



Construcción de un modelo de costeo anual de mantenimientos preventivos y calibración de equipos biomédicos para el Laboratorio Médico Echavarría

Sara Rios Arismendy

Trabajo de grado para optar al título de Bioingeniera

Asesores:

Interno: Juan Guillermo Barreneche Ospina, Bioingeniero

Externo: Lesly Conde Villero, Tecnóloga biomédica

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Bioingeniería

Medellín

2023

Cita	Rios Arismendy [1]
Referencia Estilo IEEE (2020)	[1] S. Rios Arismendy, “Construcción de un modelo de costeo anual de mantenimientos preventivos y calibración de equipos biomédicos para el Laboratorio Médico Echavarría”, Trabajo de grado profesional, Bioingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, 2023.



Centro de documentación de la Facultad de Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/Director: Julio César Saldarriaga Molina

Jefe departamento: John Fredy Ochoa Gómez

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A mis padres, que son el pilar de mi vida y por quienes estoy logrando este triunfo.

A mi familia, que siempre ha sido mi más grande apoyo.

Agradecimientos

*A mi querida Alma Mater, por los espacios, aprendizajes, momentos y maravillosas personas que
llevaré para siempre en mi corazón.*

A mi familia, por siempre motivarme a seguir en este camino.

*A Lesly, por ser una guía, compañera y amiga de la que aprendí mucho en el tiempo que estuve
en el LME.*

Al profe Juan Guillermo que me acompañó y guió en todo el proceso de las prácticas.

A Jean, quién fue un gran apoyo en el desarrollo de este trabajo.

*Al Laboratorio Médico Echavarría y todo su personal, por recibirme con los brazos abiertos y
siempre estar dispuestos a enseñarme.*

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN	11
II. OBJETIVOS	13
A. Objetivo general	13
B. Objetivos específicos	13
III. MARCO TEÓRICO	14
A. <i>Antecedentes</i>	14
B. <i>Definiciones generales</i>	15
1) <i>Dispositivo médico</i>	15
2) <i>Mantenimiento preventivo</i>	16
3) <i>Calibración</i>	16
C. Cost of Total Ownership	16
D. <i>Normatividad</i>	16
1) <i>Resolución 3100 de 2019</i>	16
2) <i>Decreto 4725 de 2005</i>	17
E. <i>Documentación y definiciones dentro del LME</i>	17
1) <i>Clasificación de equipos biomédicos</i>	17
2) <i>Plan de mantenimiento de equipos biomédicos, equipos administrativos e infraestructura</i>	18
3) <i>Plan de aseguramiento metrológico</i>	18
IV. METODOLOGÍA	19
A. <i>Familiarización</i>	19
B. <i>Determinación de equipos a incluir en el costeo</i>	19

<i>C. Recolección de información</i>	19
D. Construcción del modelo	20
1) <i>Tablero de control</i>	20
2) <i>Datos</i>	20
3) <i>Listas</i>	20
4) <i>Proveedores</i>	21
<i>E. Prueba piloto del modelo</i>	21
<i>F. Ajustes al modelo</i>	21
Proyecciones	21
V. RESULTADOS Y ANÁLISIS	23
<i>A. Equipos a incluir en el modelo.</i>	23
<i>B. Proveedores</i>	23
1) <i>Proveedores de mantenimiento preventivo</i>	24
2) <i>Proveedores de calibración</i>	26
<i>C. Construcción del modelo.</i>	27
1) <i>Tablero de control</i>	27
2) <i>Datos</i>	27
3) <i>Listas</i>	30
4) <i>Proveedores</i>	31
<i>D. Prueba piloto del modelo</i>	32
<i>F. Proyecciones</i>	42
VI. CONCLUSIONES	45
VII. RECOMENDACIONES	46
REFERENCIAS	47

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Precios proveedor “A” de mantenimiento preventivo	24
Tabla II. Precios proveedor “B” de mantenimiento preventivo.	24
Tabla III. Precios proveedor “B” de mantenimiento preventivo para la sede Chía.	25
TABLA IV. Precios proveedor “Z” de mantenimiento preventivo de cabinas.	25
Tabla V. Precios proveedor “C” de calibración por equipo	26
Tabla VI. Precios proveedor “D” de calibración	26
Tabla VII. Resultados obtenidos luego de realizar la proyección para 2023.	42
Tabla VIII. Resultados obtenidos luego de realizar la proyección para 2023.	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Metodología implementada	20
Figura 2. Tablero de control del modelo.	29
Figura 3. Matriz de datos diseñada para el modelo.	30
Figura 4. Tabla de gastos mensuales y totales por cada servicio.	31
Figura 5. (a) Tabla para el registro de costos de calibración por equipo. (b) Tabla para el registro de costos de mantenimiento por equipo.	32
Figura 6. Tabla de gastos mensuales y totales por sede.	32
Figura 7. Tablas con la información de costos de cada proveedor de calibración.	33
Figura 8. Tablas con la información de costos de cada proveedor de mantenimiento un cuadro comparativo entre ellos.	34
Figura 9. Costos mes a mes y totales de los mantenimientos y calibraciones durante 4 meses.	35
Figura 10. Gráfica de costos mes a mes y totales de los mantenimientos y calibraciones durante 4 meses.	37
Figura 11. Gráfica de costos de calibración por cada equipo intervenido.	38
Figura 12. Tabla de costos de calibración por cada equipo intervenido.	39
Figura 13. Gráfica de costos de mantenimiento preventivo por cada equipo intervenido.	40
Figura 14. Tabla de costos de mantenimiento preventivo por cada equipo intervenido.	41
Figura 15. Tabla de costos de mantenimiento preventivo y calibración por cada equipo intervenido.	42
Figura 16. Gráfica de costos de mantenimiento preventivo y calibración por cada equipo intervenido.	43
Figura 17. Tabla comparativa entre los costos de proveedores de mantenimiento.	43
Figura 18. Gráfica comparativa entre los costos de proveedores de mantenimiento.	46
Figura 19. Gráfica de costos actuales y costos proyectados para 2024.	47

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

LME	Laboratorio Médico Echavarría
Mto Ptvo	Mantenimiento preventivo
Calb	Calibración
CDP	Central de procesamiento
PDS	Punto de servicio

RESUMEN

Este trabajo se enfoca en realizar un modelo de costeo particular basado en Costo Total de Propiedad (TCO por sus siglas en inglés) para el Laboratorio Médico Echavarría con enfocado principalmente en el mantenimiento preventivo y calibración tenidos en cuenta como componentes del costeo, que permita al área de biomédica conocer los costos generados por estos procedimientos y tener un panorama financiero del área. Para la prueba del modelo se ingresaron los equipos intervenidos por mantenimiento preventivo y/o calibración durante los meses de febrero, marzo, abril y mayo y se consignaron los costos durante dichos meses. Para los meses faltantes del 2023 se realizó una proyección teniendo como base los cronogramas de mantenimiento preventivo y calibración para así tener una idea de los gastos totales en el año que fueron de \$84.340.686. Finalmente, se realizó una proyección para el 2024 de los gastos totales del área teniendo en cuenta el valor del IPC adoptado por el laboratorio para el 2024.

Palabras clave — **Mantenimiento preventivo, calibración, modelo, costos, TCO.**

ABSTRACT

This work focuses on implementing a specific costing model based on Total Cost of Ownership (TCO, for short) for the Echavarría Medical Laboratory, with a focus primarily on preventive maintenance and calibration taken into account as costing components, which enables the biomedical area to know the costs generated by these procedures and have a financial overview of the area. The equipment that required preventative maintenance and/or calibration during the months of February, March, April, and May was entered for the model test, and the costs incurred during those months were recorded. In order to estimate the overall costs for the year 2023, a projection was developed for the remaining months using the preventive maintenance and calibration schedules.

***Keywords* — Preventive maintenance, calibration, model, costs, TCO.**

I. INTRODUCCIÓN

El Laboratorio Médico Echavarría (LME) es una entidad que genera soluciones en medicina diagnóstica a través de la más moderna tecnología y que, además, cuenta con sedes en ciudades como Medellín, Bogotá, Manizales y Montería [1]. Es por esto que la entidad vela por el óptimo y correcto funcionamiento de los dispositivos médicos utilizados en sus instalaciones además de la veracidad en las mediciones que se realizan con estos.

Por otro lado, la ley 3100 de 2019 y el decreto 4725 de 2005 establece que los equipos biomédicos dentro de las entidades de salud deben contar con cronograma de mantenimiento preventivo y cumplir con la calibración de los equipos a los que aplique [2]; en busca de dar cumplimiento con lo anterior, desde el área de Biomédica se realiza la gestión del ciclo de vida posmercado de cada uno de los dispositivos médicos y se trabaja para realizar los mantenimientos preventivos y calibraciones de acuerdo a los cronogramas ya establecidos en el LME. Es importante resaltar que estos procedimientos tienen una implicación financiera significativa dentro del área y que es de gran importancia llevar un control y trazabilidad sobre éstos.

Sin embargo, en el área de biomédica no se cuenta con un modelo que permita calcular y conocer el costo por mantenimiento preventivo y calibración de equipos biomédicos además que el acceso a la información del área financiera y al modelo financiero del laboratorio es restringida; es de esta necesidad que surge el planteamiento y desarrollo del presente trabajo, en el que se construirá un modelo en Excel que calcule el costo anual de los mantenimientos preventivos y calibración de equipos de tipo I y II según la clasificación interna del LME para equipos biomédicos; además, el modelo permitirá observar por medio de gráficas, no sólo el gasto total anual, sino también el costo por mes de ambos procedimientos y adicionalmente se podrá observar comparativos entre los diferentes proveedores de estos servicios. En adición, el modelo podrá servir como base para la determinación del presupuesto del siguiente año, además de base para determinar en un futuro indicadores del área, también como sustento ante auditorías internas o evaluación de eficiencia del área en caso de ser solicitado por la gerencia del laboratorio.

En el presente trabajo se toma como base el modelo TCO (Total Cost of Ownership o costo total de la propiedad) que consiste en un cálculo que determina el coste total de un producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida [3]. Los costos incluidos dentro de este modelo generalmente son: Costos de adquisición, costos de mantenimiento y otros costos; sin embargo, los costos incluidos varían según el producto o servicio. En este caso en particular se hará énfasis en las variables de mantenimientos preventivos y calibraciones dentro del área de Biomédica en el Laboratorio Médico Echavarría ya que estos son los que representan mayores costos dentro del área.

Finalmente, en este trabajo se presentan el objetivo general y objetivos específicos del proyecto, marco teórico en el que se señalan los conceptos técnicos inherentes al proyecto, la metodología implementada para alcanzar los cada uno de los objetivos, los resultados obtenidos al igual que el análisis de éstos y finalmente se exponen las conclusiones y recomendaciones para trabajos futuros.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Construir un modelo de costeo de tenencia de dispositivos médicos de tipo I y II con énfasis en las variables mantenimiento preventivo y calibración en las diferentes sedes a nivel nacional del laboratorio, como base para el cálculo del presupuesto anual del área para el siguiente año.

B. Objetivos específicos

- Construir un modelo de costeo particular para el LME que calcule los costos anuales de mantenimiento preventivo y calibración de equipos biomédicos
- Realizar una prueba piloto del modelo calculando el costo de los meses febrero, marzo, abril y mayo por mantenimientos preventivos y calibraciones de equipos tipo I y II en las diferentes sedes del laboratorio a nivel nacional.
- Revisar y realizar ajustes al modelo de manera que se ajuste mejor a las necesidades particulares del laboratorio.

III. MARCO TEÓRICO

A. Antecedentes

En el estudio titulado “Metodología basada en TCO para adquisición de equipos en hospitales públicos de alta complejidad” desarrollan una metodología que permite determinar el costo final en el que incurren los hospitales al adquirir equipamiento médico de alto costo [3]. Los tipos de costos incluidos en la metodología son:

- Costo de adquisición de la tecnología ofertada por los proveedores.
- Costos de modificación de infraestructura.
- Costos consumos básicos.
- Costos de recursos humanos.
- Costos de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Costos de seguros.
- Otros costos.

La finalidad de la metodología implementada es ir más allá del proceso de inversión tradicional de adquisición de equipos que usualmente es utilizada en los hospitales públicos, en los que sólo se tiene en cuenta los costos de adquisición e los equipos y los demás factores y costos no son tomados en cuenta a la hora de analizar las diferentes propuestas. Sin embargo, el modelo basado en TCO permite calcular el total de costos que asumirá la institución al comprar un equipo médico, aumentando así la eficiencia y optimización de la oportunidad de compra.

The Access and delivery partnership (ADP), es una asociación que apoya a los países para fortalecer las políticas, capacidades humanas y sistemas que permiten a los países de ingresos bajos y medianos acceder a los nuevos productos a medida que estén disponibles, tales como medicamentos, vacunas y herramientas de diagnóstico con énfasis en tecnologías que abordan la tuberculosis, la malaria y enfermedades tropicales desatendidas [4].

La ADP propone una guía diseñada para apoyar la adquisición de nuevos equipos médicos a los sistemas de salud del sector público con recursos limitados. En esta guía mencionan las ventajas de usar un modelo TCO para la adquisición de tecnología médica, teniendo en cuenta no solo el precio de compra y costos de entrega, sino también los costos de mantenimiento periódico, reparaciones, piezas de repuesto, costos de energía, entre otros [5]. Las ventajas expuestas por la ADP al implementar este modelo abarcan diferentes etapas del ciclo de vida de equipos médicos, entre estas están:

- Mejorar los procesos de presupuestación de equipo médico.
- Apoyar el uso sostenible del equipo
- Planificación de la instalación del equipo, así como su uso y mantenimientos correctivos.
- Retirada y eliminación segura del equipo.

Finalmente, en el trabajo “Herramienta para el costo de mantenimiento anual de los equipos biomédicos para analizar el proceso de gestión económica del mantenimiento en la Clínica Cardio VID” se diseña una herramienta en Excel que realiza el cálculo del costo de mantenimiento preventivo y correctivo dentro de la Clínica Cardio Vid que además permite obtener algunos indicadores de costos dentro del proceso de ingeniería biomédica de la clínica [6].

B. Definiciones generales

1) Dispositivo médico

Un dispositivo médico es cualquier aparato, instrumento, equipo biomédico, máquina u otro artículo similar, utilizado sólo o en combinación, incluyendo sus componentes, accesorio y programas informáticos para su uso en: Diagnóstico, prevención, tratamiento o alivio de alguna enfermedad, lesión o deficiencia, sustitución o modificación de la estructura anatómica; así como productos para desinfección o esterilización de dispositivos médicos [7] y [8].

2) *Mantenimiento preventivo*

Se refiere a los trabajos que se realizan para el correcto funcionamiento de un equipo, entre ellos la limpieza del equipo, control de parámetros sistemáticos detección y corrección de las fallas antes de que ocurran los daños en el manejo de los equipos. Estos mantenimientos aumentan la vida útil de los equipos, además de que incrementan la seguridad del paciente y los operadores [9]

3) *Calibración*

Consiste en un conjunto de operaciones a través de las cuales se comparan las mediciones realizadas de un equipo con los patrones nacionales de medida y se determinan sus errores [10].

C. Cost of Total Ownership

El TCO o Costo Total de la Propiedad en español es una metodología de cálculo para determinar los costos directos o indirectos de un producto o servicio relativo a su compra, uso y mantenimiento. La importancia de este modelo radica en conocer todos los costos, incluso los costos “ocultos” que algunas veces no son tenidos en cuenta pero que finalmente pueden incrementar los costos del producto o servicio [3] y [4]. La fórmula (1) expresa los costos que se incluyen en este modelo.

$$\text{TCO} = \text{Coste inicial (I)} + \text{Coste de mantenimiento (M)} + \text{Otros costos (OC)} \quad (1)$$

Si bien, los costes incluidos dentro del modelo TCO varían según el producto o servicio a evaluar, la fórmula (1) resume lo que se busca calcular con el modelo.

D. Normatividad

1) *Resolución 3100 de 2019*

Norma de habilitación vigente que contiene el estándar de dotación en donde se establecen las condiciones mínimas e indispensables que garantizan los equipos biomédicos necesarios para la prestación de los servicios de salud con el menor riesgo posible y establece que dichos equipos deben contar con [2].

“(…)

2.1. Programa de mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos, que incluya el cumplimiento de las recomendaciones establecidas por el fabricante o de acuerdo con el protocolo de mantenimiento que tenga definido el prestador, éste último cuando no esté definido por el fabricante. (...)” [11]

2) *Decreto 4725 de 2005*

Por el cual se reglamenta el régimen de registros sanitarios, permiso de comercialización y vigilancia sanitaria de los equipos médicos para su uso humano. El artículo 55 del decreto 4725 de 2005 establece que el prestador de servicio de salud deberá realizar el mantenimiento y la calibración, según las recomendaciones e indicaciones del fabricante.

“Artículo 55. Información general. De acuerdo al tipo de dispositivo médico y cuando aplique, el etiquetado deberá contener lo siguiente:

(...) j) La información necesaria para verificar si el dispositivo está instalado en forma adecuada y puede funcionar correcta y seguramente, además de detalles sobre la naturaleza y frecuencia de su mantenimiento preventivo, la sustitución de elementos de consumo, así como aspectos relacionados con la calibración necesaria para que el dispositivo funcione correctamente y con seguridad durante su vida útil. (...)” [12]

E. Documentación y definiciones dentro del LME

1) *Clasificación de equipos biomédicos*

En LME se cuenta con una clasificación interna de los equipos biomédicos según su uso, complejidad y criticidad

a) *Analizadores*

Equipos de alta criticidad que son los encargados de analizar las muestras biológicas de los pacientes en busca de un diagnóstico.

b) Equipos nivel I y II

Equipos de baja a media complejidad que se utilizan en el pre procesamiento de muestras, tales como centrífugas, Incubadoras, serofugas; Equipos para medición, entre ellos pipetas, termómetros y básculas, entre otros.

2) Plan de mantenimiento de equipos biomédicos, equipos administrativos e infraestructura

En este documento se exponen la frecuencia de mantenimiento preventivo de analizadores, que es definido por la casa comercial de acuerdo con las sugerencias dadas por el fabricante, y la frecuencia de mantenimientos preventivos de equipos nivel I y II que es definido de acuerdo al uso, sugerencias del fabricante y criticidad en el proceso.

3) Plan de aseguramiento metrológico

En el que se establecen los errores máximos permitidos, tolerancias y frecuencia de calibración de cada uno de los equipos de nivel I y II que requieran control metrológico.

IV. METODOLOGÍA

En el diagrama de la fig. 1 se muestra la metodología para construir el modelo de costeo particular para el LME.

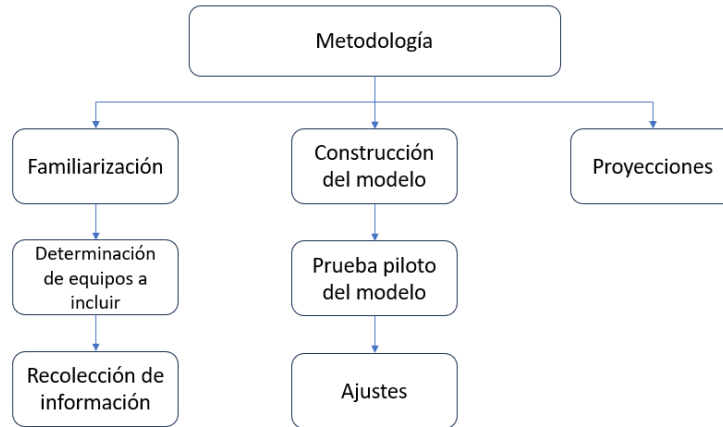


Figura 1. Metodología implementada

A. Familiarización

Durante la primera fase del proyecto se hizo una familiarización con la metodología de trabajo en el área de biomédica dentro del LME, así como los equipos que tiene el laboratorio, su clasificación, el procedimiento para realizar las calibraciones y mantenimientos preventivos y la periodicidad en la que se realizan dichos procesos.

B. Determinación de equipos a incluir en el costeo

Una vez realizada la familiarización y teniendo un mejor contexto de todo el proceso biomédico, se determinó cuáles equipos iban a ser incluidos dentro del modelo, según sugerencias de la analista biomédica y teniendo en cuenta la accesibilidad a las facturas y costos de mantenimiento y calibración de los diferentes equipos del laboratorio.

Para este modelo no se tendrán en cuenta los equipos tipo analizador, puesto que la información de costos de manejo y mantenimiento de dichos equipos es administrada por otra área del laboratorio y el acceso a esta información es restringida. Por ende, el modelo se realizará para calcular los costos de mantenimiento y calibración únicamente de equipos tipo I y II según la clasificación interna del laboratorio.

C. Recolección de información

Teniendo en cuenta que en el LME no se tiene un personal interno encargado del mantenimiento de equipos biomédicos y que la calibración debe ser realizada por un laboratorio certificado frente a la ONAC, estos procedimientos son realizados por proveedores externos. Una vez establecido esto, se recogió información respecto a los proveedores de calibración y mantenimiento de equipos biomédicos, consultando costos de cada uno según el equipo a intervenir; esta información se obtuvo de los contratos realizados con el LME o en algunos casos de las facturas pagadas a los respectivos proveedores. También se determinó que en el modelo no se registrarán costos por mano de obra puesto que estos ya están incluidos en los costos estipulados de cada proveedor.

D. Construcción del modelo

Luego de recolectar la información y determinar la metodología de ingreso de equipos al modelo, se realizó la plantilla de Excel con las siguientes hojas:

1) Tablero de control

En esta hoja se pueden visualizar las gráficas extraídas de la información consignada en la matriz de datos, que servirán para obtener información rápida de manera gráfica sobre los diferentes costos del área

2) Datos

En la segunda hoja del Excel se construyó una matriz de datos donde será consignada toda la información de cada uno de los equipos que serán incluidos en el modelo. En la tabla se

registra información del equipo como nombre y placa, además de información respecto a los mantenimientos y calibraciones como proveedores y periodicidad.

Paralelamente se construyó una tabla en la que se van consignando automáticamente los costos mensuales por cada procedimiento (mantenimiento y calibración) así como los costos totales en el mes a medida que se ingresan datos a la matriz. Adicionalmente de una tabla por costos de mantenimiento por equipo y otra de costos de calibración por equipo. Finalmente, una tabla que permite identificar los costos de mantenimiento y calibración por cada equipo.

3) Listas

En esta pestaña se tienen todas las listas necesarias para que la matriz de datos sea una tabla dinámica y permita seleccionar datos de información ya consignada en las listas.

4) Proveedores

Teniendo en cuenta que los precios de los proveedores tienden a estar estandarizados, la hoja llamada “proveedores” se creó con el objetivo de consignar en ella toda la información relacionada con los costos de los procedimientos según el proveedor y según el equipo, por lo que en esta hoja se creó una tabla para cada proveedor de calibración con sus respectivos costos individuales de cada equipo y también una para cada proveedor de mantenimiento con sus respectivos costos por cada equipo a intervenir durante el año.

E. Prueba piloto del modelo

Una vez construido el modelo se procedió con la prueba piloto que consistió en ingresar todos los equipos tipo I y II del laboratorio que se les realizó preventivo y/o calibración durante los meses de febrero, marzo, abril y mayo y se registraron los costos de cada mes en mantenimiento y calibración; de igual manera, se registró el gasto total durante esos 4 meses.

F. Ajustes al modelo

Luego de la prueba piloto, se realizaron los ajustes y cambios necesarios al modelo de manera que se ajustara mejor a las necesidades del área y del laboratorio

G. Proyecciones

Con la idea de que el modelo implementado sirva como base para el cálculo del presupuesto para el próximo año (2024), se realiza una proyección para el resto de los meses que no fueron incluidos en el modelo que van desde junio hasta diciembre. Para realizar dichas proyecciones se usó como apoyo los cronogramas de mantenimiento preventivo y calibración para saber cuántos y cuáles equipos están proyectados a ser intervenidos durante esos meses. Los cálculos realizados no son exactos pues los cronogramas están constantemente sujetos a cambios; más sin embargo permiten tener un panorama de los equipos a incluir en esta etapa del proceso.

Una vez realizada la proyección por el resto del año, se hace el cálculo aproximado de gastos totales durante el 2023, para luego realizar la proyección de gastos en el 2024 teniendo en cuenta el valor del IPC adoptado dentro del laboratorio.

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A. Equipos a incluir en el modelo.

Una vez realizada la familiarización con el proceso biomédico en el LME y teniendo en cuenta el acceso a la información de costos de mantenimiento y calibración de equipos, se hizo la selección de cuáles de éstos iban a ser incluidos en el modelo.

Como se mencionó anteriormente, el acceso a la información de costos de los analizadores es administrada por otra área, por lo que estos equipos no se incluyeron en el modelo; por otro lado, los costos de mantenimiento y calibración de equipos tipo I y II es administrada por el área de biomédica y se tiene acceso tanto a los contratos con proveedores, así como a las facturas que se les pagan a estos, por lo que se determinó que estos serían los equipos a incluir en el modelo.

No se determinó una cantidad específica de equipos a incluir en el costeo ya que además de los incluidos en los cronogramas, en muchas ocasiones se realizan intervenciones a necesidad, especialmente para los equipos de contingencia que se usan como reemplazo cuando se pide un equipo que necesita ser intervenido o como back up en caso de daño de algún equipo; por lo tanto, los equipos que se incluirán en el modelo se irán ingresando a medida que sean intervenidos, teniendo en cuenta el reporte calibración y/o mantenimiento según aplique. Sin embargo, se tiene un aproximado de 937 equipos inventariados en el laboratorio, de los cuales se tiene planeado intervenir durante el año un 58% de estos equipos mientras que el 32% son equipos de contingencia o equipos que ya no están en uso.

B. Proveedores

El siguiente paso fue recolectar la información de cada uno de los proveedores, por motivos de confidencialidad, los proveedores serán nombrados proveedor “A” y proveedor “B” en el caso de los proveedores de mantenimiento preventivo; los proveedores de calibración serán nombrados proveedor “C” y proveedor “D” respectivamente. Finalmente, se hará alusión al proveedor de mantenimiento preventivo de cabinas como proveedor “Z”.

A continuación, se consigna en tablas la información encontrada de cada proveedor.

1) Proveedores de mantenimiento preventivo

El proveedor “A” es el encargado de realizar los mantenimientos preventivos en todas las sedes de la ciudad de Medellín y área metropolitana. En la tabla I se consignan los costos del proveedor de cada uno de los equipos que requieren mantenimiento preventivo en las sedes mencionadas.

Tabla I. Precios proveedor “A” de mantenimiento preventivo

Equipo	Costo
Agitadores	\$ 65.000,00
Baño María	\$ 75.000,00
Baño seco	\$ 75.000,00
Baño serológico	\$ 75.000,00
Centrífuga	\$ 112.000,00
Congelador/Nevera	\$ 100.000,00
Minibar	\$ 50.000,00
Contador de células	\$ 40.000,00
Incubadora/Horno	\$ 80.000,00
Micropipetas	\$ 45.000,00
Microscopio	\$ 100.000,00
Piano 5 teclas	\$ 40.000,00
Vortex	\$40.000,00

El proveedor “B” realiza los mantenimientos preventivos en el resto de las ciudades donde se tienen sedes de laboratorio: Bogotá, Chía, Manizales, Montería, Sincelejo y Barranquilla. En la tabla II se consignan los costos de mantenimiento por equipo del proveedor.

Tabla II. Precios proveedor “B” de mantenimiento preventivo.

Equipo	Costo
Agitadores	\$ 47.500,00
Baño María	\$ 60.000,00
Baño seco	\$ 60.000,00
Baño serológico	\$ 60.000,00
Centrífuga	\$ 87.000,00
Congelador/Nevera	\$ 119.000,00
Minibar	\$ 89.500,00
Contador de células	\$ 35.000,00
Equipo Iontoforesis	\$ 50.000,00
Incubadora/Horno	\$ 93.500,00
Mini/Microcentrífuga	\$ 73.500,00
Microondas	\$ 55.000,00
Micropipetas	\$ 46.000,00
Microscopio	\$ 119.500,00
Piano 5 teclas	\$ 87.000,00
Transiluminador	\$ 27.000,00
Vortex	\$ 47.500,00

Se puede observar que el proveedor “B” realiza mantenimiento a mayor cantidad de equipos en comparación con el proveedor “A”. La razón de esto es que los equipos como micro y minicentrífuga, transiluminador y equipo de iontoforesis se usan en las áreas especializadas: citogenética, inmunogenética y biología molecular; estas áreas especializadas sólo se encuentran en la CDP de Bogotá, por lo tanto, el proveedor “A” de Medellín no interviene este tipo de equipos.

Debido a los costos de transporte implicados para realizar los mantenimientos en la sede de Chía, el proveedor incrementó un poco los costos de preventivo para dicha sede. Los costos de los equipos que necesitan mantenimiento en esta sede se muestran en la tabla III.

Tabla III. Precios proveedor “B” de mantenimiento preventivo para la sede Chía.

Equipo	Costo
Centrífuga	\$ 89.500,00
Baño serológico	\$ 89.000,00
Minibar	\$ 89.500,00

Finalmente, el proveedor “Z” realiza los mantenimientos preventivos y calificación de cabinas, ya sea de bioseguridad, de flujo laminar, entre otros tipos. Este es el único proveedor que

actualmente presta este servicio en el laboratorio. En la tabla IV podemos observar los costos por los servicios prestados al laboratorio

TABLA IV. Precios proveedor “Z” de mantenimiento preventivo de cabinas.

Equipo	Costo
Centrífuga	\$ 89.500,00
Baño serológico	\$ 89.000,00
Minibar	\$ 89.500,00

2) Proveedores de calibración

Actualmente el laboratorio sólo tiene contrato con un proveedor de calibración (Proveedor “C”); sin embargo, para el modelo se tienen en cuenta 2 proveedores puesto que el proveedor “D” realizó calibraciones hasta el mes de abril y entra dentro del rango de meses que se incluyen en el modelo.

En las tablas IV y V se consignan, respectivamente, los costos de calibración de los proveedores “C” y “D” según el equipo a intervenir

Tabla V. Precios proveedor “C” de calibración por equipo

Equipo	Costo
Baño seco	\$ 125.410,00
Baño serológico	\$ 118.272,00
Báscula digital	\$ 103.488,00
Báscula análoga	\$ 103.488,00
Centrífugas	\$ 81.984,00
Congelador/Nevera/Refrigerador	\$ 118.272,00
Incubadora	\$ 118.272,00
Micropipeta (0,5-10 ul y 1-10 ul)	\$ 196.000,00
Micropipeta vol fijo	\$ 98.000,00
Micropipeta (otros volúmenes)	\$ 128.128,00
Termohigrómetro	\$ 128.128,00
Termómetro digital	\$ 128.128,00
Termómetro infrarrojo	\$ 25.000,00
Termómetro de punzón	\$ 128.000,00

Tabla VI. Precios proveedor “D” de calibración

Equipo	Costo
Micropipetas vol fijo	\$ 69.700,00
Micropipetas (otros volúmenes)	\$ 135.700,00
Termohigrómetro	\$ 140.200,00
Termómetro digital	\$ 107.900,00
Termómetro infrarrojo	\$ 107.900,00
Termómetro de punzón	\$ 107.900,00

Los equipos que no fueron incluidos en la tabla del proveedor “D” en comparación los incluidos en la tabla del proveedor “C” no fueron interferidos por el proveedor durante la primera mitad del año; como la información de estos costos se tomó de las facturas de cada proveedor, no se cuenta con la información de costo del año presente de los equipos que no fueron intervenidos, por lo que estos no se incluyeron en la tabla.

C. Construcción del modelo.

El modelo se construyó en Excel; se escogió esta herramienta por sugerencia de la analista biomédica, además que es la más usada dentro del área y es una herramienta que permite realizar cálculos y gráficas de manera fácil y organizada.

El modelo se compone del número de unidades a calibrar de cada equipo así como el número de unidades a las que se les realiza el mantenimiento preventivo, el valor unitario de calibrar cada equipo y realizar el mantenimiento, además se incluye el proveedor que realiza el proceso debido a que esto influye en el costo de los procedimientos.

Debido a que el modelo consiste en determinar el costo total de calibración y mantenimientos a través de sumas, se implementó el modelo en base a TCO pues luego de realizar una búsqueda de información respecto al modelo, se identificó que el que mejor se asemeja a lo que se pretende lograr para el LME, debido a que este modelo permite realizar el costo total de un producto y servicio. Para este caso en particular se enfocó principalmente en los costos de mantenimiento y calibración.

Con base en lo anterior, en Excel se creó una tabla para ingresar la información de cada equipo que sea calibrado y/o se le realice mantenimiento, según aplique; adicionalmente en la tabla se ingresa información del proveedor con la idea de calcular el costo individual según el procedimiento (mantenimiento o calibración), según el equipo y según el proveedor que son las variables que afectan directamente los costos; con esta información, el modelo multiplicar el costo que define cada proveedor por el número de unidades a calibrar y se va sumando el costo mes a mes de los servicios.

Adicionalmente, se buscó que la herramienta en excel permitiera observar de manera gráfica información importante respecto a los costos. Finalmente, se tomó en cuenta la inflación según el IPC proyectado para el próximo año para realizar la proyección de costos del año 2024.

A Continuación, se describen de manera más detallada las componentes del modelo.

1) *Tablero de control*

Esta hoja, cómo se mencionó anteriormente, está diseñada para permitir la visualización de gráficas, de las cuáles se puede sacar información de manera rápida, así como realizar comparaciones y análisis que permitan tomar decisiones futuras dentro del área en pro de la optimización de los recursos relacionados a los costos. La visualización de esta hoja puede observarse en la fig. 2.

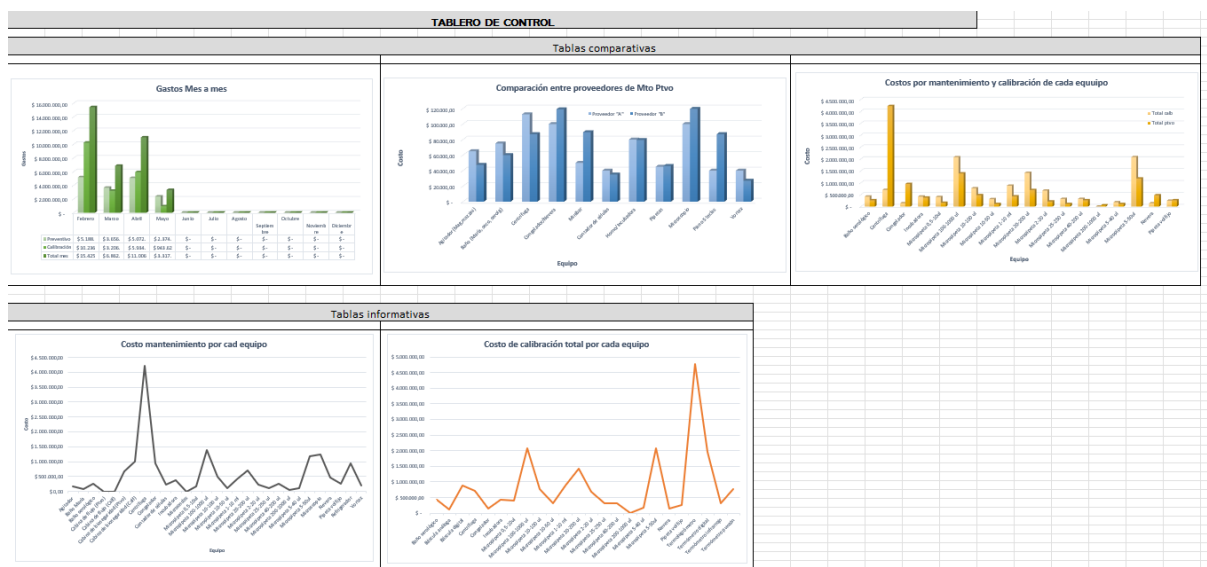


Figura 2. Tablero de control del modelo.

Costos Totales			
Mes	Total Calibración	Total Preventivo	Total Mes
Enero	\$ -	\$ -	\$ -
Febrero	\$ -	\$ -	\$ -
Marzo	\$ -	\$ -	\$ -
Abril	\$ -	\$ -	\$ -
Mayo	\$ -	\$ -	\$ -
Junio	\$ -	\$ -	\$ -
Julio	\$ -	\$ -	\$ -
Agosto	\$ -	\$ -	\$ -
Septiembre	\$ -	\$ -	\$ -
Octubre	\$ -	\$ -	\$ -
Noviembre	\$ -	\$ -	\$ -
Diciembre	\$ -	\$ -	\$ -
Total Año	\$ -	\$ -	\$ -

Figura 4. Tabla de gastos mensuales y totales por cada servicio.

Adicionalmente, se creó una tabla para registrar la información del costo total me mantenimiento por cada equipo y otra para el costo total de calibración por cada equipo. Al igual que la tabla anterior, estas se van actualizando de manera automática a medida que se ingresan equipos a la matriz de datos. Es importante aclarar que en la tabla de mantenimiento se excluyen los equipos a los que no se les realiza dicho procedimiento y de la misma manera funciona para la tabla de calibración. Las tablas diseñadas se muestran en la fig. 5.

Costos de calibración por equipo		Costos de preventivo por equipo	
Equipo	Total calibración	Equipo	total preventivo
Baño serológico	\$ -	Agitador	\$ -
Báscula analoga	\$ -	Baño María	\$ -
Báscula digital	\$ -	Baño serológico	\$ -
Centrifuga	\$ -	Cabina de flujo (Ptvo)	\$ -
Congelador	\$ -	Cabina de flujo (Calf)	\$ -
Incubadora	\$ -	Cabina de bioseguridad (Ptvo)	\$ -
Micropipeta 0.5-10ul	\$ -	Cabina de bioseguridad (Calf)	\$ -
Micropipeta 100-1000 ul	\$ -	Centrifuga	\$ -
Micropipeta 10-100 ul	\$ -	Congelador	\$ -
Micropipeta 10-50 ul	\$ -	Contador de células	\$ -
Micropipeta 1-10 ml	\$ -	Incubadora	\$ -
Micropipeta 20-200 ul	\$ -	Microondas	\$ -
Micropipeta 2-20 ul	\$ -	Micropipeta 0.5-10ul	\$ -
Micropipeta 25-250 ul	\$ -	Micropipeta 100-1000 ul	\$ -
Micropipeta 40-200 ul	\$ -	Micropipeta 10-100 ul	\$ -
Micropipeta 200-1000 ul	\$ -	Micropipeta 10-50 ul	\$ -
Micropipeta 5-40 ul	\$ -	Micropipeta 1-10 ml	\$ -
Micropipeta 5-50ul	\$ -	Micropipeta 20-200 ul	\$ -
Nevera	\$ -	Micropipeta 2-20 ul	\$ -
Pipeta vol fijo	\$ -	Micropipeta 25-250 ul	\$ -
Termohigrómetro	\$ -	Micropipeta 40-200 ul	\$ -
Termómetro digital	\$ -	Micropipeta 200-1000 ul	\$ -
Termómetro infrarrojo	\$ -	Micropipeta 5-40 ul	\$ -
Termómetro punzón	\$ -	Micropipeta 5-50ul	\$ -
Total	\$ -	Microscopio	\$ -
		Nevera	\$ -
		Pipeta vol fijo	\$ -
		Refrigerador	\$ -
		Vortex	\$ -
		Total	\$ -

Figura 5. (a) Tabla para el registro de costos de calibración por equipo. (b) Tabla para el registro de costos de mantenimiento por equipo.

Finalmente, se diseñó una última tabla en la que se pueden observar los costos por calibración y preventivo de cada una de las sedes del laboratorio (Fig. 6)

Costos de calibración y preventivo por Sede				
Sede	Total Calb	Total Ptvo	Total servicios	
Almacén Bogotá	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Almacén Medellín	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Atención domiciliaria Med	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Barranquilla	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Calle 27	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Campestre	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Central de Procesos Bogotá	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Central de Procesos Medellín	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Chia	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Clinica Central	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Clinica EMMSA	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Clinica Monteria	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Clínica Primavera	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Envigado	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Gran vía	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Hospital de caldas	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
IPS	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Laureles	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Llanogrande	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Manizales Palogrande	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Rionegro	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Sabaneta	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Santa Teresita	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Sincelejo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Suramericana	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Torre Médica Clínica EMMSA	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Torreplaza	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Torre Medica Salud Vegas	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Totales	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

Figura 6. Tabla de gastos mensuales y totales por sede.

3) Listas

En esta ventana se consignan todas las listas necesarias para realizar la tabla dinámica de la matriz de datos. Entre ella está el listado de todas las sedes del laboratorio con su respectiva ciudad y departamento, también se encuentra la lista con las diferentes periodicidades con la que se realizan los mantenimientos y las calibraciones; adicionalmente, la lista de los diferentes proveedores y la lista con los nombres de todos los equipos. Toda la información para la creación de las listas se obtuvo de la base de datos del área de biomédica.

4) Proveedores

Con base a la información recolectada en el numeral B. “Proveedores” del presente trabajo, se realizaron tablas en el Excel para consignar dicha información. La finalidad de esta pestaña, además de poder encontrar la información en caso de ser necesaria, es que, a la hora de llenar la matriz de datos, los costos se ingresen de manera automática; es decir, al ingresar el nombre del equipo y el proveedor – ya sea de mantenimiento o calibración- el espacio designado para el costo se llene de manera automática, haciendo uso de la información consignada en esta pestaña. En la fig. 7 y fig. 8 se puede observar el resultado final luego de organizar la información y diseñar las tablas para el modelo.

Proveedores calibración de equipos biomédicos

Proveedor "C"		Proveedor "D"	
Equipo	Costo	Equipo	Costo
Baño seco	\$ 125.410,00	Báscula análoga	\$ 99.300,00
Baño serológico	\$ 118.272,00	Báscula digital	\$ 105.300,00
Báscula análoga	\$ 103.488,00	Centrífuga	\$ 96.800,00
Báscula digital	\$ 103.488,00	Incubadora	\$ 965.231,00
Centrífuga	\$ 81.984,00	Micropipeta 0,5-10ul	\$ 169.400,00
Congelador	\$ 118.272,00	Micropipeta 100-1000 ul	\$ 135.700,00
Incubadora	\$ 118.272,00	Micropipeta 10-100 ul	\$ 135.700,00
Micropipeta 0,5-10ul	\$ 196.000,00	Micropipeta 10-50 ul	\$ 135.700,00
Micropipeta 100-1000 ul	\$ 128.128,00	Micropipeta 1-10 ml	\$ 135.700,00
Micropipeta 10-100 ul	\$ 128.128,00	Micropipeta 200-1000 ul	\$ 135.700,00
Micropipeta 10-50 ul	\$ 128.128,00	Micropipeta 20-200 ul	\$ 135.700,00
Micropipeta 1-10 ml	\$ 196.000,00	Micropipeta 2-20 ul	\$ 154.100,00
Micropipeta 200-1000 ul	\$ 128.128,00	Micropipeta 25-250 ul	\$ 135.700,00
Micropipeta 20-200 ul	\$ 128.128,00	Micropipeta 40-200 ul	\$ 135.700,00
Micropipeta 2-20 ul	\$ 128.128,00	Micropipeta 5-40 ul	\$ 154.100,00
Micropipeta 25-250 ul	\$ 128.128,00	Micropipeta 5-50ul	\$ 154.100,00
Micropipeta 40-200 ul	\$ 128.128,00	Pipeta vol fijo	\$ 69.700,00
Micropipeta 5-40 ul	\$ 128.128,00	Termohigrómetro	\$ 140.200,00
Micropipeta 5-50ul	\$ 128.128,00	Termómetro digital	\$ 107.900,00
Nevera	\$ 118.272,00	Termómetro infrarrojo	\$ 107.900,00
Pipeta vol fijo	\$ 98.000,00	Termómetro punzón	\$ 107.900,00
Refrigerador	\$ 118.272,00		
Termohigrómetro	\$ 128.128,00		
Termómetro digital	\$ 128.128,00		
Termómetro infrarrojo	\$ 25.000,00		
Termómetro punzón	\$ 128.128,00		

Figura 7. Tablas con la información de costos de cada proveedor de calibración.

Teniendo en cuenta que actualmente sólo se tiene un proveedor de calibración, no se realizó una tabla comparativa entre ambos proveedores; sin embargo, se incluyeron los costos del proveedor 2 pues éste realizó procedimientos a los equipos del laboratorio hasta el mes de abril, lo que significa que debía incluirse dentro de la matriz de datos para calcular los costos del rango de meses establecidos para la prueba piloto.

Proveedor "A"		Proveedor "B"		Proveedor "Z"	
Equipo	Costo	Equipo	Costo	Equipo	Costo
Agitador	\$ 65.000,00	Agitador	\$ 47.500,00	Cabina de flujo (Ptvo)	\$ 280.000,00
Agitador de mazzini	\$ 65.000,00	Agitador de mazzini	\$ 47.500,00	Cabina de bioseguridad (Pt	\$ 280.000,00
Agitador magnético	\$ 65.000,00	Agitador magnético	\$ 47.500,00	Cabina de flujo (Calf)	\$ 420.000,00
Baño María	\$ 75.000,00	Baño María	\$ 60.000,00	Cabina de bioseguridad (C	\$ 420.000,00
Baño seco	\$ 75.000,00	Baño seco	\$ 60.000,00		
Baño serológico	\$ 75.000,00	Baño serológico	\$ 60.000,00		
Centrífuga	\$ 112.500,00	Centrífuga	\$ 87.000,00		
Congelador	\$ 100.000,00	Congelador	\$ 119.000,00		
Contador de células	\$ 40.000,00	Contador de células	\$ 35.000,00		
Equipo Iontoforesis	\$ -	Equipo Iontoforesis	\$ 50.000,00		
Horno de secado	\$ 80.000,00	Horno de secado	\$ 79.500,00		
Incubadora	\$ 80.000,00	Incubadora	\$ 93.500,00		
Microcentrífuga	\$ -	Microcentrífuga	\$ 73.500,00		
Microondas	\$ -	Microondas	\$ 55.000,00		
Micropipeta 0,5-10ul	\$ 45.000,00	Micropipeta 0,5-10ul	\$ 46.000,00		
Micropipeta 100-1000 ul	\$ 45.000,00	Micropipeta 100-1000 ul	\$ 46.000,00		
Micropipeta 10-100 ul	\$ 45.000,00	Micropipeta 10-100 ul	\$ 46.000,00		
Micropipeta 10-50 ul	\$ 45.000,00	Micropipeta 10-50 ul	\$ 46.000,00		
Micropipeta 1-10 ml	\$ 45.000,00	Micropipeta 1-10 ml	\$ 46.000,00		
Micropipeta 200-1000 ul	\$ 45.000,00	Micropipeta 200-1000 ul	\$ 46.000,00		
Micropipeta 20-200 ul	\$ 45.000,00	Micropipeta 20-200 ul	\$ 46.000,00		
Micropipeta 2-20 ul	\$ 45.000,00	Micropipeta 2-20 ul	\$ 46.000,00		
Micropipeta 25-250 ul	\$ 45.000,00	Micropipeta 25-250 ul	\$ 46.000,00		
Micropipeta 40-200 ul	\$ 45.000,00	Micropipeta 5-40 ul	\$ 46.000,00		
Micropipeta 5-40 ul	\$ 45.000,00	Micropipeta 5-50ul	\$ 46.000,00		
Micropipeta 5-50ul	\$ 45.000,00	Micropipeta 5-40ul	\$ 46.000,00		
Microscopio	\$ 100.000,00	Microscopio	\$ 119.500,00		
Minicentrífuga	\$ -	Minicentrífuga	\$ 73.500,00		
Nevera	\$ 100.000,00	Nevera	\$ 119.000,00		
Nevera minibar	\$ 50.000,00	Nevera minibar	\$ 89.500,00		
Piano 5 teclas	\$ 40.000,00	Piano 5 teclas	\$ 87.000,00		
Pipeta vol fijo	\$ 45.000,00	Pipeta vol fijo	\$ 46.000,00		
Refrigerador	\$ 100.000,00	Refrigerador	\$ 200.000,00		
Transiluminador	\$ -	Transiluminador	\$ 27.000,00		
Vortex	\$ 40.000,00	Vortex	\$ 47.500,00		
		Centrífuga (Chía)	\$ 89.500,00		
		Baño serológico (Chía)	\$ 89.500,00		
		Nevera (Chía)	\$ 89.500,00		

Tabla comparativa Proveedores			
Equipo	Proveedor "A"	Proveedor "B"	
Agitador (Mag,mazzini)	\$ 65.000,00	\$ 47.500,00	
Baño (María, seco, serolg)	\$ 75.000,00	\$ 60.000,00	
Centrífuga	\$ 112.500,00	\$ 87.000,00	
Congelador/Nevera	\$ 100.000,00	\$ 119.000,00	
Minibar	\$ 50.000,00	\$ 89.500,00	
Contador de células	\$ 40.000,00	\$ 35.000,00	
Horno/Incubadora	\$ 80.000,00	\$ 79.500,00	
Pipetas	\$ 45.000,00	\$ 46.000,00	
Microscopio	\$ 100.000,00	\$ 119.500,00	
Piano 5 teclas	\$ 40.000,00	\$ 87.000,00	
Vortex	\$ 40.000,00	\$ 27.000,00	

Figura 8. Tablas con la información de costos de cada proveedor de mantenimiento y un cuadro comparativo entre ellos.

Para los proveedores de mantenimiento preventivo, se realizó una tabla comparativa entre los proveedores “A” y “B” puesto que abarcan una cantidad y tipo de equipos muy similares. Como se puede observar la tabla de comparación se realizó de una manera más resumida pues se agruparon los equipos que eran del mismo tipo y que además tenían el mismo costo.

Teniendo en cuenta que para el mantenimiento y calificación de cabinas sólo se cuenta con el proveedor “Z”, no fue necesario hacer una tabla de comparación para este tipo de equipos.

D. Prueba piloto del modelo

Se consignaron los costos de procedimientos de mantenimiento y calibración de equipos biomédicos durante los meses de febrero, marzo, abril y mayo, teniendo en cuenta los reportes entregados por los proveedores luego de realizadas las intervenciones.

Se consignaron un total de 278 equipos en la matriz de datos de un total de aproximadamente 690 equipos que se tiene previsto intervenir durante el año; es decir, se intervino un 40.9% de los equipos que se espera intervenir durante el 2023. Dentro de los equipos inventariados no se incluyen los de contingencia, puesto que estos se calibran a según necesidad entre ellos algunos equipos en los que durante el intervalo del tiempo se les realizaron ambos procedimientos, otros a los que sólo se les realizó uno de los dos o simplemente equipos para los que está establecido que sólo se realiza una de las dos intervenciones.

Una vez consignados todos los equipos, se obtuvieron los gastos mes a mes por cada uno de los procedimientos, dicha información puede observarse en la fig. 9, que corresponde a lo arrojado por la tabla “Costos totales” de la hoja de datos del modelo.

Mes	Total Calibración	Total Preventivo	Total Mes
Febrero	\$ 10.236.856,00	\$ 5.188.400,00	\$ 15.425.256,00
Marzo	\$ 3.206.435,96	\$ 4.370.275,00	\$ 7.576.710,96
Abril	\$ 5.934.215,84	\$ 5.072.375,00	\$ 11.006.590,84
Mayo	\$ 943.622,40	\$ 2.374.050,00	\$ 3.317.672,40
Junio	\$ -	\$ -	\$ -
Julio	\$ -	\$ -	\$ -
Agosto	\$ -	\$ -	\$ -
Septiembre	\$ -	\$ -	\$ -
Octubre	\$ -	\$ -	\$ -
Noviembre	\$ -	\$ -	\$ -
Diciembre	\$ -	\$ -	\$ -
Total Año	\$ 20.321.130,20	\$ 17.005.100,00	\$ 37.326.230,20

Figura 9. Costos mes a mes y totales de los mantenimientos y calibraciones durante 4 meses.

De la tabla se puede inferir que el mes en el que mayor fue el costo por calibraciones fue el mes de febrero con un total de \$10.236.856, mientras que el mes con menor costo fue mayo con un gasto de \$943.622,40. Esto puede deberse a que para el mes de febrero se tenía programado la calibración de varios equipos en las diferentes sedes del laboratorio, especialmente pipetas y termómetros digitales; mientras que para el mes de mayo fueron muy pocos los equipos que necesitaron calibración.

Por otro lado, respecto a los mantenimientos preventivos, los meses con más altos costos fueron febrero y abril con costos de \$5.188.400 y 5.272.375 respectivamente; nuevamente se

debe a que para ese mes se tenían programados mantenimientos preventivos, especialmente para las CDP que cuentan con una alta cantidad de equipos en sus instalaciones, haciendo que los costos de mantenimiento durante esos tiempos se eleven de manera significativa en comparación con los otros meses. Por otro lado, el mes con más bajos costos por mantenimiento fue nuevamente mayo con un total de 2.374.050.

Analizando los costos totales mensuales, el mes en el que hubo mayor gasto por ambos servicios fue febrero con un gasto total de \$15.425.256, lo cual era de esperarse pues para cada servicio también fue el mes en el que más gastos hubo.

Finalmente, durante los 4 meses en total se gastaron \$20.231.130 por calibración y \$16.291.100 por mantenimiento, lo cual tiene sentido teniendo en cuenta los elevados costos por calibración durante el mes de febrero. Sumando ambos gastos nos da un total de \$36.612.230 en total gastados durante los 4 meses evaluados.

La información anteriormente descrita puede observarse de manera gráfica en la fig. 10, que se extrae de la hoja “Tablero de control” del modelo



Figura 10. Gráfica de costos mes a mes y totales de los mantenimientos y calibraciones durante 4 meses.

Por otro lado, se calculó el gasto total en calibraciones durante los 4 meses por cada uno de los equipos (Fig. 11). El equipo que produjo mayor gasto en calibración fue el termohigrómetro con un gasto de \$4.760.923. Esto se debe a que es necesario tener uno de estos equipos en cada uno de los espacios y áreas dentro de las instalaciones de los CDP y PDS; de igual manera, debe colocarse un termohigrómetro en todos los cajones en los que se guarden reactivos, insumos o dispositivos médicos para poder controlar la humedad relativa y temperatura en el espacio medido. Todo lo anterior hace que se deba tener una alta cantidad de termohigrómetros que den abasto para todas las sedes del laboratorio; adicionalmente, también deben tenerse termohigrómetros calibrados como contingencia, de manera que si hay un daño en alguno de los instalados dentro de las sedes pueda darse respuesta inmediata. En consecuencia, son muchos los equipos de este tipo que deben calibrarse durante el año, elevando de esta manera el costo de dicho procedimiento.

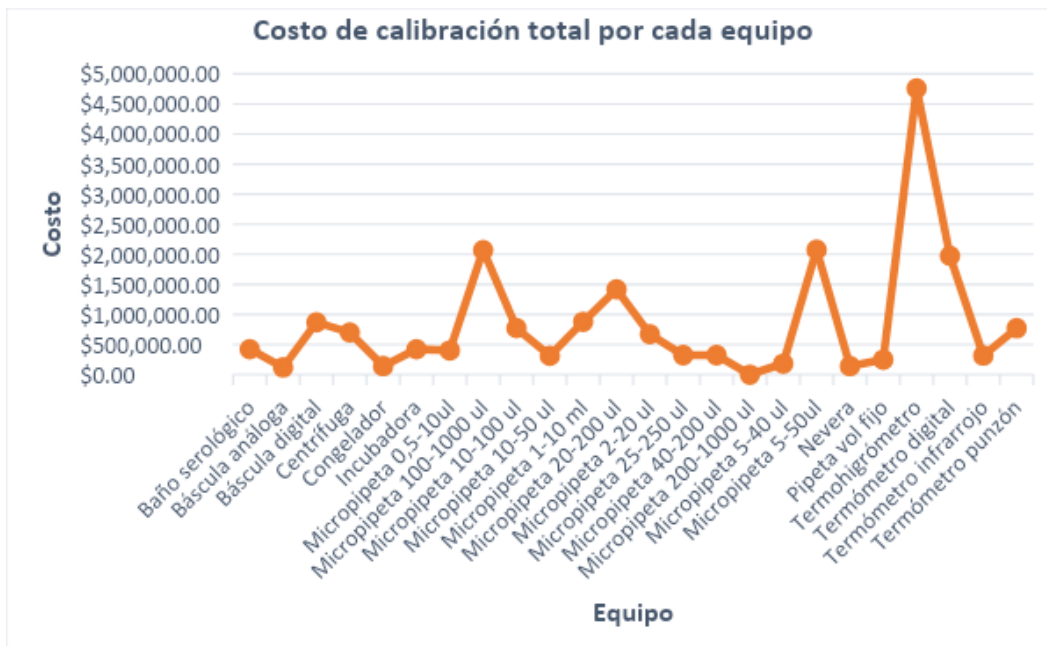


Figura 11. Gráfica de costos de calibración por cada equipo intervenido.

En segundo lugar, las pipetas de volúmenes 100-100 ul y 5-50 ul siguen debajo de los termohigrómetros con costos de \$2.072.247 y \$2.076.921 respectivamente. El motivo de esto puede deberse a que son las pipetas más comúnmente usadas dentro de todos los servicios del laboratorio, haciendo que la cantidad de estas instaladas sea más elevada en comparación con los

otros volúmenes y demás equipos. Al igual que con los termohigrómetros, dentro del área de Biomédica debe contarse con cierta cantidad de pipetas de contingencia, especialmente de estos volúmenes que son los más usados, en respuesta para los casos en que debe solicitarse pipetas a cierto servicio para ser intervenidas y debe enviarse la respectiva contingencia.

Finalmente, con un total de gasto de \$1.974.157, el tercer equipo que más elevados costos generó fueron los termómetros. Estos equipos son instalados en neveras, congeladores y baños María que, si bien cada uno de ellos tiene su propio sensor de temperatura, en el laboratorio se les pone un termómetro digital en pro de facilitar los procedimientos de calibración. Es por esto por lo que se necesita una relativa alta cantidad de estos equipos para dar respuesta a la necesidad de cada sede y como en los casos anteriores, se debe contar con equipos de contingencia calibrados. En la fig. 12, que corresponde a la tabla “costos de calibración por equipo” en la hoja “datos” del modelo, puede observarse con más detalle la información analizada anteriormente además de los costos de los demás equipos.

Equipo	Total calibración
Baño serológico	\$ 422.231,04
Báscula análoga	\$ 118.167,00
Báscula digital	\$ 870.680,16
Centrífuga	\$ 700.557,76
Congelador	\$ 140.743,68
Incubadora	\$ 422.231,04
Micropipeta 0,5-10ul	\$ 403.172,00
Micropipeta 100-1000 ul	\$ 2.072.246,96
Micropipeta 10-100 ul	\$ 771.372,28
Micropipeta 10-50 ul	\$ 313.955,32
Micropipeta 1-10 ml	\$ 879.172,00
Micropipeta 20-200 ul	\$ 1.417.304,28
Micropipeta 2-20 ul	\$ 671.702,64
Micropipeta 25-250 ul	\$ 322.966,00
Micropipeta 40-200 ul	\$ 322.966,00
Micropipeta 200-1000 ul	\$ -
Micropipeta 5-40 ul	\$ 183.379,00
Micropipeta 5-50ul	\$ 2.076.921,28
Nevera	\$ 140.743,68
Pipeta vol fijo	\$ 248.829,00
Termohigrómetro	\$ 4.760.923,44
Termómetro digital	\$ 1.974.157,64
Termómetro infrarrojo	\$ 316.302,00
Termómetro punzón	\$ 770.406,00
Total	\$ 20.321.130,20

Figura 12. Tabla de costos de calibración por cada equipo intervenido.

Al igual que con la calibración, también se calcularon los costos de mantenimiento preventivo de cada uno de los equipos intervenidos. Como puede observarse en la fig. 13, el equipo que representó mayores costos de mantenimiento fue la centrífuga con un costo de \$4.223.310; esto debido a la complejidad del equipo y especialmente a que dentro de estos se encuentra un rotor de gran tamaño, por lo que hace que se eleven los costos de revisión de dichos equipos. Adicional a esto, son bastante las centrífugas intervenidas puesto que debe contarse con al menos una centrífuga en cada uno de los PDS con los que cuenta el laboratorio y en algunas de las secciones de los CDP como en la sección de recepción de muestras, hematología, microbiología, áreas especializadas, entre otras.

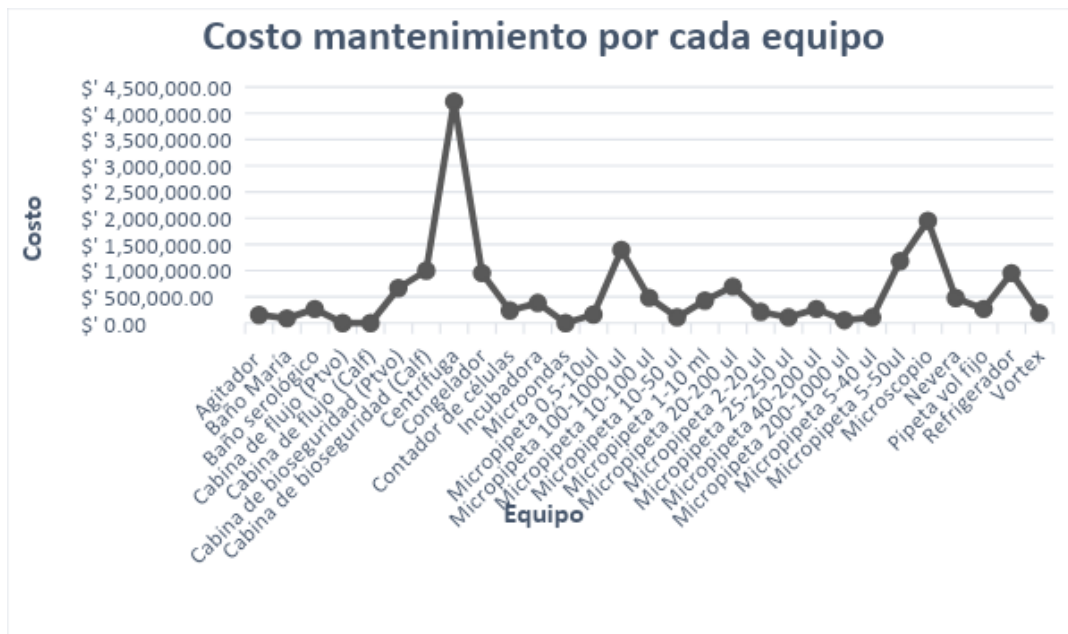


Figura 13. Gráfica de costos de mantenimiento preventivo por cada equipo intervenido.

Seguido de la centrifuga, está la pipeta de volumen 100-1000 ul con un total de \$1.394.680 de costos totales por mantenimiento. Como se mencionó anteriormente, se tiene una alta cantidad instalada de estos equipos puesto que se usan en casi todos los servicios o secciones del laboratorio, lo que hace que también se eleven los costos de mantenimiento respecto a este equipo. Igual que con la calibración, debe contarse con equipos de contingencia que tengan el mantenimiento preventivo vigente.

Finalmente, en tercer lugar, se tiene el microscopio con un costo de \$1.950.410 como se observa en la fig. 14. Lo anterior puede deberse a que el mantenimiento como tal de este equipo tiene uno de los más elevados costos dentro de los equipos intervenidos por el proveedor “A”; además, que dentro de las centrales de procesamiento se cuenta con una cantidad medianamente elevada de dichos equipos.

Equipo	total preventivo
Agitador	\$ 154.700,00
Baño María	\$ 89.250,00
Baño serológico	\$ 267.750,00
Cabina de flujo (Ptvo)	\$ -
Cabina de flujo (Calf)	\$ -
Cabina de bioseguridad (Ptvo)	\$ 666.400,00
Cabina de bioseguridad (Calf)	\$ 999.600,00
Centrífuga	\$ 4.223.310,00
Congelador	\$ 952.000,00
Contador de células	\$ 238.000,00
Incubadora	\$ 380.800,00
Microondas	\$ -
Micropipeta 0,5-10ul	\$ 160.650,00
Micropipeta 100-1000 ul	\$ 1.394.680,00
Micropipeta 10-100 ul	\$ 481.950,00
Micropipeta 10-50 ul	\$ 107.100,00
Micropipeta 1-10 ml	\$ 428.400,00
Micropipeta 20-200 ul	\$ 696.150,00
Micropipeta 2-20 ul	\$ 214.200,00
Micropipeta 25-250 ul	\$ 107.100,00
Micropipeta 40-200 ul	\$ 267.750,00
Micropipeta 200-1000 ul	\$ 53.550,00
Micropipeta 5-40 ul	\$ 107.100,00
Micropipeta 5-50ul	\$ 1.178.100,00
Microscopio	\$ 1.950.410,00
Nevera	\$ 476.000,00
Pipeta vol fijo	\$ 267.750,00
Refrigerador	\$ 952.000,00
Vortex	\$ 190.400,00
Total	\$ 17.005.100,00

Figura 14. Tabla de costos de mantenimiento preventivo por cada equipo intervenido.

La tabla de la fig. 13 puede hallarse en la hoja “Datos” del modelo y contiene la información detallada de costos de mantenimiento preventivo de cada uno de los equipos.

Continuando con el análisis de diferentes costos, en la fig. 15 se consignan los costos de mantenimiento, calibración y costo total de ambos servicios, para las diferentes sedes del laboratorio. Como se evidencia en la tabla 14, la sede que mayores costos presentó fue la Central de Procesos Medellín con un total de \$ 18.359.387. La razón de esto es que durante los 4 meses evaluados en la prueba, se le realizó mantenimiento y calibración a los equipos instalados en esta sede y como es una central de procesos, el volumen de equipos instalados es mayor en comparación con las demás sedes evaluadas.

Sede	Total Calb	Total Ptvo	Total servicios
Almacén Bogotá	\$ 128.401,00	\$ -	\$ 128.401,00
Almacén Medellín	\$ -	\$ 238.000,00	\$ 238.000,00
Atención domiciliaria Med	\$ 304.944,64	\$ -	\$ 304.944,64
Barranquilla	\$ -	\$ 349.265,00	\$ 349.265,00
Calle 27	\$ -	\$ -	\$ -
Campestre	\$ -	\$ 133.875,00	\$ 133.875,00
Central de Procesos Bogotá	\$ 1.729.817,32	\$ 2.131.885,00	\$ 3.861.702,32
Central de Procesos Medellín	\$ 10.395.311,64	\$ 7.964.075,00	\$ 18.359.386,64
Chia	\$ -	\$ -	\$ -
Clinica Central	\$ 1.466.232,32	\$ 214.200,00	\$ 1.680.432,32
Clinica EMMSA	\$ 1.194.284,00	\$ 267.750,00	\$ 1.462.034,00
Clinica Montería	\$ 611.184,00	\$ 294.525,00	\$ 905.709,00
Clínica Primavera	\$ 311.780,00	\$ 321.300,00	\$ 633.080,00
Envigado	\$ -	\$ 133.875,00	\$ 133.875,00
Gran vía	\$ 123.150,72	\$ 133.875,00	\$ 257.025,72
Hospital de caldas	\$ 1.399.420,96	\$ 1.303.050,00	\$ 2.702.470,96
IPS	\$ 97.560,96	\$ 401.625,00	\$ 499.185,96
Laureles	\$ 220.711,68	\$ 133.875,00	\$ 354.586,68
Llanogrande	\$ -	\$ 133.875,00	\$ 133.875,00
Manizales Palogrande	\$ -	\$ -	\$ -
Rionegro	\$ -	\$ 133.875,00	\$ 133.875,00
Sabaneta	\$ -	\$ 133.875,00	\$ 133.875,00
Santa Teresita	\$ -	\$ 133.875,00	\$ 133.875,00
Sincelejo	\$ -	\$ -	\$ -
Suramericana	\$ -	\$ 535.500,00	\$ 535.500,00
Torre Médica Clínica EMMSA	\$ 152.472,32	\$ 833.000,00	\$ 985.472,32
Torreplaza	\$ 220.711,68	\$ 133.875,00	\$ 354.586,68
Torre Medica Salud Vegas	\$ 1.965.146,96	\$ 946.050,00	\$ 2.911.196,96
Totales	\$ 20.321.130,20	\$ 17.005.100,00	\$ 37.326.230,20

Figura 15. Tabla de costos de mantenimiento preventivo y calibración por cada equipo intervenido.

En la fig. 15 puede observarse que hubo sedes que no presentaron ningún costo; esto se debe a que durante los 4 meses evaluados a estas sedes no se les hizo intervención de ninguno de los dos servicios. Por ejemplo, las sedes de Bogotá, Manizales, Montería, Chía, Barranquilla y Sincelejo fueron intervenidas en el mes de junio. Sin embargo, para la continuación de la implementación del modelo se deja planteada la tabla y la gráfica con todas las sedes del

laboratorio para los próximos meses. Toda esta información puede observarse de manera gráfica en la fig.16.



Figura 16. Gráfica de costos de mantenimiento preventivo y calibración por cada equipo intervenido.

Finalmente, se realizó una comparación entre los precios de los dos proveedores de mantenimiento preventivo, haciendo una comparación entre los costos de los equipos que ambos proveedores intervienen dentro del contrato establecido con el laboratorio. En la pestaña de “Proveedores” del modelo puede observarse la tabla (fig. 17) donde están consignados de manera resumida los costos de cada uno de los proveedores y se comparan los precios de ambos

Tabla comparativa Proveedores			
Equipo	Proveedor "A"	Proveedor "B"	Diferencias
Agitador (Mag,mazzini)	\$ 65.000,00	\$ 47.500,00	\$ 17.500,00
Baño (María, seco, serolg)	\$ 75.000,00	\$ 60.000,00	\$ 15.000,00
Centrífuga	\$ 112.500,00	\$ 87.000,00	\$ 25.500,00
Congelador/Nevera	\$ 100.000,00	\$ 119.000,00	\$ 19.000,00
Minibar	\$ 50.000,00	\$ 89.500,00	\$ 39.500,00
Contador de células	\$ 40.000,00	\$ 35.000,00	\$ 5.000,00
Horno/Incubadora	\$ 80.000,00	\$ 79.500,00	\$ 500,00
Pipetas	\$ 45.000,00	\$ 46.000,00	\$ 1.000,00
Microscopio	\$ 100.000,00	\$ 119.500,00	\$ 19.500,00
Piano 5 teclas	\$ 40.000,00	\$ 87.000,00	\$ 47.000,00
Vortex	\$ 40.000,00	\$ 27.000,00	\$ 13.000,00
Totales	\$ 747.500,00	\$ 797.000,00	\$ 49.500,00

Figura 17. Tabla comparativa entre los costos de proveedores de mantenimiento.

De la tabla mostrada en la fig. 17 puede observarse que la diferencia entre los costos de cada uno de los proveedores según el equipo varía mucho y que no se muestra una tendencia en la que se observe que un proveedor es más costoso que el otro – así como hay equipos que son más costosos con el proveedor “A” hay otros que tienen mayor costo con el proveedor “B”. ; por ejemplo, el vortex con el proveedor “A” tiene un costo de \$40.000 mientras que con el proveedor “B” tiene un costo de \$27.000, mientras que el piano 5 teclas tiene un costo de \$40.000 con el proveedor “A” y con el proveedor “B” un costo de \$87.000.

Sin embargo, al analizar el total de costos por todos los equipos, se encuentra una diferencia de \$49.500 entre los proveedores siendo mayor el costo total de todos los equipos intervenidos por el proveedor “B”.

Hay que recordar que esta comparación se hizo entre los equipos en común que intervienen ambos proveedores. El proveedor “B” interviene unos equipos extra debido a que estos sólo se tienen en la central de procesos de Bogotá; ciudad que es cubierta por dicho proveedor.

E. Modificaciones y ajustes al modelo

Una vez diseñado el modelo se tuvo una reunión con la analista biomédica y ella dio el visto bueno, puesto que el modelo tenía todas las variables necesarias para realizar el costo,

además que la información de los equipos y proveedores estaba completa. Sin embargo, la analista sugirió 2 cambios al modelo que se describen a continuación:

1. Agregar 1 columna para ingresar el n° de reporte preventivo y otra columna para el n° de reporte de calibración: Esto para poder relacionar cada equipo con su respectivo reporte y el costo de éste de una manera directa, sin necesidad de recurrir a la base de datos y hojas de vida de los equipos.
2. Eliminar columna “Tipo de equipo”: Esto debido a que luego de determinar los equipos que iban a ser incluidos en el modelo no sería necesaria esta columna pues todos los equipos a incluir tienen la clasificación tipo I y II.
3. Cambiar tabla “costos totales por servicio”: se propuso desglosar los costos de manera mensual, pues inicialmente sólo se iban a incluir los costos totales anuales por mantenimiento y calibración; sin embargo, se vio la necesidad de organizar de manera más detallada la información y que de esta manera se pudiera conocer en detalle los costos de meses anteriores, para que fueran de ayuda en la toma de decisiones en los meses posteriores.

F. Proyecciones

Para tener un aproximado del costo total de mantenimientos y calibraciones durante el 2023, se hizo un cálculo aproximado de cuántos iban a ser los gastos durante los meses restante del año, empezando desde junio. Para poder determinar la cantidad de equipos, se usaron como referencia los cronogramas de mantenimiento preventivo y calibración en los que se consignan mes a mes cuáles son los equipos que deben ser intervenidos y en qué tiempo debe realizarse el proceso. También se hizo uso de los cronogramas para determinar mes a mes cuántos y cuáles equipos se proponen intervenir durante los siguientes meses. El cálculo realizado es sólo un aproximado a lo que pueda pasar en la realidad a medida que se van realizando los procedimientos mes a mes.

Una vez determinada la cantidad de equipos y el mes en que iban a intervenir, se calculó los gastos proyectados para cada mes. En la tabla VII se muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla VII. Resultados obtenidos luego de realizar la proyección para 2023.

Mes	Gastos Mantenimiento	Gastos Calibración	Total gastos mensual
Junio	\$ 7.607.500,00	\$11.400.160,00	\$ 19.007.660,00
Julio	\$ 236.500,00	\$ 1.325.984,00	\$ 1.562.484,00
Agosto	\$4.102.500,00	\$ 2.617.688	\$ 6.720.188,00
Septiembre	\$ 1.152.500,00	\$ 1.902.280,00	\$ 3.054.708,00
Octubre	\$3.127.500,00	\$ 2.456.160	\$ 5.583.660,00
Noviembre	\$210.500,00	\$1.460.976	\$ \$1.671.476,00
Diciembre	\$6.749.000,00	\$2.665.280,00	\$9.414.280,00

Luego de calcular los meses restantes del año, se unen los gastos calculados con el modelo y los datos obtenidos en el proceso anterior para finalmente obtener los resultados que se muestran en la tabla VIII.

Tabla VIII. Costos totales obtenidos para 2023.

Mes	Gastos Mantenimiento	Gastos Calibración	Total gastos mensuales
Febrero	\$ 5.188.400,00	\$10.236.856,00	\$15.425.256,00
Marzo	\$ 4.370.275,00	\$3.206.435,96	\$7.576.710,00
Abril	\$ 5.072.375,00	\$ 5.934.215,84	\$11.006.590,84
Mayo	\$ 2.374.050,00	\$943.622,40	\$ 3.317.672,40
Junio	\$ 7.607.500,00	\$11.400.160,00	\$ 19.007.660,00
Julio	\$ 236.500,00	\$ 1.325.984,00	\$ 1.562.484,00
Agosto	\$4.102.500,00	\$ 2.617.688	\$ 6.720.188,00
Septiembre	\$ 1.152.500,00	\$ 1.902.280,00	\$ 3.054.708,00
Octubre	\$3.127.500,00	\$ 2.456.160	\$ 5.583.660,00
Noviembre	\$210.500,00	\$1.460.976	\$ \$1.671.476,00
Diciembre	\$6.749.000,00	\$2.665.280,00	\$9.414.280,00

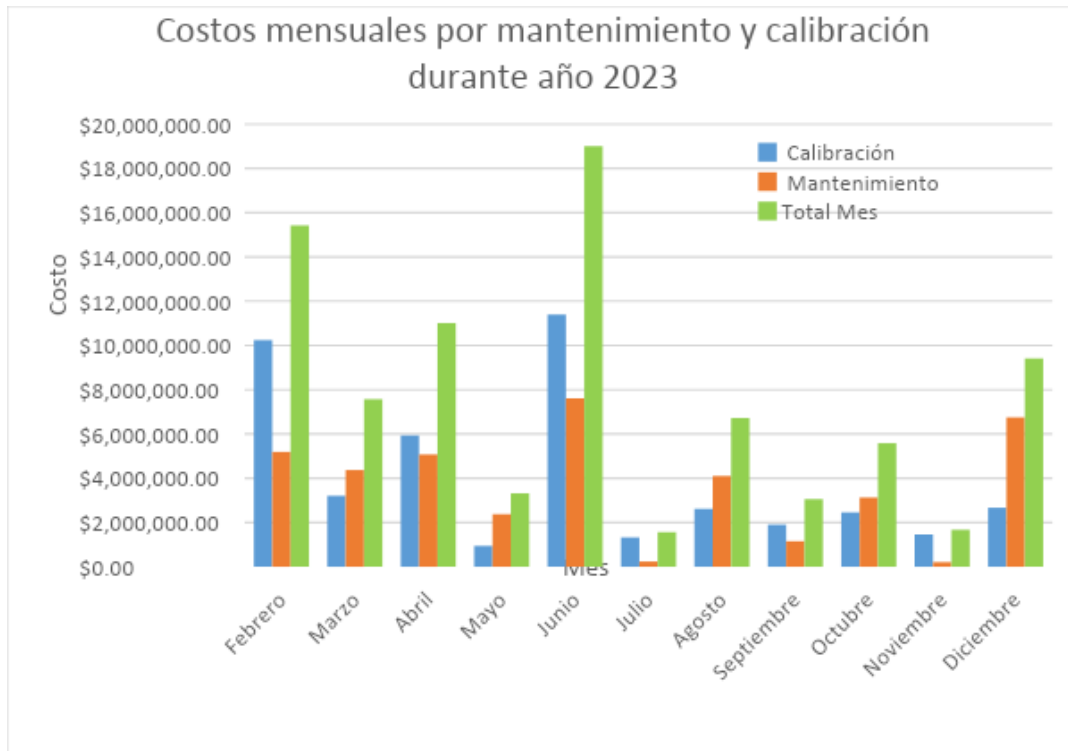


Figura 18. Gráfica comparativa entre los costos de proveedores de mantenimiento.

Como puede observarse en la fig 18. Y en la tabla VII. El mes en el que se presentaron mayores costos por mantenimiento y calibración fue el mes de junio; esto se debe a que para ese mes se realizaron todos los mantenimientos preventivos para las sedes de Bogotá, Montería, Manizales y Barranquilla. Además, que se realizaron las calibraciones de la central de Bogotá, que es una de las sedes más grandes y con mayor cantidad de equipos instalados del laboratorio lo que hace que se eleven los costos durante ese mes. Por recomendación de la analista biomédica, no se realizó el cálculo de los costos en el mes de enero puesto que durante este mes no se realizaron muchas intervenciones de tipo mantenimiento o calibración y por ende se podían despreciar los costos de este mes.

Finalmente, para realizar la proyección para el próximo año se tomó en cuenta el valor del IPC; la directora financiera del laboratorio comunicó que el IPC proyectado para 2024 es de 9.5%. Una vez obtenido este dato se procede a realizar la proyección para el año 2024. En la fig. 19 pueden apreciarse los resultados obtenidos.

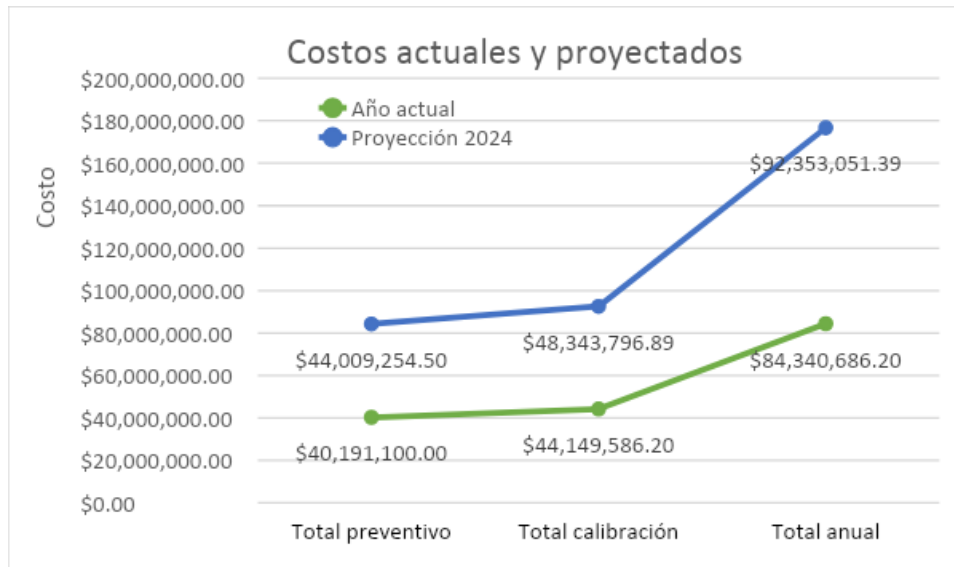


Figura 19. Gráfica de costos actuales y costos proyectados para 2024.

De la fig. 19 se puede observar el incremento proyectado para el 2024, con un aumento de \$3.818.155 para los mantenimientos preventivos, \$4.194.211 en incremento por calibración y \$8.012.365 para el total de costos durante el año.

Con la proyección pretende brindarse un panorama en lo que podrían ser los costos para el año 2024; sin embargo, esto está sujeto a cambios por ejemplo en el IPC que finalmente se determine para el siguiente año, así como en el cambio de proveedores de mantenimiento y/o calibración o incluso si los proveedores aumentan o no los costos cobrados al laboratorio para el siguiente año.

VI. CONCLUSIONES

Se construyó un modelo particular en Excel basado en TCO con énfasis en las variables de costo de mantenimiento preventivo y calibración para el LME que permite calcular los costos anuales de dichos procedimientos.

Usando el modelo diseñado se pudo calcular los costos de mantenimiento y calibración durante los meses de febrero, marzo, abril y mayo del año 2023, permitiendo organizar la información de dichos costos de manera más detallada. Se espera que la institución continúe implementando el modelo por el resto del año y que de ser necesario realice mejoras y cambios necesarios para obtener cada vez una herramienta que se ajuste a las necesidades del laboratorio.

Mediante tablas y gráficas generadas por el modelo, se lograron observar diferentes variables, que son de gran relevancia a la hora de conocer los costos del área Biomédica del laboratorio, de una manera fácil y rápida que permita tomar decisiones a futuro respecto a los procedimientos evaluados.

Se realizó la proyección de los costos de los meses, a partir de junio, que no fueron incluidos en la prueba piloto haciendo uso de los cronogramas de mantenimiento y calibración del laboratorio. Si bien este cálculo no es exacto y está sujeto a varios cambios, permite dar una idea de los costos y gastos que se generarán durante el resto del año.

Con base en los costos calculados para el año 2023, se realizó la proyección con respecto al IPC para el año 2024 con el objetivo que sirva como base para el presupuesto del área en dicho año.

VII. RECOMENDACIONES

Para continuar con la implementación del modelo durante los siguientes meses y posteriores años, se recomienda solicitar al proveedor los costos específicos de cada equipo según el equipo y procedimiento a realizar. Ya que en algunos casos no se contaba con la información de manera detallada y tuvo que recurrirse a las facturas de proveedores, lo que prolonga el tiempo que toma recolectar los datos de proveedores que son una base fundamental para la plena implementación del modelo

REFERENCIAS

- [1] «Nosotros | Laboratorio Echavarría», *Laboratorio Echavarría*. <https://www.laboratorioechavarría.com/nosotros>
- [2] Ministerio de Salud y Protección Social, Bogotá. «ABC mediciones en equipos biomédicos.»
- [3] S. Eguren Segurado, C. Almarcha Arias, y M. Palacios Fernández, «El modelo Total Cost of Ownership (TCO) y la adquisición de un paquete informático propietario», presentado en XVI Congreso de Ingeniería de Organización, jul. 2012.
- [4] The Acces and Delivery Partnership, «About us», About us. <https://adphealth.org/about-us/>
- [5] The Acces and Delivery Partnership, «Adquisición de equipo médico basada en valor». junio de 2020.
- [6] A. Pérez García «Herramienta de cálculo del costo de mantenimiento anual de los equipos biomédicos para analizar el proceso de gestión económica del mantenimiento en la Clínica Cardio VID», Trabajo de grado profesional, Bioingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2022
- [7] Ministerio de salud y protección social de Colombia, «Dispositivos médicos y equipos biomédicos». <https://bit.ly/3Ogw2ap>
- [8] INVIMA, «Dispositivos médicos, definición y clasificación según su riesgo», 2022. <https://bit.ly/46RJDMr>
- [9] W. A. Martinez, «Gerencia del mantenimiento hospitales,» Atlantic International University. [Online]. Available: <https://bit.ly/3DhBOST>. [Accessed: 15-May-2023]
- [10] Instituto Nacional de Metrología de Colombia, «Servicio de calibración» <https://inm.gov.co/web/calibracion-4/>
- [11] Ministerio de Salud y Protección Social, Colombia, 25-Nov-2019. «Decreto 3100 de 2019.»
- [12] Ministerio de la Protección Social, Colombia, 26-Dec-2005. «Decreto número 4725 de 2005.»

ANEXOS

- Documento de Excel con el modelo implementado.