunos casos (asignación de uno o varios modos a las teclas según el gusto del personal operativo), o configurables a través de la pantalla en otros modelos. Modos claves para reducir las brechas entre la parte clínica y técnica a la hora de encontrar funciones de relevo entre tecnologías, que son genéricas al cambio de equipos, teniendo como resultado la Tabla VIII.

Por último, fueron evaluados los fluoroscopios (Tabla IX), equipos importantes en situaciones de adquisición de imágenes dinámicas, útiles en todos los procedimientos que permiten ver el adecuado funcionamiento de venas, arterias, vasos sanguíneos y demás órganos implícitos en los procesos cardiovasculares, así como su morfología; allí es crítico analizar los ángulos de movimiento que ofrece la mesa y la forma en la que los mismos se van a ejecutar, es decir, cuanto ángulo de rotación permite, si se hacen de manera mecánica o automático, si se hace de forma motorizada, analizar adecuadamente la potencia y la capacidad de carga que tienen los mismos, los prefiltros y filtros que tienen los equipos para garantizar calidad en la imagen y reducción en la dosis de radiación de los pacientes. La cantidad de monitores para planear de manera adecuada los procedimientos de intervención, la capacidad de almacenamiento del equipo, el funcionamiento de la unidad de post- procesamiento para tener clara desde la parte técnica los exámenes que pueden llegar a realizarse en estas áreas a partir de una adecuada planificación que exponga en la menor medida posible al personal asistencial y operacional del equipo a radiación o radioactividad (en caso de contener Sustancias Radioactivas).

Desde la ingeniería clínica se evalúan parámetros con valores establecidos como los que se visualizan en la Tabla VII para la evaluación de polígrafos.

Tabla VII. Parámetros evaluados para la evaluación técnica de polígrafos.

Cantidad de canales de presión invasiva (IBP)	4
Rango de error medida IBP	± 1 mmHg
Respiración	Rango de tasa: 0 - 150 respiraciones por minuto. Método: Microvapor infrarrojo no disperso (NDIR), espectroscopia para mediciones continuas de la cantidad de CO ₂ .
Medición integrada de signos vitales de SpO ₂ y presión sanguínea no invasiva (NIBP)	SpO ₂ : 0 - 100% para una tasa de frecuencia cardiaca de 40 -200 (Latidos por minuto) Adulto sistólico: 40 - 260 mmHg Adulto MAP: 26 – 220 mmHg Adulto Diastólico: 20 - 100 mmHg Neonatal Sistólico : 40 - 130 mmHg Neonatal MAP : 26 - 110 mmHg Neonatal Diastólico: 20 - 110 mmHg
Gasto cardiaco EtCO ₂	HemoBox: 0 - 150 mmHg ComboBox: 0 - 99 mmHg
Rango de error medida EtCO ₂	± 2 mmHg
Temperatura superficial	Modo de funcionamiento: Modo directo Sondas de temperatura YSI (Measurement Specialities) serie 400 Rango de medición 10,0 °C a 45,0 °C (50,0 °F a 113,0 °F) Precisión ± 0,1 °C (± 0,2 °F) Tiempo mínimo de medición 20 segundos.
Medición y cálculos integrados del gasto cardiaco	Rango de medición: 0.1 hasta 25 (l/min)
ECG y cantidad de derivaciones	13 derivaciones disponibles, con posibilidad de entrada de hasta 10 electrodos
Rango de error ECG	± 3 %

Tabla VIII. Parámetros evaluados para la evaluación técnica de ecógrafos.

<p>Modos de operación</p>	<p>2D</p> <ul style="list-style-type: none"> • Live 3D TEE and Live 3D TEE color flow • M-mode • Anatomical M-mode • Live xPlane imaging for 2D and color flow • Color M-mode • Color Power Angio (CPA) imaging • Directional CPA • Pulsed wave (PW) Doppler • HPRF PW Doppler • Continuous wave (CW) Doppler • Freehand 3D imaging • Needle visualization • QLAB advanced quantification software • Invert and color invert • Color compare mode • Dual mode <p>— 2D</p> <ul style="list-style-type: none"> —Tissue Doppler imaging —Color —Color Tissue Doppler imaging —Color Power Angio (CPA) imaging • Duplex for simultaneous 2D and Doppler • Triplex for simultaneous 2D, Doppler and color or Color Power Angio <p>2D and flow optimization signal processing</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intelligent Doppler – automatically maintains pre-selected 0/60° flow angle • Live compare • Tissue Harmonic Imaging (THI) • Zoom imaging – live or in review • Reconstructed zoom with pan (read zoom) • HD Zoom – real-time HD zoom increases processing capabilities depending upon 2D zoom size • HD zoom with adjustable box size and position • High-definition write zoom • Trapezoidal imaging • Pulse inversion harmonic imaging • Contrast imaging <p>—Cardiac left ventricular opacification (LVO)</p> <p>—General</p> <p>—Superficial</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adaptive Doppler • Adaptive color Doppler • Color tissue Doppler imaging • Pulsed wave tissue Doppler imaging • Active native data (allows manipulation of raw image data) • SmartExam system-guided protocol capability
---------------------------	---

Tabla IX. Parámetros evaluados para la evaluación técnica de fluoroscopios.

	Característica	Casa A	Casa B	Casa C
GENERADOR DE RAYOS X	Tipo	Alta frecuencia	Inversor de alta frecuencia	Inversor de alta frecuencia
	Potencia Nominal kW	65kW-80kW	65kW-80kW	80 kW
	Corriente mA	1mA-800mA	1mA-900mA	10 mA-1000 mA
	Voltaje kV	40kV-150kV	40kV-150kV	40kV-150kV
	Tiempo de exposición	0.001 s - 5 s	0.001 s - 16s	0.001 s - 10 s
	Tipo de Fluoroscopia	Pulsada	Pulsada y Continua	Continua
TUBO DE RAYOS X	Potencia nominal, kW/kVp	40kW-80kW	33kW-100kW	El proveedor no específica
	Capacidad térmica del ánodo	738 kHU	300 kHU	600 kHU
	Velocidad de enfriamiento (HU/min)	162000 HU/min	El proveedor no específica	El proveedor no específica
	Tamaño del punto focal (mm)	0.6mm-1.0mm	0.6mm-1.2mm	0.6mm-1.2mm
	Ángulo de haz oblicuo	± 45°	± 40°	± 30°
	Ángulo óptico de ánodo	12°	13°	12°
	Rotación del tubo	+ 90° a – 180°	- 90° a + 180°	
	Distancia Imagen a la fuente	115 cm, 150 cm	113cm, 183 cm	
	Rango	Max 113 cm	148 cm	
	Altura de la viga central sobre el piso	75 cm a 188 cm con la mesa a + 90° 55 cm a 168 cm con la mesa a – 90°	2773 mm	
	Distancia del haz central al final de la mesa	Min. 38 cm (extremo de la cabeza)	SID desde 113 cm hasta 183 cm máx	
	Sistema de enfriamiento	Refrigerado por aire	Aceite de aire (No Chiller)	El proveedor no específica
	Velocidad rotación ánodo	10 cm/s	8000 a 10000 rev/min	
DETECTORES	Tipo	Silicona amorfa con centellante de yoduro de cesio	Yoduro de Cesio	conversión Indirecta
	Dimensiones (cm x cm)	43 cm x 43 cm	43 cm x 43 cm	44cm x 35cm
	Resolución Espacial (Matriz)	Por encima de 2840 x 2874 pixeles	2840 x 2874 pixeles	2688 x 2208 píxeles
	Tamaño Pixel	148 um	148 um	160um
	Profundidad de digitalización	16 bits	16 bits	14 bits
	Distancia detector-mesa	7.3 cm	12.5 cm	
	Campo de visión (FOV), tamaño en cm	42 cm x 42.6 cm	42 cm x 42.5 cm	44cm x 35cm
	Frecuencia de imagen máxima (fps)	30, 15, 10, 7.5 and 3 p/s	6 fps estándar PCF - 30 fps fluoroscopia continua	15 fps
	Rejilla	Removible	Removible	Removible
	Líneas de rejilla	80 líneas/cm	44 líneas/cm	El proveedor no específica

Desde el concepto técnico, la gestión de la tecnología regulada por comunicación directa entre el proveedor e ingeniería clínica debe incluir al especialista, aumentando así la probabilidad de éxito en el proceso de compra, incluyendo varios factores que generan complicaciones o fallos en la actualidad del personal médico y asistencial al operar la tecnología.

Es importante controlar intereses individuales en los procesos de compra de tecnología biomédica, garantizando siempre el bienestar del paciente a través de la calidad en los diagnósticos. Para asegurar la transparencia en el proceso, se evitan reuniones individuales directas con las marcas; por el contrario, se busca visualizar el impacto de la tecnología basándose en referencias nacionales e internacionales, analizando esos testimonios y pruebas de procedimientos realizados con éxito, que buscan aumentar como mínimo al 60% la operabilidad de los equipos biomédicos a lo largo de su vida útil.

Finalmente, desde la perspectiva económica, juegan a favor y en contra diversos factores como el tiempo de garantía, consecución de repuestos, servicios especiales ofrecidos por el equipo, tiempo de soporte técnico, deposición final del equipo y demás características que pueden negociarse entre el hospital y casa fabricante durante el proceso de compra.

Como se visualiza en la Tabla VI, el proveedor A es la casa con el valor más elevado del mercado, con un 25% de diferencia por encima del precio standard de sus competidores, esto no la hace una casa descartable en primera instancia, se invita al lector a estudiar la oferta con cautela, muchas veces los beneficios se ven a futuro.

Aplicando el mismo principio no se debe escoger con premura la Casa B por ofrecer el costo más bajo, esta casa no ha soportado su oferta en información certera y válida de las características técnicas del equipo, el proveedor A si está sosteniendo su oferta con fichas técnicas concisas. Allí se evidencia la gran importancia de exigir a los proveedores ser claros y honestos con las ofertas que ponen sobre la mesa.

Aunque la decisión es conjunta y una sumatoria de calificaciones, los proveedores y el hospital deben dar información verídica en busca de beneficios para ambos desde el primer instante de negociación, la decisión depende de una competencia que se define por una junta directiva y los especialistas de alta coordinación; es por ello que el grupo de ingeniería, arquitectura y compras, deben plantar bases sólidas al proyecto que logre un impacto positivo a la entidad en un futuro, reduciendo las consecuencias y aumentando el beneficio en la compra de los equipos biomédicos.

6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Se recomienda retroalimentar la información de la base de datos del hospital para toda la tecnología biomédica, tener en la nube documentación pertinente a los equipos con capacidad de almacenar datos audiovisuales, fotos de los equipos que permitan agilizar los procesos de adaptación de personal nuevo al ingreso a la institución, además del conocimiento por parte del profesional de salud, teniendo en cuenta las siguientes nociones como:

1. Descripción física que contemple características básicas como color, tamaño de los equipos biomédicos y localización de la última vez que se ubicó realizando inventario físico en rondas o estudios.
2. Matrices de back up en Excel que permitan tener datos internos del departamento de ingeniería clínica en caso de fallas con el sistema.
3. Automatización en la mayor medida posible de matrices de obsolescencia para reducir al máximo procesos repetitivos o redundantes correspondientes entre revisiones.
4. Claridad en el inventario físico del hospital, alimentando la matriz constantemente para reducir los tiempos a la hora de encontrar los equipos.
5. Aumentar el desarrollo en el departamento de ingeniería clínica para dar solución a problemas del hospital como validaciones de cadena de frío.

En cuanto al plan maestro, se sugiere tener siempre la mayor cantidad de parámetros actualizados de diversas tecnologías a nivel mundial por organizaciones que tengan implicación directa en tecnología biomédica como, por ejemplo, Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud (CENETEC) de México, Organización Mundial de Salud (OMS), Ministerio de Salud (adquisición de equipos biomédicos) o publicaciones en bases de datos calificadas o certificadas a nivel mundial, optimizando así los procesos de adquisición a través de la anticipación.

Dentro de la anticipación se sugiere tener en cuenta:

1. Que nuevas funciones trae el equipo con respecto a la tecnología inmediatamente anterior.
2. Posibles cambios de nombre en los parámetros que ofrecen varios equipos, aunque cumpla la misma función, reduciendo tiempos de revisión bibliográfica a la hora de entregar propuestas.
3. Comunicar la importancia del entrenamiento respecto a la compra de tecnología tanto por inversión de la institución hospitalaria como por mitigación de situaciones de riesgo sobre el paciente, es decir, tener personal capacitándose, entrenando e informándose con respecto a la tecnología, para hacer pronta y óptima la entrada en funcionamiento de los equipos a los diversos servicios.
4. Intentar conseguir la mayor cantidad de material audiovisual posible procedente de las diversas casas ofertantes a la hora de decidir adquirir nueva tecnología.
5. Hacer una matriz similar de evaluación por plan de obsolescencia a la nueva tecnología, para tener una traza clara de los posibles puntos de fallos y poder predecir el comportamiento del equipo al pasar de su vida útil al interior de la institución hospitalaria.

7. CONCLUSIONES

Aplicar adecuadamente las variables que se van a evaluar en el índice de obsolescencia de equipos biomédicos, permite concluir factores que van más allá de la edad del equipo, aumentando los porcentajes de exactitud y precisión en la priorización de reemplazo de tecnología, concepto emitido por parte del área de ingeniería clínica (determinante en la renovación de equipos biomédicos al interior del hospital).

Al hacer una inspección del estado físico y las condiciones de uso de los equipos al interior del servicio de intervencionismo-hemodinamia, se detectan carencias en el aspecto clínico (la falta de control de dosis y funciones de reducción de radiación) y técnico (falta de entrenamiento en el uso de funciones ofrecidas por los equipos), estos factores se convierten en características determinantes a la hora de realizar una matriz de requisitos mínimos adaptables a los procedimientos realizados en la entidad hospitalaria a través de un plan maestro de adquisición.

Al tener una matriz de mínimos requisitos por parte de la institución prestadora de salud, es posible solicitar cotizaciones a las casas fabricantes encargadas de la tecnología específica del servicio de hemodinamia: angiografos, polígrafos, ecógrafos y fluoroscopios. Obteniendo una valoración correlacionada a los procedimientos realizados, reduciendo tiempos de parada (asociado a eventos adversos) y afectando en la menor medida posible el componente económico.

Resumiendo, toda la revisión literaria soportada por las fichas técnicas (enviadas por las casas ofertantes), es adecuado comparar las funciones clínicas ofrecidas por las casas fabricantes de equipos de imágenes diagnósticas, siendo descriptivo en la mayor medida posible con relación a los procedimientos y las condiciones técnicas que lo hacen el más competitivo en el mercado (resolución, rangos de operación, etc.). Posteriormente cuantificar de manera conjunta (entre profesionales de la salud e ingenieros biomédicos) la mejor opción para el hospital.

REFERENCIAS

- [1] García Ibarra, A. (2017). *Guía para diligenciar la propuesta de índice de obsolescencia de equipos biomédicos*. [ebook] Bogotá. Available at: [http://file:///C:/Users/Asus/Downloads/GUIA%20DILIGENCIAMIENTO%20DE%20PROUESTA%20DE%20INDICE%20DE%20OBSOLESCENCIA%20DE%20EQUIPOS%20BIOMEDICOS%20\(1\)%20\(1\).pdf](http://file:///C:/Users/Asus/Downloads/GUIA%20DILIGENCIAMIENTO%20DE%20PROUESTA%20DE%20INDICE%20DE%20OBSOLESCENCIA%20DE%20EQUIPOS%20BIOMEDICOS%20(1)%20(1).pdf) [Accessed 20 Jul. 2019].
- [2] Obsolescencia (qué es, o. (2019). *Obsolescencia (qué es, cómo se genera, obsolescencia programada)* - Web y Empresas. [online] Web y Empresas. Available at: <https://www.webyempresas.com/obsolescencia-que-es-como-se-genera-obsolescencia-programada/> [Accessed 10 Oct. 2019].
- [3] Pabón, A., Gaviria, L., Wilches, Á. and Bravo, J. (2018). *Análisis causal de reemplazo de equipos médicos radiológicos a causa de obsolescencia tecnológica*. [ebook] Available at: <https://www.revistaespacios.com/a18v39n26/a18v39n26p09.pdf> [Accessed 10 Oct. 2019].
- [4] Camacho, J. (2017). *¿Cómo gestionar la reposición de la tecnología médica?*. [online] Elhospital.com. Available at: <http://www.elhospital.com/blogs/Como-gestionar-la-reposicion-de-la-tecnologia-medica+118318> [Accessed 15 Oct. 2019].
- [5] *Inafic.com.co*, 2019. [Online]. Available: https://inafic.com.co/palma/payarte/Documentacion/Macroproceso%20gestion%20mantenimiento/Biomedica/Protocolos/GMTO-PRO48_Protocolo_Socializacion_Manejo_Seguridad_Tecnologias.pdf. [Accessed: 14-Sep- 2019].
- [6] "Resolución 434 de 2001" [Online]. Available: <https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R0434001.pdf>. [Accessed: 14- Sep- 2019].
- [7] "Resolución 2003 de 2014", *Minsalud.gov.co*, 2014. [Online]. Available: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%202003%20de%202014.pdf. [Accessed: 15- Oct- 2019].
- [8] "Resolución 482 de 2018", *Minsalud.gov.co*, 2018. [Online]. Available: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20482%20de%202018.pdf. [Accessed: 15- Oct- 2019].
- [9] "Resolución 434 de 2001", *Minsalud.gov.co*, 2018. [Online]. Available: <https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R0434001.pdf>. [Accessed: 15- Oct- 2019].
- [10] M. Carvajal Tejada and C. Ruiz Ibañez, "EVALUACIÓN TÉCNICA Y CLÍNICA DE TECNOLOGÍA BIOMÉDICA EN PROCESOS DE ADQUISICIÓN: UN ENFOQUE EN EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS EN SALUD", *Scielo.org.co*, 2019. [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-97622008000200006. [Accessed: 13- Sep- 2019].
- [11] *Scielo.org.co*, 2019. [Online]. Available: <http://www.scielo.org.co/pdf/rgps/v15n31/1657-7027-rgps-15-31-00088.pdf>. [Accessed: 14- Sep- 2019].

ANEXOS

Tabla X. Resultados de aplicación de índice de obsolescencia

				INDICE	
EQUIPO	TOTAL EVALUACIÓN TÉCNICA	TOTAL EVALUACIÓN CLÍNICA	TOTAL EVALUACIÓN ECONÓMICA	VALOR	CONCEPTO
ANALIZADOR DE COAGULACIÓN	12,69	0,3	15	27,99	Evaluar tecnología en un año
ANALIZADOR DE COAGULACIÓN	12,69	0,3	15	27,99	Evaluar tecnología en un año
ANGIÓGRAFO	10,008	12,06	10	32,07	Evaluar tecnología en un año
ANGIÓGRAFO	15,696	27	25	67,70	Renovación de tecnología a la brevedad (Plazo inferior a un año)
ANGIÓGRAFO	14,2605	15,06	10	39,32	Evaluar tecnología en un año
ANGIÓGRAFO	8,9055	27	25	60,91	Renovación de tecnología a la brevedad (Plazo inferior a un año)
BASCULA	6,98175	0,3	15	22,28	Evaluar tecnología en un año
DEFIBRILADOR	25,0065	0,3	15	40,31	Renovación de tecnología a la brevedad (Plazo inferior a un año)
DEFIBRILADOR	25,0065	0,3	10	35,31	Evaluar tecnología en un año
DEFIBRILADOR	26,9775	0,3	10	37,28	Evaluar tecnología en un año
DEFIBRILADOR	24,1065	0,3	15	39,41	Evaluar tecnología en un año
DEFIBRILADOR	6,8445	0,3	15	22,14	Evaluar tecnología en un año
ECÓGRAFO	6,98175	0,3	10	17,28	Tecnología NO requiere evaluación ni renovación en los próximos dos años
ECÓGRAFO	9,36	21	10	40,36	Renovación de tecnología a la brevedad (Plazo inferior a un año)

ECÓGRAFO	14,1255	21	10	45,13	Renovación de tecnología a la brevedad (Plazo inferior a un año)
ELECTROCARDIÓGRAFO	11,8755	0,3	10	22,18	Evaluar tecnología en un año
LÁMPARA AUXILIAR	17,91	0,3	10	28,21	Evaluar tecnología en un año
LÁMPARA AUXILIAR	13,13325	0,3	10	23,43	Evaluar tecnología en un año
LÁMPARA AUXILIAR	13,13325	0,3	10	23,43	Evaluar tecnología en un año
LÁMPARA AUXILIAR	15,35175	0,3	10	25,65	Evaluar tecnología en un año
MARCAPASOS	6,687	0,3	10	16,99	Tecnología NO requiere evaluación ni renovación en los próximos dos años
MARCAPASOS	0,45	0,3	10	10,75	Tecnología NO requiere evaluación ni renovación en los próximos dos años
MARCAPASOS	0,45	0,3	10	10,75	Tecnología NO requiere evaluación ni renovación en los próximos dos años
MARCAPASOS	0,45	0,3	10	10,75	Tecnología NO requiere evaluación ni renovación en los próximos dos años
MARCAPASOS	0,45	0,3	10	10,75	Tecnología NO requiere evaluación ni renovación en los próximos dos años
MONITOR DE RITMO CARDIACO	24,1065	21,06	10	55,17	Renovación de tecnología a la brevedad (Plazo inferior a un año)
POLÍGRAFO	15,7545	30	10	55,75	Renovación de tecnología a la brevedad (Plazo inferior a un año)
POLÍGRAFO	7,731	6,18	10	23,91	Evaluar tecnología en un año
POLÍGRAFO	11,53125	0,3	10	21,83	Evaluar tecnología en un año
POLÍGRAFO	12,231	0,3	10	22,53	Evaluar tecnología en un año
SILLA DE RUEDAS	7,425	0,3	10	17,73	Tecnología NO requiere evaluación ni renovación en los próximos dos años
SISTEMA DE MAPEO CARDÍACO	12,033	3,24	10	25,27	Evaluar tecnología en un año
ULTRASONIDO	10,161	12,06	10	32,22	Evaluar tecnología en un año

Tabla XI. Parámetros evaluados para la evaluación técnica de angiografos.

GENERADOR DE RAYOS X	PARÁMETRO	EQUIPO 1	EQUIPO 2	EQUIPO 3
	Tipo	Alta Frecuencia	Alta Frecuencia	Alta Frecuencia
	Potencia Nominal kW	100 kW	100 kW	100 kW
	Corriente mA	1000mA	1000mA	10-1000mA
	Voltaje kV	40 - 125 kV	40 - 125 kV	50-125kVp
	Tiempo de exposición	0,5 ms	1ms	No especifica
	Fluoroscopia mA	250mA	Potencia 1.5kW	1-130mA
	Fluoroscopia kV	125kVp		60-120kVp
	Número de tubos de rayos X	1	1	1
	Fluoroscopia pulsada	7,5 p/s 10 p/s 15 p/s 30 p/s, Con accesorio adicional es posible 0.5, 1,.0, 2.0, 3.0, 4.0, 6.0 p/s	3,75 p/s 7,5 p/s 15 p/s 30 p/s 60 p/s opcional para exposiciones dinámicas digitales	Ancho de pulso Fluoroscopia: 30 fps a 10ms 15 fps a 20ms

	Imágenes por segundo en la Fluoroscopia (fps = i/s)	7,5 i/s 10 i/s 15 i/s 30 i/s Es posible tener una opción de 60 i/s para pediatría	3,75 i/s 7,5 i/s 15 i/s 25 i/s 30 i/s	7.5 fps 15 fps 30 fps opcional: sub/no-sub- imágenes simultaneas en el monitor, máximo a 30 fps requiere in-room adicional.
	Colimador	Colimador Cardíaco , multiplano compacto para angiografía con diafragma rectangular y colimador de filtro cuneiforme semitransparente.	Colimador de profundidad de Rayos X con un solo Filtro cuneiforme semitransparente el cual se ubica de manera manual o automática.	Colimador combina cuchillas rectangulares con un software de control de filtros espectrales y 3 integrados en contorno de cuchillas de filtro. Dual-level, el colimador de cuchillas rectangulares genera el máximo bloqueo en la dirección de la radiación para optimizar la dosis.
	Filtro Colimador (Se especifican las medidas en mmCu)	Prefiltros de Cobre (Cu): 0.1 mm 0.2 mm 0.3 mm 0.6 mm 0.9 mm	Prefiltros equivalente a Cobre (Cu) 0.2 mm 0.5 mm 1.0 mm	Filtros especiales de Cobre (Cu) 0.1 mm 0.2 mm 0.3mm