

**APLICACIÓN PARA IMPLEMENTACIÓN DE INDICADORES DE GESTIÓN  
TECNOLÓGICA EN INSTITUCIÓN PRESTADORA DE SALUD.**

**Laura Nataly Martinez Montaña**

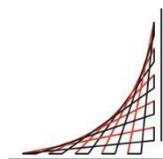
**Práctica profesional**

**Tutor**

**Ing. Wilson Alexander Sierra Arévalo**



**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  
2022**

## **TABLA DE CONTENIDO**

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>8</b>
2.1. Objetivo general	8
2.2. Objetivos específicos	8
<b>3. METODOLOGÍA</b>	<b>9</b>
3.1. Identificación de la necesidad	9
3.2. Adquisición y actualización de información.	10
3.2.1. Inventario de equipos médicos	11
3.2.2. Mantenimientos preventivos	13
3.2.3. Mantenimientos correctivos y solicitudes de insumos.	14
3.3. Definición de indicadores de gestión tecnológica.	15
3.4. Diseño de solución	18
3.5. Planificación	20
3.6. Desarrollo de prototipo	20
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>21</b>
4.1. Módulo de mantenimiento preventivo	22
4.2. Módulo de mantenimiento correctivo	24
4.3. Módulo de insumos	26
<b>5. DISCUSIÓN</b>	<b>28</b>
<b>6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS</b>	<b>30</b>
<b>7. CONCLUSIONES</b>	<b>31</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>32</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>33</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Indicadores de desempeño por equipo.	13
Tabla 2. Indicadores de actividades de mantenimiento.	14
Tabla 3. Indicadores de mano de obra.	15
Tabla 4. Indicadores de gestión de tecnología biomédica escogidos.	16
Tabla 5. Semaforización de días hábiles transcurridos desde la fecha de apertura y último seguimiento de ordenes de trabajo.	17
Tabla 6. Semaforización de intervalos de tiempo transcurrido después de la ejecución del mantenimiento preventivo.	18
Tabla 7. Equipos médicos presentes en las instalaciones de la institución prestadora de salud.	19

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de gestión de tecnologías sanitarias.	5
Figura 2. Esquema de las fases del proyecto.	8
Figura 3. Relaciones entre los procesos específicos de gestión del mantenimiento.	9
Figura 4. Fases para la adquisición de información.	10
Figura 5. Diagrama de flujo para la elaboración de inventario de equipos médicos.	11
Figura 6. Diagrama de Gantt del proyecto.	18
Figura 7. Interfaz gráfica del módulo de mantenimiento preventivo.	20
Figura 8. Cronograma de mantenimientos preventivos ejecutados.	21
Figura 9. Dashboard de mantenimientos preventivos.	21
Figura 10. Interfaz gráfica del módulo de mantenimiento correctivo.	22
Figura 11. Cantidad de órdenes de trabajo con categoría no descrita desde julio hasta noviembre.	22
Figura 12. Dashboard de mantenimientos correctivos.	23
Figura 13. Interfaz gráfica de seguimiento de solicitudes al área de metrología.	23
Figura 14. Interfaz gráfica del módulo de insumos.	24
Figura 15. Dashboard de mantenimientos preventivos.	24

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Formato reporte de mantenimiento.	29
<b>Anexo 2.</b> Informe de indicadores de gestión de mantenimiento.	32

# 1. INTRODUCCIÓN

La implementación de tecnologías sanitarias en los sistemas de salud permite la prevención, diagnóstico, monitoreo y tratamiento de patologías, y tienen como objetivo resolver problemas sanitarios y mejorar la calidad de vida de los pacientes [2]. Para garantizar la eficacia y seguridad operativa, es clave la gestión de tecnologías sanitarias mediante la ejecución del mantenimiento preventivo, correctivo, predictivo y la metrología [3]. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha declarado como objetivo estratégico “asegurar la mejora del acceso, la calidad y el uso de productos médicos y tecnologías sanitarias” [1] y la Asamblea Mundial de Salud público en el 2007 la resolución WHA60.29 enfocada en la instalación y uso de tecnologías sanitarias, reconociendo la importancia de la implementación de priorización y gestión de los dispositivos médicos [4].

La gestión tecnológica es definida por Antonio Cruz en *Gestión tecnológica hospitalaria, Un enfoque sistemático*, como “el conjunto de procedimientos llevados a cabo para realizar la adquisición, la instalación y el uso apropiado de las tecnologías biomédicas, a fin de garantizar su sostenibilidad con el máximo de rendimiento en las prestaciones de calidad y seguridad a costos efectivos o razonables” [6]. La gestión implica una serie de actividades en la vida de los equipos, como se muestra en la figura 1 [5], que permiten el monitoreo y evaluación de los equipos médicos y la toma de decisiones respecto a su operatividad [7].

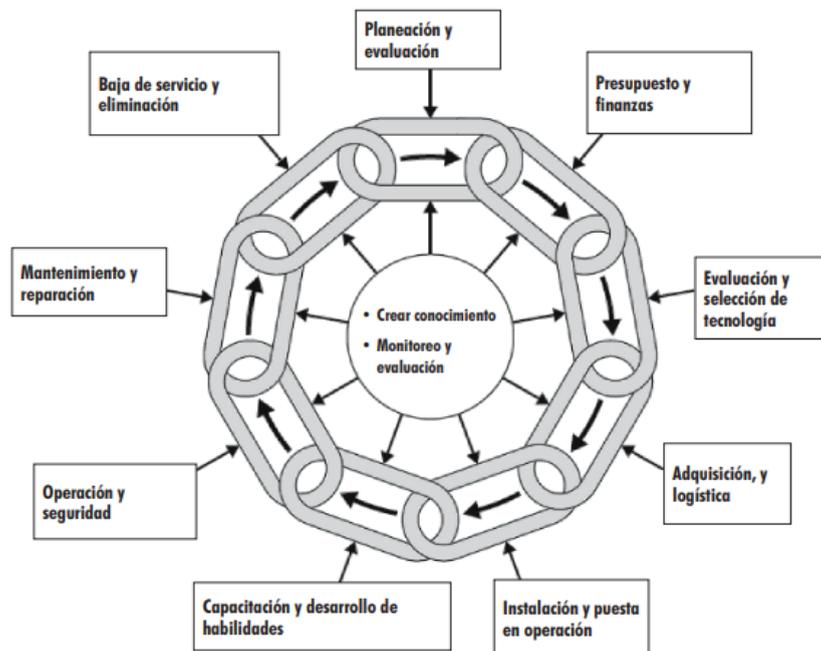


Figura 1. Ciclo de gestión de tecnologías sanitarias. Adoptado de [5]

Audiocom es una IPS líder en audiología en Colombia con más de 20 años de experiencia en brindar calidad de vida ofreciéndole a las personas soluciones que permitan mejorar su capacidad auditiva. Actualmente cuenta con más de 19 sedes a nivel nacional, en las cuales está presente un equipo de audiólogos especialistas y tecnología enfocada a evaluar, diagnosticar y brindar manejo a diferentes alteraciones auditivas. [8] Dentro de los exámenes en la prestación de sus servicios se encuentra la audiometría, videonistagmografía, otoemisiones acústicas, potenciales evocados auditivos, electrocolegografía y adaptación de audífonos [9].

Dando cumplimiento al Decreto 4725 de 2005 y Resolución 5491 de 2007, Audiocom se encuentra certificado en Capacidad de almacenamiento y/o acondicionamiento de Dispositivos Médicos y Requisitos técnicos y sanitarios para la fabricación, ensamble y/o reparación de dispositivos médicos sobre medida de ayuda auditiva; emitidos por el INVIMA como ente regulador [8]. Al ser Audiocom una IPS, “cuyo objeto social es la prestación de servicios de salud y se encuentran inscritas y con servicios de salud habilitados de conformidad con el Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad en Salud” [10], y hacer uso de equipos y dispositivos médicos, sus procesos de control de calidad y dotación se rigen bajo los parámetros establecidos por la resolución 3100 del 2019.

Dada la importancia de la implementación de una gestión de tecnología enunciada anteriormente, Audiocom se basa en los estándares de calidad amparados en la Ley 100 de 1993 y decreto 1011 del 2006, donde a su vez se enfatiza en la implementación de sistemas de vigilancia, control y evaluación de la calidad de los servicios de salud [13][14], con el objetivo de prestar los servicios con el menor riesgo posible y garantizar que los equipos médicos sean fiables y estén en disposición para la prestación de servicio. Por lo cual es de vital importancia la ejecución de un programa eficaz de mantenimiento a la tecnología para prolongar la vida útil y minimizar los riesgos.

La gestión de la tecnología implementada en la IPS se divide en gestión financiera y operativa. La gestión financiera controla los costos y gestión del presupuesto. Por otro lado, la gestión operativa planifica la ejecución de mantenimientos, realiza seguimiento del desempeño de los equipos, evaluación de las necesidades, análisis y mitigación de riesgos y capacitación del personal. La gestión operativa está a cargo del área de *Metrología*. La principal función del área es la calibración y ejecución de mantenimiento preventivos y correctivos de los equipos. Al hacer uso de equipos de medición, como los audiómetros, se requiere la calibración periódica para asegurar la precisión de las mediciones según parámetros establecidos en la norma American National Standard Institute Specification (ANSI) S3,6 [15]. El mantenimiento preventivo se ejecuta con una periodicidad para limpiar, lubricar o cambiar accesorios o piezas que se desgastan, previniendo desperfectos y prolongando la vida útil del dispositivo médico [15]. Por último, el mantenimiento correctivo se realiza para reparar un equipo que está presentando fallas que comprometen su funcionamiento o la seguridad del paciente [15]. Las averías de los equipos médicos son identificadas por los profesionales que hacen uso de los dispositivos, durante las inspecciones de funcionamiento.

El área de ingeniería clínica está conformada por un ingeniero biomédico cuya función es la planificación y ejecución de mantenimientos preventivos y calibraciones a nivel nacional, evaluación de necesidades, desarrollo e implementación de estrategias de mejoramiento continuo, tecnovigilancia y capacitación del personal que hace uso de la tecnología, un técnico en equipos biomédicos cuya función es la ejecución de mantenimientos correctivos, inspección preventiva de funcionamiento, instalación de equipos médicos, actualización e instalación de software y abastecimiento de insumos solicitados en las diferentes sedes, y por último un pasante de ingeniería biomédica o tecnología biomédica cuya función es la creación y actualización de hojas de vida de los equipos biomédicos, adjuntar manuales de usuario y servicio, factura y registro Invima si aplica, registrar trazabilidad de los mantenimientos preventivos, correctivos y calibración de los equipos biomédicos, abastecimiento de insumos a las sedes, ejecución de mantenimientos correctivos en equipos de bajo riesgo, reporte de actividades desarrolladas en el área, actualización de la documentación de gestión de calidad y desarrollo de manuales destinados al personal sobre de protocolos de limpieza y desinfección, modo de uso, proceder ante averías que se presenten en los equipos presentes en las instalaciones de Audiocom.

El objetivo del área de ingeniería clínica es integrar a la gestión de tecnología sistemas de control para apoyar la toma de decisiones, evaluar periódicamente la ejecución de las actividades, mejorar los procesos y facilitar la gestión. Según Rafel Rincón en su publicación *Los indicadores de gestión organizacional*, la implementación de sistemas de medición, mediante indicadores, proporciona a las empresas beneficios, como planificar con mayor certeza y confiabilidad, visualizar con mayor claridad las oportunidades de mejoramiento, fijar metas, monitorear las tendencias y mostrar la efectividad de las actividades que se ejecutan [16], puesto que toda medición va asociada con algún tipo de decisión [16]. Por lo anterior, este proyecto tiene como finalidad el desarrollo de una propuesta de implementación de indicadores de gestión tecnológica que sean pertinentes con las necesidades del área y permitan planificar, evaluar y controlar la ejecución de mantenimientos en las diferentes sedes de la IPS Audiocom.

El presente documento se divide en 6 partes. En la sección 2 se encuentran los objetivos (objetivo general y objetivos específicos), en la sección 3 se describe la metodología para el desarrollo de la propuesta, en la sección 4 se analizan los resultados del desarrollo discutiendo los mismos en la sección 5. Por último, en la sección 6 y 7 se presentan posibles trabajos futuros propuestos y las conclusiones.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Diseñar una propuesta de implementación de una herramienta de análisis de datos enfocada en la gestión de información de los equipos médicos que permita establecer indicadores de gestión tecnológica para planificar, evaluar y controlar la ejecución de mantenimientos en las diferentes sedes de la IPS Audiocom.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Estructurar la base de datos para el procesamiento de la información enfocada en la gestión tecnológica.
- Definir los indicadores de gestión tecnológica con un impacto en la toma de decisiones y procesos de control de la ejecución de mantenimientos de equipos médicos.
- Desarrollar una interfaz gráfica amigable que permita obtener información y reporte cualitativo y cuantitativo de los mantenimientos preventivos y correctivos ejecutados en una plataforma tecnológica accesible e intuitiva.

### 3. METODOLOGÍA

La metodología de este proyecto está diseñada bajo el método de solución de un problema propuesto en Biodesign: Identificación de la necesidad, desarrollo de la solución e implementación [21]. Puesto que el objetivo es diseñar una propuesta para el cálculo de indicadores de gestión tecnológica, el alcance del proyecto es la identificación de la necesidad y el desarrollo de la solución. Las fases para el desarrollo del proyecto se ilustran en la figura 2.

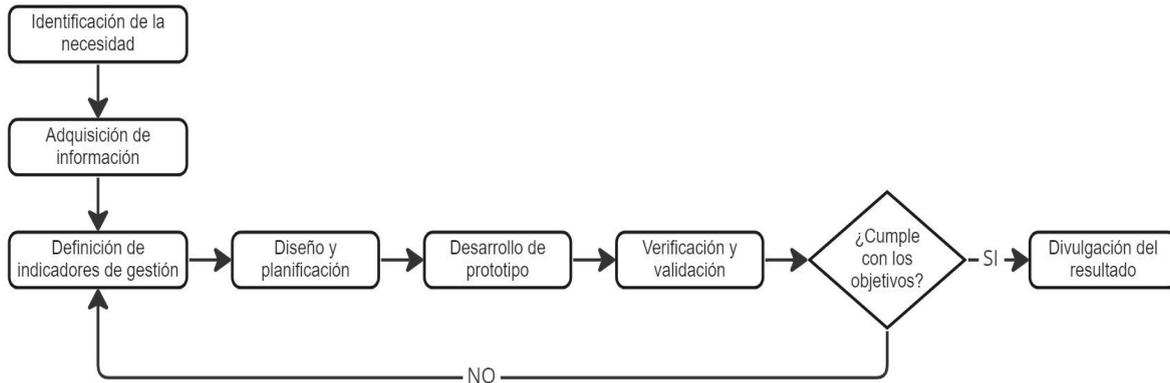


Figura 2. Esquema de las fases del proyecto. Fuente propia.

#### 3.1. Identificación de la necesidad

El control de las actividades desarrolladas en el área de metrología es de vital importancia para el área de mejoramiento continuo, no solo por evaluar la mano de obra de los técnicos a cargo, sino también, controlar el cumplimiento de mantenimientos preventivos y calibración según lo planificado, tener el registro de la cantidad de mantenimientos correctivos realizados a los equipos en las diferentes sedes y los insumos necesarios para la prestación de estos servicios, siguiendo de tal manera la ruta de gestión ilustrada en la figura 1. Lo anterior, permite el desarrollo efectivo de otros procesos ligados, como lo son la compra de insumos, equipos y dispositivos médicos, contrataciones externas, gestión y toma de decisiones de operatividad de los equipos médicos, planificación de visitas a las sedes en el área de contabilidad y capacitaciones al personal asistencial, debido a que esto involucra los horarios de prestación de servicios en Audiocom a nivel nacional.

Audiocom desarrolló una página web llamada *Calidad Audiocom*, donde se encuentran las hojas de vida de los equipos a nivel nacional. El personal de metrología es responsable de la creación o modificación de las hojas de vida. Si se desea conocer las fechas de mantenimientos correctivos, preventivos y calibración debe acceder a los documentos adjuntos para consultar directamente el reporte. También cuenta con un cronograma por sede cuyo objetivo es cada año colocar la fecha en la que se realizó o realizará mantenimiento preventivo y calibración, y especificar el nombre del equipo y su respectivo serial. El proceso anteriormente mencionado, se digita ítem por ítem por el personal de metrología y no existe ningún indicador o alerta de proximidad a la fecha planificada. Por lo tanto, el área de metrología maneja matrices en Excel donde registran equipo por equipo las fechas presentes en las hojas de vida y le asignan formatos condicionales para implementar un sistema de alerta mediante colores. Dado el caso de que se modifique la ubicación del equipo o la información adjunta en la hoja de vida, se debe

modificar manualmente el cronograma y las matrices de Excel ligadas a esta información, de no ser así la documentación se desactualiza y no es verídica para la toma de decisiones. Por lo tanto, no existen indicadores para el control de actividades que realiza el área de mejoramiento continuo antes de las auditorías externas.

Para el reporte de fallas con los equipos y solicitudes específicas al área de metrología, Audiocom ha desarrollado una página web llamada *Intranet*, donde los coordinados de cada sede generan tickets, solicitud de servicio, y el área de metrología da seguimiento del mantenimiento mediante esta interfaz. Si el área de metrología necesita información más detallada como insumos utilizados durante el servicio, debe exportar la información y crear una matriz donde se digite manualmente cada uno de los ítems adicionales de interés, además de generar los reportes de los respectivos mantenimientos. Actualmente el área cuenta con un inventario de los insumos disponibles en una hoja de cálculo donde se descuentan manualmente los insumos que salen del almacén y de no ser diligenciada, no se tiene el registro.

Aunque se tiene registro de la ejecución de actividades, se desconoce la tasa de cumplimiento y el desempeño de los mantenimientos, fallas recurrentes, la tendencia de solicitudes de soporte técnico y abastecimiento por sedes en el intervalo de tiempo, el porcentaje de cumplimiento y tiempo de ejecución de las tareas asignadas al personal de metrología. Sin embargo, la información adjunta en Calidad como en *Intranet* son datos que pueden ser la base de la medición de procesos y convertirse en información valiosa para el mejoramiento continuo de los procesos del área de metrología.

Lo anterior expuesto, evidencia la necesidad de unificar la información, definir los objetivos empresariales y automatizar la medición de cumplimiento mediante la implementación de indicadores, como sistema de control para evaluar cuantitativamente los resultados, identificar las falencias y establecer estrategias de mejora, puesto que “lo que no se puede medir no se puede mejorar y lo que no se puede mejorar se puede deteriorar” [16].

### **3.2. Adquisición y actualización de información.**

La adquisición y actualización de información está ligado a procesos específicos de actualización de los datos del inventario, planificación del mantenimiento preventivo e inspecciones y seguimiento de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo [15]. Lo anterior son catalogadas como entradas del proceso de gestión cuyo objetivo es obtener como salida la realización y control del mantenimiento a los equipos. La relación entre estos procesos es expuesta en la tesis doctoral titulada “*Gestión tecnológica Hospitalaria con un enfoque sistemático*” y se ilustra en la figura 3 [6].

En la figura 3 podemos observar que la actualización del inventario y datos de mantenimiento son la entrada de información, la cual permite el lanzamiento de órdenes de trabajo correctivas y preventivas para la obtención del registro de los datos una vez ejecutadas, siendo estas la entrada de información para la evaluación y control de actividades. Por tal razón, las fases para la estructuración de la base de datos enfocada en el procesamiento de la información son inventario de equipos médicos, historial de mantenimientos preventivos y correctivos planificados y ejecutados, ver figura 4.

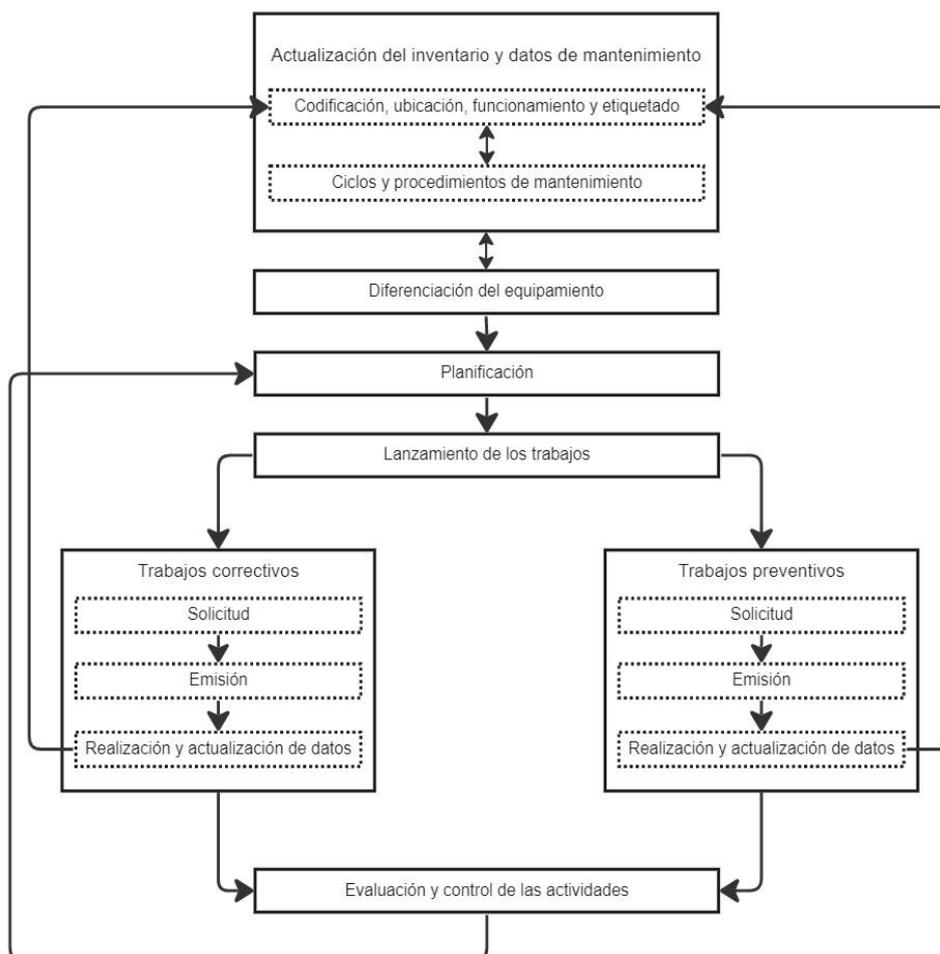


Figura 3. Relaciones entre los procesos específicos de gestión del mantenimiento. Adaptado de [6]



Figura 4. Fases para la adquisición de información. Fuente propia.

### 3.2.1. Inventario de equipos médicos

Un inventario actualizado es de vital importancia para conocer lo que se tiene, donde se tiene, cuánto cuesta y cuándo se pone obsoleto [6]. Es importante realizar la actualización del inventario cada vez que se presente un cambio o se adquiera nueva tecnología [1]. Esta información está contenida dentro de las hojas de vida de los equipos médicos presentes en Audiocom, por tal razón para actualizar el inventario es necesario la

actualización o creación de las hojas de vida de los equipos. El área de metrología ejecuta la actualización siguiendo el diagrama de flujo que se ilustra en la figura 5.

La hoja de vida contiene características generales del equipo, información técnica, accesorios, periodicidad del mantenimiento, historial de mantenimiento preventivo y correctivo, soporte de calibración, control de limpieza y documentos adjuntos. Dentro de las características generales se encuentra el serial interno del equipo, la ubicación, nombre del responsable de la manipulación del equipo e información requerida por normatividad colombiana. Según lo establece la resolución número 3100 del 2019, “El prestador de servicios de salud cuenta con el registro de la relación de los equipos biomédicos requeridos para la prestación de servicios de salud, este registro cuenta como mínimo con la siguiente información:

1. Nombre del equipo biomédicos.
2. Marca.
3. Modelo.
4. Serie.
5. Registro sanitario para dispositivos médicos o permiso de comercialización para equipos biomédicos de tecnología controlada, cuando lo requiera.
6. Clasificación por riesgo, cuando el equipo lo requiera” [10].

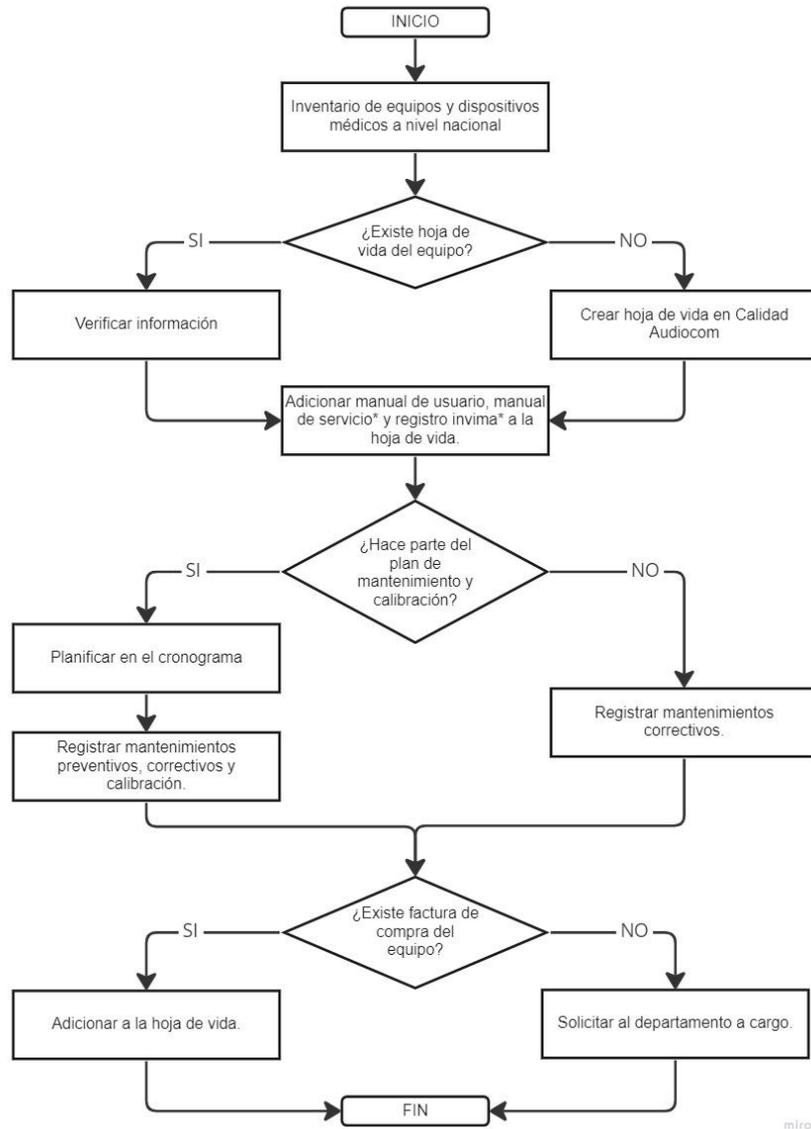


Figura 5. Diagrama de flujo para la elaboración de inventario de equipos médicos. Fuente propia

Una vez creadas las hojas de vida de los equipos o verificada la información adjunta, el inventario de los equipos presentes en las 19 sedes a nivel nacional se puede exportar desde *Calidad*, página web de Audiocom, como una hoja de cálculo. El inventario contiene el serial interno asignado por el coordinador del área de metrología, nombre del equipo, marca, modelo, serial establecido por fabricante, registro Invima, clasificación de riesgo, nombre del responsable y ciudad en donde se encuentra operativo, siendo esta parte de información para construir la base datos para la medición de los indicadores.

### 3.2.2. Mantenimientos preventivos

La metodología para la recopilación de información de la ejecución del mantenimiento preventivo se estructura en 3 fases: creación de formato de reporte, diligenciamiento y almacenamiento de información consignada en el reporte de mantenimiento.

El formato de reporte de mantenimiento preventivo es desarrollado por el pasante de metrología y aprobado por el coordinador del área. Para el control y evaluación de las actividades es necesario que el reporte de la ejecución del mantenimiento contenga la siguiente información [6]:

1. El equipo al cual se le tiene que realizar la intervención.
2. Fecha y hora de inicio, fecha y hora de terminación.
3. El especialista a cargo de la intervención.
4. Las piezas de repuesto, herramientas, accesorios y materiales para efectuar la intervención.
5. El procedimiento de mantenimiento que se va a realizar
6. Estado del equipo.

Por lo anterior, el formato de reporte contiene información del equipo, la orden de trabajo a ejecutar, el protocolo de mantenimiento a ejecutar, verificación de parámetros si aplica, trabajo realizado, estado del equipo e insumos requeridos durante la ejecución.

Con el objetivo de automatizar procesos de diligenciamiento y almacenamiento, y hacer uso de los recursos disponibles en Audiocom, la creación del formato se desarrolla en Microsoft Excel. Microsoft Excel es un software utilizado para el tratamiento estadístico de datos y desarrollo de múltiples cálculos [17]. Este software tiene integrado Editor de Visual Basic, entorno de programación con herramientas de desarrollo que permiten la creación de soluciones personalizadas mediante la escritura de código en el lenguaje de programación Visual Basic [16][18]. Para automatizar tareas y fusionarlas en una sola, se crean macros. Las macros son unidades de código en VBA, funciones o subrutinas, con una serie de instrucciones que se ejecutan secuencialmente al ser invocadas desde Editor Visual Basic o un botón integrado a la hoja de cálculo en Excel [17][20].

Puesto que la información del equipo se encuentra en la base de datos del inventario, mediante la implementación de macros en Excel, se automatiza el diligenciamiento de la información al digitar el serial del equipo, evitando así errores de digitalización o campos vacíos que pueden afectar la evaluación de las actividades ejecutadas.

Una vez diligenciado el formato de reporte, mediante la implementación de macros en Excel, el personal a cargo tiene la opción de guardar la información documentada, anexando el registro a una hoja de cálculo que contiene el historial de mantenimientos ejecutados. De no ser guardada la información, no se tiene registro de la actividad y por ende se afectan procesos ligados, como la planificación de mantenimientos y el control de insumos o accesorios utilizados. A su vez, el personal a cargo tiene la opción de ejecutar mediante un botón la instrucción de limpiar el formato, dejando en blanco los campos diligenciados para la elaboración del siguiente reporte.

### **3.2.3. Mantenimientos correctivos y solicitudes de insumos.**

Los reportes de averías, solicitudes de insumos, equipos y dispositivos médicos, solicitud de compra y procesos de contratación son generados por los coordinadores de sede mediante la plataforma de Intranet. La metodología para obtener el historial de solicitudes generadas al área de metrología es exportar como hoja de cálculo, desde la página web Intranet Audiocom, todos los casos para posteriormente realizar el tratamiento de la información. La información que contiene la base de datos es la descripción del caso, estado, última actualización, fecha de apertura, solicitante, técnico asignado, categoría de la solicitud, tiempo de solución y localización. Dependiendo de la categoría de la solicitud se implementa un filtro sobre la base de datos para obtener tanto el historial de reporte de

averías como el historial de otras solicitudes generadas. Por tal razón, es de vital importancia la correcta categorización al emitir una orden de trabajo al área de metrología.

### 3.3. Definición de indicadores de gestión tecnológica.

La tercera fase para la ejecución del proyecto es definir los indicadores de gestión tecnológica. Para lograr lo anterior, se requiere conocer los objetivos institucionales de los procesos para establecer lo que se quiere medir y cuál es el impacto que tiene la elección de las mediciones orientadas a determinar el estado en que se encuentra el proceso para poder tomar medidas preventivas o correctivas que contribuyan a la mejora continua. El análisis objetivo es de vital importancia para no implementar indicadores que estén desligados de los objetivos o una excesiva cantidad de indicadores que, aunque estén ligados con los objetivos, no miden aspectos críticos de los procesos y promuevan una pérdida de enfoque a la información necesaria para la toma de decisiones [22].

El objetivo general del área de metrología es integrar a la gestión de tecnología sistemas de control para apoyar la toma de decisiones, evaluar periódicamente la ejecución de las actividades, mejorar los procesos y facilitar la gestión. Los objetivos específicos son planificar y evaluar la ejecución de mantenimientos preventivos según el tipo de equipo, conocer los tiempos de respuesta de los mantenimientos correctivos para implementar estrategias enfocadas a disminuir el tiempo, evaluar el desempeño de los técnicos del área, disminuir el número de averías, por lo cual se necesita conocer las fallas más frecuentes para implementar estrategias como capacitaciones y evaluación de uso de los equipos.

Tabla 1. Indicadores de desempeño por equipo.

Indicadores de desempeño por equipo			Nivel de información			
Nombre	Descripción	Formulación	P	C	E	A
Tiempo promedio para reparar (TPR)	Relación entre el tiempo total para reparar el equipo y el número total de reparaciones.	$TPR = \frac{\sum_{i=1}^n T}{n}$			X	
Tiempo promedio para intervenciones preventivas (TPP)	Relación entre el tiempo total para realizar las intervenciones preventivas del equipo y el número total de intervenciones.	$TPP = \frac{\sum_{i=1}^n T}{n}$				X
Tiempo promedio de cambio de estado (TAT)	Relación entre la sumatoria de todos los tiempos de parada del equipo dividida por la cantidad de órdenes de trabajo.	$TAT = \frac{\sum_{i=1}^n TP}{n}$	X	X	X	

Tabla 2. Indicadores de actividades de mantenimiento.

Indicadores de actividades de mantenimiento			Nivel de información			
Nombre	Descripción	Formulación	P	C	E	A
Porcentaje de cumplimiento del mantenimiento correctivo (CC)	Relación entre el número total de órdenes de trabajo terminadas y el número total de reportes de averías solicitados.	$CC = \frac{NOT_{term}}{NRep} * 100$		X		X
Tiempo de respuesta promedio del correctivo (TRC)	Relación entre la sumatoria de todos los tiempos de respuesta y el número total de órdenes.	$TRC = \frac{\sum_{i=1}^n TR}{n}$		X		X
Porcentaje de solicitudes de mantenimiento correctivo verdaderas (SOLverd)	Relación entre el número total de órdenes de trabajo que resultaron fallas verdaderas y la cantidad total de órdenes.	$REP = \frac{NOT_{verd}}{NOT_{total}} * 100$		X		X
Porcentaje de reparaciones repetidas (REP)	Relación entre el número de reparaciones repetidas (mismo fallo) y la cantidad de órdenes emitidas para ese equipo.	$REP = \frac{NOT_{rep}}{NOT_{equip}} * 100$		X		X
Estado de las órdenes de trabajo correctivas	Número de OT en estado: 1. Ejecución. 2. Aplazadas. 3. Terminadas.			X		X
Porcentajes de cumplimiento del mantenimiento preventivo (MP)	Relación entre número total de OT terminadas y el número total de órdenes planificadas (Nplan).	$CP = \frac{NOT_{term}}{Nplan} * 100$	X		X	
Tiempo de respuesta promedio en el preventivo (TRP)	Relación entre la sumatoria de todos los tiempos de respuesta y el número total de órdenes.	$TRP = \frac{\sum_{i=1}^n TR}{n}$	X		X	
Estado de las órdenes de trabajo preventivas	Número de órdenes de trabajo en estado: 1. Ejecución. 2. Aplazadas. 3. Terminadas.		X		X	

(C: correctivo, P: preventivo, E: equipos, A: área)

Tabla 3. Indicadores de mano de obra.

Indicadores de mano de obra			Nivel de información			
Nombre	Descripción	Formulación	P	C	E	A
Tiempo de respuesta promedio del correctivo (TRC)	Relación entre la sumatoria de todos los tiempos de respuesta y el número total de órdenes.	$TRC = \frac{\sum_{i=1}^n TR}{n}$		X		
Estado de las órdenes de trabajo correctivas	Número de OT en estado: 1. Ejecución. 2. Aplazadas. 3. Terminadas.			X		

(C: correctivo, P: preventivo, E: equipos, A: área)

Basado en la revisión bibliográfica de estudios de negocios y gestión tecnológica de mantenimiento de equipos médicos, se proponen en grupos de indicadores; desempeño por equipo, actividades de mantenimiento y mano de obra, los cuales se describen en la tabla 1, tabla 2 y tabla 3.

Los indicadores de desempeño de equipos permiten tener información detallada de las actividades ejecutadas a cada equipo para consolidar en la hoja de vida y ser criterio a la hora de dar de baja un equipo del inventario. Los indicadores de actividades de mantenimiento permiten realizar un reporte y seguimiento periódico del comportamiento de las actividades de mantenimiento preventivas y correctivas. Por último, los indicadores de mano de obra permiten realizar seguimiento a la ocupación del personal y eficiencia en la ejecución de actividades.

La propuesta es presentada por el pasante del área de metrología a la Directora Nacional de Calidad, puesto que es la figura encargada de auditar los procesos del área de metrología. Los indicadores de actividades de mantenimiento y mano de obra son aprobados puesto que la medición va ligada a los objetivos específicos del área. Por el contrario, la implementación de los indicadores de desempeño por tipo de equipo no son aprobados debido a que la información específica que se obtiene no va ligada a dar cumplimiento a los objetivos del área y cuentan con otras rutas de gestión para dar de baja a un equipo biomédico. Además, el área de Calidad de Audiocom propone incluir indicadores de cumplimiento y tiempo promedio de respuesta de las solicitudes de insumos y los mantenimientos preventivos por cada tipo de equipo y el estado de las órdenes de trabajo correctivos sean especificadas para cada una de las sedes de Audiocom que cuente con equipos biomédicos. Auditar los procesos por sede permite una gestión enfocada en garantizar la prestación de servicios y seguridad del paciente.

Partiendo de lo anterior, se detallan los indicadores de gestión de tecnología biomédica escogidos en la tabla 4 y el origen de los datos necesarios para su implementación.

Tabla 4. Indicadores de gestión de tecnología biomédica escogidos.

Nombre de indicador	Origen de datos
Porcentajes de cumplimiento del mantenimiento preventivo por tipo de equipo	Reporte de MP
	Reporte de MP
Tiempo de respuesta promedio en el preventivo por tipo de equipo	Reporte de MP
	Reporte de MP
Estado de las órdenes de trabajo preventivas por tipo de equipo	Reporte de MP
Tiempo de respuesta promedio del MC y SI	Solicitudes de MC
	Solicitudes de MC
Estado de las órdenes de trabajo MC y SI	Solicitudes de MC
Número de órdenes de MC y SI por tipo de categoría	Solicitudes de MC
Número de órdenes de MC y SI por tipo de equipo	Solicitudes de MC
Porcentaje de cumplimiento de MC y SI por sede	Solicitudes de MC
Estado de las solicitudes de MC y SI por sede	Solicitudes de MC
Porcentaje de cumplimiento de MC y SI asignadas a cada técnico	Solicitudes de MC
Tiempo de respuesta promedio del MC y SI de cada técnico	Solicitudes de MC
Estado de MC y SI asignadas a cada técnico	Solicitudes de MC

(MC: Mantenimiento correctivo, MP: Mantenimiento preventivo, SI: Solicitud insumos)

### 3.4. Diseño de solución

El diseño de prototipo se divide en tres módulos; mantenimientos preventivos, mantenimientos correctivos e insumos. El módulo de mantenimiento preventivo da acceso a la visualización de los indicadores, el formato de reporte y calendario de ejecución de los mantenimientos preventivos. El módulo de mantenimientos correctivos da acceso a la visualización de indicadores y el informe de reporte de tickets efectuados al área de metrología y tabla con detalle de las actividades en curso. Por último, el módulo de insumos da acceso a la visualización de indicadores, inventario de insumos y el informe de reporte de tickets efectuados al área de metrología.

La visualización de los indicadores definidos en la tabla 4 se realiza mediante un tablero de control o Dashboard. El tablero de control es una herramienta de representación visual de información que permite monitorear y consultar el comportamiento de un conjunto de datos en una sola pantalla. Para facilitar la visualización de la información, el diseño de una dashboard debe contemplar colores, fuente, tamaño de letra, posición de la información

y tipos de datos que se ajusten a los datos a proyectar [23]. Los tipos de gráfica seleccionados para el diseño son:

- Gráficos de barras para mostrar comparaciones entre elementos individuales [23].
- Gráficos de líneas para mostrar la tendencia de un conjunto de datos en intervalos [23].
- Gráficos circulares para mostrar el tamaño de proporción de un conjunto de datos en un gráfico circular [23].

Se diseñan tres dashboard para la presentación de los indicadores de actividades de mantenimientos preventivos, mantenimientos correctivos y solicitudes de insumos. La dashboard de mantenimientos correctivos y solicitudes de insumos incluye tres filtros globales; año de apertura, mes de apertura y localización de la orden de trabajo. La implementación de los filtros le permite al usuario segmentar los datos utilizados para determinar los indicadores que se visualizan en la dashboard, convirtiéndolo a esta en una herramienta dinámica.

El informe de reporte de órdenes de trabajo efectuados al área de metrología, a diferencia del dashboard, es la visualización de los indicadores en un formato de documento. Sin embargo se integran las mismas estrategias para facilitar la visualización de la información. El informe le permite al usuario filtrar las órdenes de trabajo efectuadas al área de metrología en un intervalo de tiempo específico.

Puesto que el informe de reporte suministra información general de las órdenes de trabajo, se diseña una tabla dinámica con información detallada de las órdenes de trabajo en curso con el objetivo de dar seguimiento y tomar decisiones respecto al proceder. La tabla dinámica incluye registro de los días hábiles transcurridos desde la fecha de apertura de la orden de trabajo y la fecha del último seguimiento realizado. Estos dos datos son semaforizados para que el usuario pueda observar el cumplimiento del tiempo objetivo para dar solución a los casos. La semaforización se observa en la tabla 5, donde el color verde simboliza total de días hábiles dentro de tiempo objetivo y el color naranja y rojo simbolizan total de días hábiles fuera del tiempo objetivo, siendo este último color una alerta e indicativo para establecer comunicación inmediata con el personal involucrado en la orden de trabajo para justificar el incumplimiento, tomar decisiones de proceder con el objetivo de dar cierre a la orden de trabajo.

El diseño del calendario de mantenimientos preventivos ejecutados incluye una semaforización que indica un intervalo de tiempo después de la ejecución del mantenimiento y una lista donde se especifica según la fecha el equipo y su respectivo serial, permitiendo monitorear y consultar la ejecución de mantenimientos preventivos por equipo. La semaforización aprobada por la directora de calidad se especifica en la tabla 6.

*Tabla 5. Semaforización de días hábiles transcurridos desde la fecha de apertura y último seguimiento de ordenes de trabajo.*

<b>Color</b>	<b>Días hábiles transcurridos</b>
	Entre 0 a 3 días hábiles
	Entre 4 a 5 días hábiles
	Entre 6 a más días hábiles



#### 4. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de la ejecución de las fases para prototipar la implementación de indicadores de gestión tecnológica.

*Tabla 7. Equipos biomédicos presentes en las instalaciones de la institución prestadora de salud.*

Nombre del equipo	Marca	Modelo	Plan de MP
Audiometro (AUD)	Interacoustics	AD629	Incluido
		Affinity 2.0	
		Affinity Compact	
		AS608	
		Callisto	
	Equinox 2.0		
	USound	USXS01	
Equipo de potenciales (ELE)	Interacoustics	Eclipse	Incluido
HIPRO (HIP)	GN OTOMETRICTS	USB	No incluido
iCube II (ICU)	Phonak	iCube II	No incluido
Impedanciometro (IMP)	Interacoustics	AT235	Incluido
Irrigador calórico (CAL)	Interacoustics	AIR FX	Incluido
		AFX1.1	
Noahlink Wireless (NHL)	HIMSA	CPD-1	No incluido
Otoscopio (OTO)	Heine	Mini3000	Incluido
	Welch Allyn	228	
Termohigrometro (TER)	KEX Germany	SH-172	Incluido
	KTJ	TA21BB	
	HTC	HTC-1	
Videonistagmografo (VNG)	Interacoustic	VisualEyes	Incluido

(MP: Mantenimiento preventivo)

Teniendo en cuenta los criterios para el registro de las actividades de mantenimiento especificados en la fase de adquisición y actualización de información, se obtiene como

resultado el formato de reporte de actividades, **Anexo 1**, para la creación de la base de datos de ejecución de mantenimientos planificados.

Por otro lado, la actualización del inventario permite obtener como resultado la tabla 7, donde se especifica el tipo, marca y modelo de los equipos biomédicos presentes en las instalaciones de la entidad de salud y la verificación de la inclusión de cada tipo de equipo en el plan de mantenimiento preventivo. Puesto que la Hipro, iCube y Noahlink son interfaces de programación para la adaptación de audífonos, no se incluyen dentro del plan de mantenimiento preventivo pero sí en plan de mantenimiento correctivo.

Una vez adquirida y actualizada la información, se procede a desarrollar los módulos, propuestos en la fase de diseño, con la implementación de los indicadores seleccionados en la fase de definición de indicadores de gestión tecnológica. A continuación, se muestran los resultados obtenidos del contenido de los tres módulos.

#### 4.1. Módulo de mantenimiento preventivo

El módulo de mantenimiento preventivo, como se ilustra en la figura 7, está compuesto por el cronograma nacional de mantenimientos preventivos ejecutados, el dashboard de los indicadores de gestión, el formato de reporte de actividades de mantenimiento y el acceso directo a la base de datos de mantenimientos preventivos.



Figura 7. Interfaz gráfica del módulo de mantenimiento preventivo. Fuente propia.

La figura 8 proyecta el resultado del desarrollo del cronograma nacional el cuál contiene las actividades ejecutadas en el año 2022 y su respectiva semaforización. A su vez, en el costado derecho de la interfaz gráfica se visualiza la lista de equipos sometidos a mantenimiento preventivo el día seleccionado en el calendario, y su número de identificación asignado por el fabricante.



Figura 8. Cronograma de mantenimientos preventivos ejecutados. Fuente propia.

En la dashboard se encuentra la información relevante de la ejecución de actividades preventivas en los equipos biomédicos. La cantidad de los equipos biomédicos, enunciados en la tabla 7, se representa mediante la gráfica de barras en la figura 9 y se evidencia mayor cantidad de otoscopios, audiómetros y Hipro, siendo estos equipos utilizados para prestación de servicios de audiometría básica. Además se observa el resultado de los indicadores de cumplimiento y tiempo promedio de ejecución por cada tipo de equipo que hace parte del plan de mantenimiento preventivo. En el caso del irrigador calórico y videonistagmografía, el cumplimiento de mantenimientos preventivos es de 0%, razón por la cuál no se obtiene resultado del indicador de tiempo promedio de ejecución.

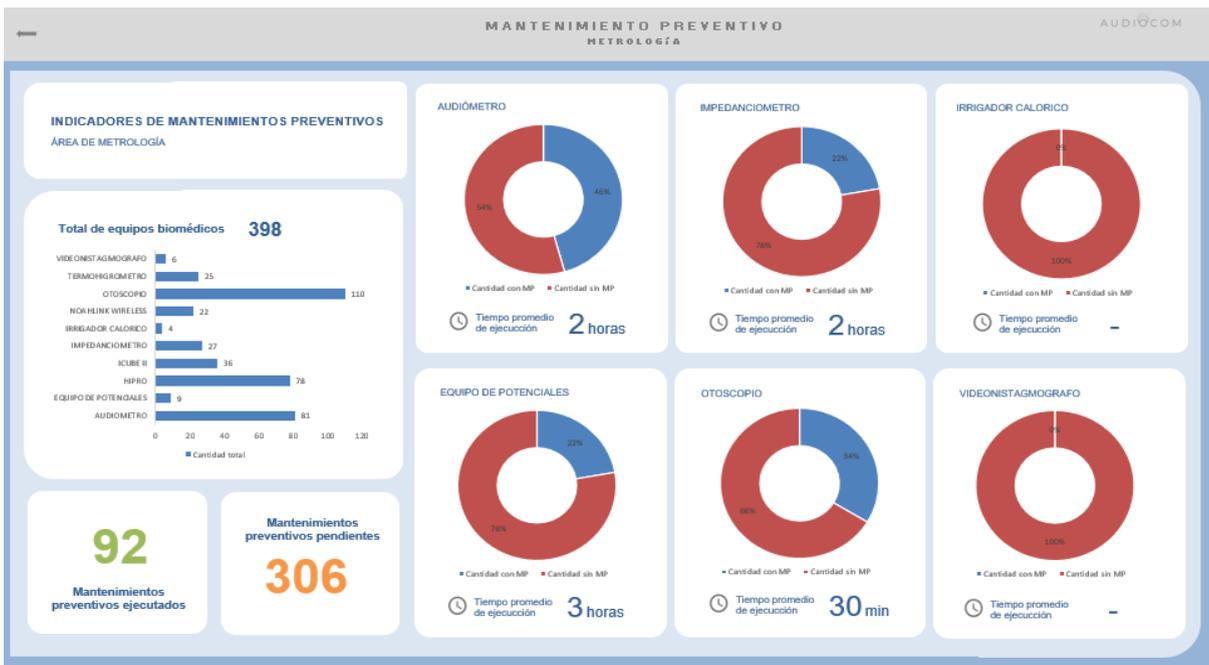


Figura 9. Dashboard de mantenimientos preventivos. Fuente propia.

## 4.2. Módulo de mantenimiento correctivo

El módulo de mantenimiento correctivo, como se ilustra en la figura 10, está compuesto por el informe de indicadores de gestión, la dashboard de los indicadores de gestión de mantenimientos correctivos, la interfaz de seguimiento de órdenes de trabajo en curso y acceso directo a la base de datos de las órdenes de trabajo.

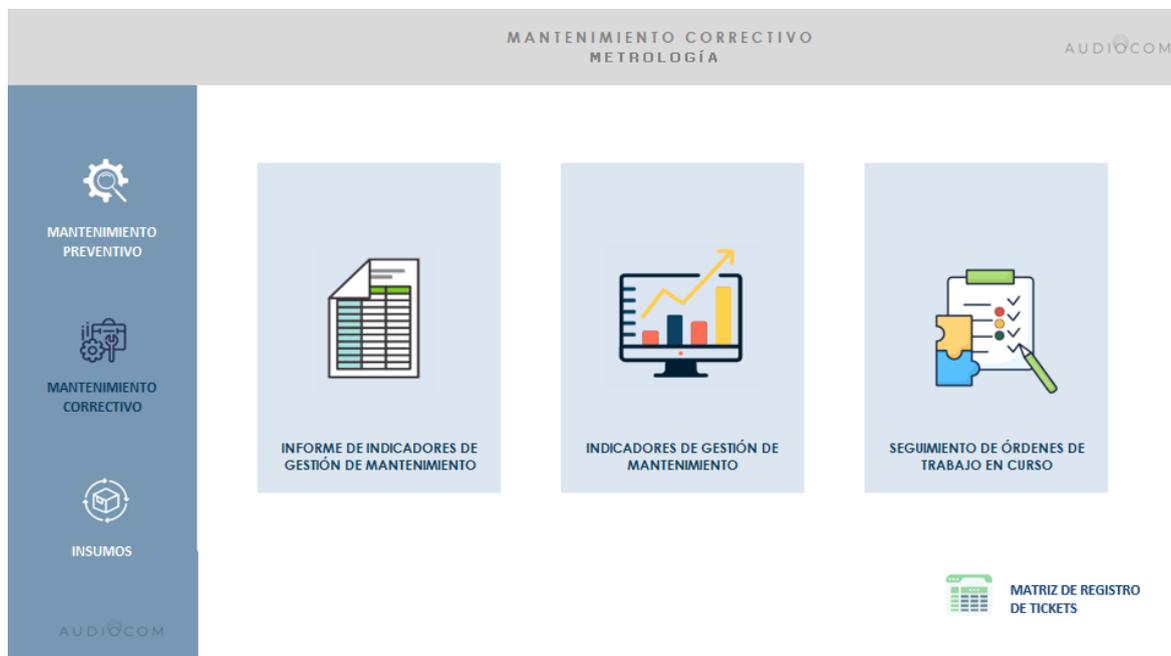


Figura 10. Interfaz gráfica del módulo de mantenimiento correctivo. Fuente propia.

El informe de indicadores de gestión, **Anexo 2**, contiene la información relacionada con las órdenes de trabajo asignadas al área de metrología, específicamente los indicadores de mantenimiento correctivo y solicitudes de insumos desde el mes de julio hasta el mes de noviembre. Se asignaron 333 órdenes de trabajo correctivas cuyo porcentaje de cumplimiento es 92% y 7 días de respuesta promedio. De las 333 órdenes de trabajo, 90 fueron emitidas sin categorización. La figura 11 ilustra la tendencia de las categorías no descritas en el intervalo de tiempo.



Figura 11. Cantidad de órdenes de trabajo con categoría no descrita desde julio hasta noviembre.

Los resultados de los indicadores por sedes, muestran a Bogotá como la sede con más solicitudes de mantenimiento correctivo y las sedes de Cartagena y Montería con los porcentajes de cumplimiento más bajos. Finalmente, los resultados del monitoreo de mano de obra son porcentajes de cumplimiento de todo el personal por encima de 85% y un intervalo de 4 a 11 días promedio de cumplimiento. En el periodo de 4 meses, desde julio hasta lo transcurrido de noviembre del 2022, el técnico del área tiene un 46% de solicitudes de mantenimiento correctivo asignadas, el coordinador un 29% y el pasante un 25%, siendo estos datos específicos, ideales para el análisis de los roles y monitoreo de actividades.

La dashboard de mantenimiento correctivo, ilustrada en la figura 12, contiene los indicadores más relevantes para el seguimiento de las actividades. Los datos presentes en la dashboard son el resultado de los requerimientos de mantenimiento correctivo durante lo transcurrido del 2022. Los resultados ilustran la tendencia de fallas reportadas emitidos por meses y la cantidad total por sede, siendo Bogotá la ciudad con mayor cantidad. Los audiómetros son el equipo con más fallas reportadas, principalmente por intermitencia en los auriculares. Además se observa que 135 órdenes de trabajo fueron emitidas con categoría no descrita, siendo un dato importante para el análisis y monitoreo de la emisión de órdenes de trabajo al área de metrología por parte de los coordinadores.

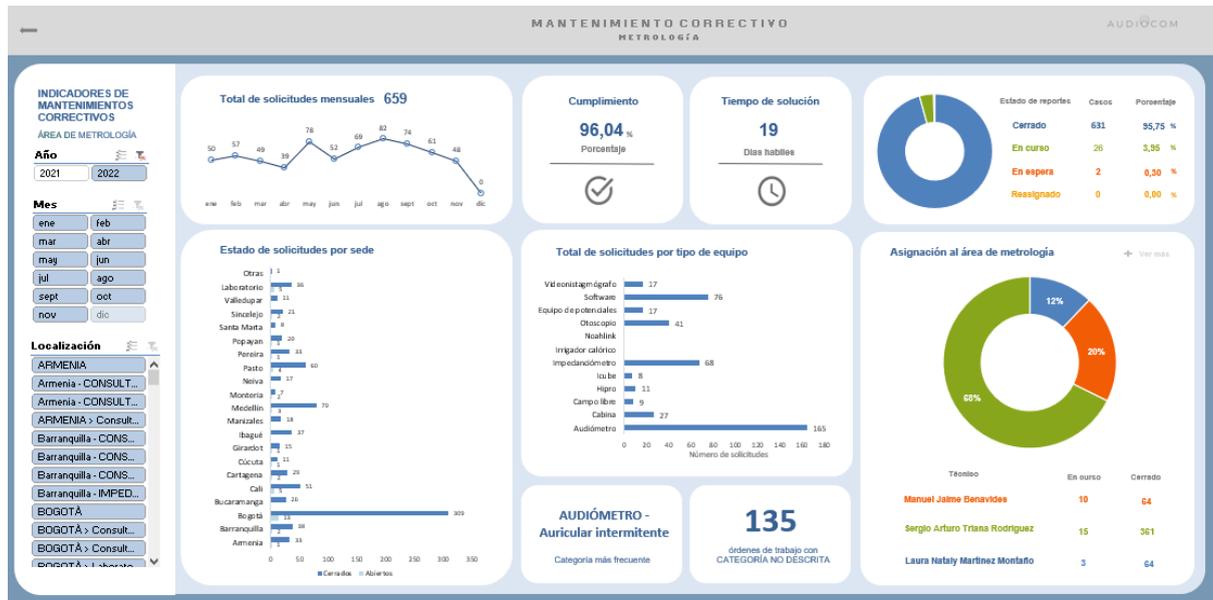


Figura 12. Dashboard de mantenimientos correctivos. Fuente propia.

El indicador del estado de los requerimientos de mantenimientos correctivos da como resultado 26 casos en curso, cuyos detalles y semaforización se especifican en la interfaz gráfica de seguimiento de solicitudes, ilustrada en la figura 13.



Figura 13. Interfaz gráfica de seguimiento de solicitudes al área de metrología. Fuente propia.

### 4.3. Módulo de insumos

El módulo de insumos cuyo desarrollo se visualiza en la figura 14, al igual que el módulo de mantenimiento correctivo, está compuesto por el informe de indicadores, la interfaz de seguimiento de órdenes de trabajo en curso y acceso directo a la base de datos de las órdenes de trabajo. La diferencia radica en la dashboard de indicadores, cuyo objetivo es ilustrar los resultados de las solicitudes para adquisición de insumos y equipos médicos.



Figura 14. Interfaz gráfica del módulo de insumos. Fuente propia.

La dashboard de insumo contiene los indicadores más relevantes para el seguimiento de las actividades. Algunos de los datos presentes en la dashboard son el resultado de los requerimientos de adquisición de insumos, dispositivos y equipos médicos durante lo transcurrido del 2022. Los resultados ilustran la tendencia de solicitudes emitidas por meses y la cantidad total por sede, siendo Bogotá la ciudad con mayor cantidad. Se observa en la figura 15 que el porcentaje de cumplimiento más bajo es de 50% y el tiempo de respuesta más alto es 66 días, sin embargo el porcentaje de cumplimiento, de las 245 solicitudes, es de 93% con un tiempo promedio de cumplimiento de 7 días hábiles.



Figura 15. Dashboard de solicitudes de insumos. Fuente propia.

Los resultados específicos de los indicadores basados en las solicitudes asignadas, desde el mes de Julio hasta el mes de noviembre, se encuentran en el informe de indicadores de gestión, **Anexo 2**. Se asignaron 104 solicitudes cuyo porcentaje de cumplimiento es 92% y 10 días de respuesta promedio. Los resultados de los indicadores por sedes, muestran a Bogotá como la sede con más solicitudes y las sedes de Cúcuta y Montería con los porcentajes de cumplimiento más bajos. Finalmente, los resultados de los indicadores de control de mano de obra son porcentajes de cumplimiento de todo el personal por encima de 90% y un intervalo de 4 a 16 días promedio de cumplimiento. En el periodo de 4 meses, desde julio hasta lo transcurrido de noviembre del 2022, el pasante del área tiene un 40% de solicitudes asignadas, el coordinador un 31% y el técnico un 29%.

## 5. DISCUSIÓN

La implementación de un formato de reporte de actividades de mantenimiento y la unión de las bases de datos permite determinar indicadores de gestión que tenga impacto en la planificación y control de mantenimientos preventivos. Lo anterior se puede evidenciar en los resultados obtenidos de los indicadores de porcentajes de cumplimiento del mantenimiento preventivo, tiempo de respuesta promedio en el preventivo y estado de las órdenes de trabajo preventivas por tipo de equipo. En el proceso de planificación, el indicador de tiempo de respuesta promedio en el mantenimiento preventivo por tipo de equipo suministra la información para que a partir de la cantidad de equipos presentes en las diferentes sedes, se pueda sumar las horas de tiempo promedio y obtener un tiempo estimado de la duración de las rondas de mantenimientos preventivos a nivel nacional. Al estar entrelazada la planificación con otros procesos, como se evidencia en la figura 1, el indicador tiene impacto en otras áreas de Audiocom. Sin embargo se puede evidenciar en la figura 9 que los resultados del tiempo de ejecución de los videonistagmografía e irrigadores calóricos no son resultados de un indicador con impacto en la planificación debido a la ausencia de información pero si en el control del registro de los mantenimientos preventivos en el formato, puesto que no tener información o tener falsa información del indicador repercute directamente en la forma como se ejecuta este proceso que por normatividad colombiana debe estar presente en las hojas de vida de los equipos biomédicos. Por otro lado, el indicador de estado de las órdenes de trabajo preventivo y la semaforización de los mantenimientos ejecutados permite el control de la ejecución anual de los mantenimientos preventivos.

Además de planificar y controlar las actividades de mantenimiento, se planteó en la fase de identificación de la necesidad, la importancia de evaluarlas. Al implementar los indicadores de evaluación, verificar y validar los resultados junto al coordinador de metrología y la Directora Nacional de Calidad, se definieron objetivos, se identificaron falencias de la ejecución de las actividades y se establecieron estrategias de mejora. Los objetivos establecidos son un porcentaje de cumplimiento de actividades igual o superior a 80%, con un tiempo de cumplimiento igual o menor a 5 días hábiles. Partiendo de lo anterior, analizaremos los resultados obtenidos en el informe de indicadores de gestión.

En el **Anexo 2**, en la sección de indicadores de control por actividades de mantenimiento correctivo podemos visualizar un porcentaje de cumplimiento del 92.79% y un tiempo de respuesta promedio de 7 días hábiles respecto a 333 órdenes de trabajo emitidas desde julio hasta noviembre. Por lo cual, se cumple el objetivo de porcentaje pero no el del tiempo. Al ser equipos importados, el tiempo para lograr comunicación directa con los proveedores para soporte técnico o solicitud de accesorios para efectuar reparaciones es extenso, por lo cuál el indicador se ve afectado. Las estrategias para alcanzar el objetivo son la participación en las capacitaciones de casa matriz y la solicitud de compra de accesorios, repuestos, insumos y equipos biomédicos para tener disponible en almacenamiento en caso de requerirse.

Partiendo del resultado obtenido del número de órdenes por equipo, los audiómetros son los equipos con mayor cantidad de órdenes de trabajo. Al verificar las descripciones de las órdenes se identificó que una de las causas de falla es el mal uso de los equipos por parte de los profesionales. Por lo cual, con el objetivo de minimizar el número de órdenes de todos los equipos biomédicos presentes en las instalaciones, se plantea como estrategia el desarrollo de infografías y videos que contengan de manera gráfica información del equipo, el modo de uso, limpieza y la forma de proceder ante posibles fallas.

Durante la validación de la implementación en compañía de la Directora Nacional de Calidad, se evidencia en los resultados del indicador de cantidad de órdenes por categoría que “categoría no descrita” tiene la mayor cantidad. Al realizar monitoreo de los casos mediante la interfaz gráfica, se evidencian dos causas del resultado del indicador. La primera causa es la ausencia de categorías para clasificar fallas puntuales, por lo cual el pasante de metrología realiza la solicitud al área pertinente para la adición de categorías al sistema. La segunda causa es la categorización incorrecta de las averías que se presentan, por lo cual el pasante de metrología realiza capacitación el 18 de octubre a los coordinadores del procedimiento para realizar correctamente las solicitudes de mantenimiento correctivo e insumos, haciendo énfasis en la categorización. En la figura 11, se observa disminución significativa en el mes de noviembre, indicador obtenido luego de implementar las estrategias de mejoramiento. La importancia de una correcta categorización, es obtener información verídica de los indicadores de número de fallas por tipo de equipo y cantidad de órdenes de trabajo por categoría, ya que estos son dependientes de la categoría asignada a la orden de trabajo.

En cuanto a los indicadores de solicitud de insumos, dispositivos y equipos médicos, en el **Anexo 2**, en la sección de indicadores de control por actividades de abastecimiento, compra y contratación, se puede evidenciar que se cumple el objetivo de porcentaje pero no el del tiempo. Al igual que el indicador de tiempo promedio para ejecución de mantenimientos preventivos, este indicador se afecta por la duración de la solicitud de compra y la importación de accesorios, repuestos, insumos y equipos biomédicos. Además existen factores como el tiempo de envío de los insumos solicitados desde Bogotá hasta la sede que lo requiera o el retardo o no confirmación por parte del coordinador de la llegada de los insumos a sede, ya que no se puede dar cierre a la solicitud. Por lo anterior, se implementó la matriz de seguimiento de trabajo en curso, figura 15, donde en la columna de días hábiles de apertura se encuentra la semaforización de los días transcurridos, siendo el color rojo indicativo de incumplimiento de objetivo, y en la columna manejo de ticket se consigna la razón del incumplimiento y el proceder ante el caso en específico. Si la razón es la no confirmación por parte de los coordinadores se procede a hacer llamado de atención.

La verificación y validación del prototipo de implementación de indicadores con los objetivos específicos de mejoramiento establecidos por la Directora Nacional de Calidad se realiza semanalmente junto a la entrega del informe para divulgación y trazabilidad. De ser propuesto una mejora, integración o eliminación de indicadores de gestión, se repite el ciclo propuesto en la figura 2 de la metodología.

## **6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

Puesto que el prototipo desarrollado en el presente proyecto se encuentra en validación, como trabajo futuro, una vez validado el prototipo, se propone la implementación de este haciendo uso de herramientas de inteligencia de negocios.

A su vez, como trabajo futuro se propone implementar las estrategia de capacitación basado en comunicación visual de información, por el área de metrología, a los profesionales que hacen uso de los dispositivos.

La implementación de indicadores de eficiencia de la ejecución de actividades de mantenimientos tiene un gran impacto en la evaluación de la mano de obra, repuestos que se utilicen durante el mantenimiento y uso del equipo [6]. Por lo anterior, es recomendable que la base de datos de solicitud de mantenimiento correctivo contenga el modelo y serial del equipo para procesar la información y obtener una trazabilidad que permita la toma de decisiones y estrategias de mejoramiento.

## 7. CONCLUSIONES

Para el desarrollo del prototipo se debe identificar la necesidad y respecto a esto definir los indicadores de gestión tecnológica que estén alineados con los objetivos de la institución prestadora de salud. La implementación de los indicadores de gestión de tecnología biomédica seleccionados para el desarrollo del prototipo apoyan los procesos de planificación de mantenimientos preventivos, evaluación y control de mantenimientos correctivos y solicitudes, toma de decisiones e implementación de estrategias de capacitación para el mejoramiento continuo de las actividades ejecutadas en entidad prestadora de salud.

Es de gran importancia el desarrollo de una interfaz gráfica amigable, basada en metodología de diseño y proyección visual que le permita al usuario la fácil comprensión de la información contenida. Para el desarrollo se utiliza Excel ya que es intuitiva y cuenta con herramientas de desarrollo programado, lo cuál es una ventaja en el desarrollo del prototipo personalizado y automatizado.

Basado en los resultados obtenidos, se concluye que la veracidad de los resultados obtenidos de los indicadores depende de la información contenida en las bases de datos, por tal razón es de gran impacto e importancia la actualización de la información y el registro de todas las actividades de mantenimiento que se ejecuten en un formato autorizado por la Dirección de Calidad, donde se realice el diligenciamiento de los criterios mínimos solicitados en la resolución 3100 del 2019 y la información necesaria para implementar indicadores que estén a fin con los objetivos del área.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] O. Organización Mundial de la Salud, "Introducción a la gestión de inventarios de equipo médico," Cat. por la Bibl. la OMS, 2012.
- [2] M. Murtaza Noor, D. I. A. Magray y S. Chawla, "Integration of Healthcare System with its Experts for Improving the Life Expectancy of Medical Devices : A Review", ResearchGate GmbH, Science and Technology, pp. 224–223, abril de 2016.
- [3] C. Castaño y L. P.H, "Análisis comparativo de modelos de gestión de tecnología biomédica", Revista Ingeniería Biomédica, Volumen 9, Número 18, pp. 41–49, diciembre de 2015.
- [4] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, "La 60ª Asamblea Mundial de la Salud", WHA60.29, Ginebra, pp.109, 2017.
- [5] A. Lenel, C. Temple-Bird, W. Kawohl y M. Kaur, "How to organize a system of healthcare technology management. ", Health Partners International, Caroline Temple-Bird, pp. 1–26, 2005.
- [6] A. Cruz, "Gestión tecnológica hospitalaria. Un enfoque sistemático", Editorial Universidad del Rosario, ISBN: 978-958-738-094-1, pp. 145-197, 2010.
- [7] W. Puerto Gómez, "Evaluación de los Procesos de Gestión de la Tecnología en una Institución de Salud de alta complejidad, en el marco del Sistema Único de Acreditación en Salud.," Pontif. Univ. Javeriana, vol. 1, pp. 15–140, 2014, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [8] Audiocom IPS. "Nosotros. Ofrecemos soluciones para la pérdida auditiva o sordera". [Online]. Available: <https://www.audiocom.com.co/nosotros> (accedido el 27 de julio de 2022).
- [9] Audiocom. "Servicios. Ofrecemos soluciones para la pérdida auditiva o sordera". [Online]. Available: <https://www.audiocom.com.co/> (accedido el 27 de julio de 2022).
- [10] Ministerio de Salud y Protección Social, Resolución No 3100 de 2019. Colombia, pp. 230, 2019.
- [11] Ministerio de la Protección Social, DECRETO n.º 4125 DE 2005. Colombia, 2005.
- [12] Ministerio de Salud y Protección Social, Resolución 5491 de 2017. Colombia, pp. 2-20, 2017.
- [13] Congreso de la República de Colombia, Ley 100 de 1993, Colombia , pp. 79, 1993.
- [14] Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención de Salud del Sistema General de Seguridad Social en Salud, Decreto 1011 del 2006, Colombia, pp. 1-17, 2006.
- [15] O. Organización Mundial de la Salud, "Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos." Cat. por la Bibl. la OMS, 2012.
- [16] R. D. Rincon, "Los indicadores de gestión organizacional: una guía para su definición", Revista Universidad EAFIT, vol. 34, no. 111. pp. 43–59, 2012.
- [17] W. Mora, J. Espinoza, "Programación Visual Basic (VBA) para Excel y Análisis Numérico" *Escuela de Matemática, Instituto Tecnológico de Costa Rica*, Octubre 2005.
- [18] J. García, G. Bravo, "MANUAL DE VISUAL BASIC PARA EXCEL", *Proyecto Europa de la Universidad Politécnica de Valencia*, 2003.
- [19] C. A. Coronado R. y J. I. García, «Visual Basic para Excel en la Enseñanza de la Ingeniería», *inycomp*, vol. 3, n.º 2, pp. 72–79, may 2011.
- [20] N. Acosta, T. Acosta, "INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN EN EXCEL CON VISUAL BASIC APPLICATION", ISBN:978-9942-21-779-0 , Noviembre 2015.
- [21] P. Yock, S. Zenios, J. Makower, T. Brinton, U. Kumar, J. Watkins, L. Denend, T. Krummel, C. Kurihara, *Biodesign: The Process of Innovating Medical Technologies*, 2ª ed. Cambridge University Press, Febrero 2015.
- [22] S. MORA, "INDICADORES DE GESTIÓN Y MEDICIÓN DE DESEMPEÑO," *Universidad Nacional*, 2012
- [23] Y. Córdova, J. Martínez, E. Córdova, "Propuesta de metodología para el diseño de dashboard", *Revista Cubana de Transformación Digital*, vol. 3, Nro. 2, pp. 56-76, julio-septiembre 2021. doi.org/10.5281/zenodo.5545998.

## ANEXOS

### Anexo 1. Formato reporte de mantenimiento.

	<b>FORMATO REPORTE DE MANTENIMIENTO</b>		
	F-GTF-038	Versión: 01	Fecha última revisión: 18/05/2022
Página 1 de 1			
<b>ELABORÓ / ACTUALIZÓ:</b> Coordinador de Metrología	<b>REVISÓ:</b> Dirección Nacional de Mejoramiento Continuo	<b>APROBÓ:</b> Dirección Nacional de Mejoramiento Continuo	

HOJA DE VIDA DEL EQUIPO			
Equipo: _____	Ciudad: _____		
Marca: _____	Responsable: _____		
Modelo: _____	Serial de equipo: _____		
INVIMA: _____	Serial interno: _____		

ORDEN DE TRABAJO			
Fecha de inicio: _____	Fecha de finalización: _____		
Hora de inicio: _____	Hora de finalización: _____		
Tipo de mantenimiento      P <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/>			
P: Preventivo      C: Correctivo      I: Instalación      V: Verificación.      X :Selección			

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO						
Estado inicial de equipo:						
Pruebas:						
Alimentación eléctrica	Pasa	Falla	N/A	Observaciones		
Estado cableado del equipo						
Estado estructura física						
Accesorios:      SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>						
Cant.	ITEM	B	R	M	N/P	Observaciones

N/A: No aplica      B: Bueno      R: Regular      M: Malo      N/P: No posee      X: Selección

	<b>FORMATO REPORTE DE MANTENIMIENTO</b>		
	F-GTF-038	Versión: 01	Fecha última revisión: 18/05/2022
<b>ELABORÓ / ACTUALIZÓ:</b> Coordinador de Metrología	<b>REVISÓ:</b> Dirección Nacional de Mejoramiento Continuo	<b>APROBÓ:</b> Dirección Nacional de Mejoramiento Continuo	

VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS					
Parámetro	Patrón	Medido [dB]	Parámetro	Patrón	Medido
Parámetro	Patrón	Medido [dB]	Parámetro	Patrón	Medido

Trabajo realizado:

Observaciones:

CORRECTO FUNCIONAMIENTO:       REQUIERE RETIRO:

REQUIERE REPUESTOS:       SE RECOMIENDA BAJA:

INSUMOS REQUERIDOS				
Cant.	REF/SN	Nombre del bien	Marca	Observaciones

N/A: No Aplica      N/R: No reporta

AUDIOCOM	<b>FORMATO REPORTE DE MANTENIMIENTO</b>		
	F-GTF-038	Versión: 01	Fecha última revisión: 18/05/2022
Página 1 de 1			
<b>ELABORÓ / ACTUALIZÓ:</b> Coordinador de Metrología	<b>REVISÓ:</b> Dirección Nacional de Mejoramiento Continuo	<b>APROBÓ:</b> Dirección Nacional de Mejoramiento Continuo	

<b>PROFESIONAL ENCARGADO</b> FIRMA  _____ NOMBRE: _____ CARGO: _____	<b>COORDINADOR ENCARGADO</b> FIRMA  _____ NOMBRE: _____ CARGO: _____ FECHA: _____
---	---



## Anexo 2. Informe de indicadores de gestión de mantenimiento.

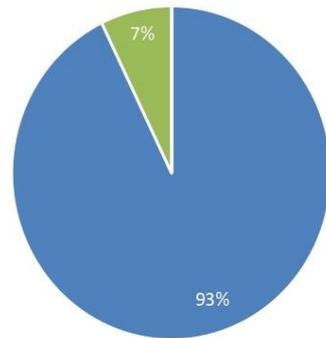


### REPORTE DE TICKETS

#### ÁREA DE METROLOGÍA

1 julio 2022 hasta 25 noviembre 2022

#### INDICADORES DE CONTROL POR ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO



Total de órdenes de trabajo

**333**

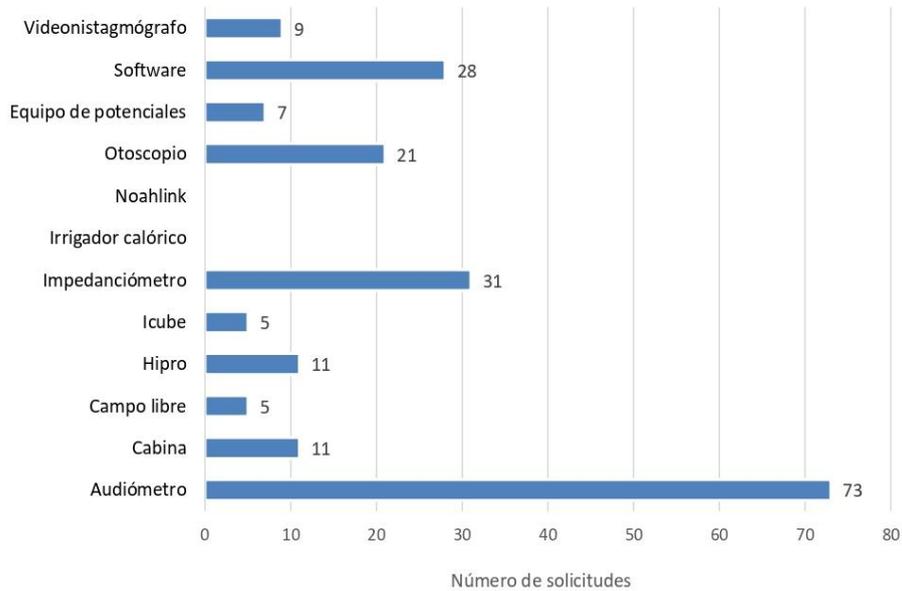
Estado de órdenes de trabajo correctivas

●	309	Cerrado
●	24	En curso (asignada)
●	0	En espera
●	0	Reasignado

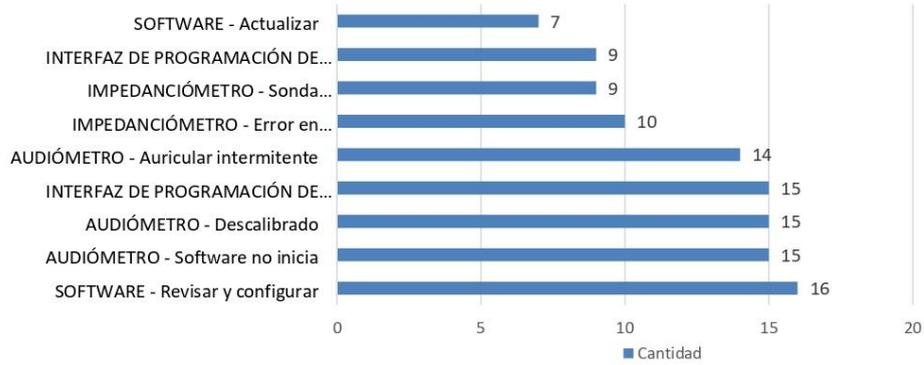
**92,79 %**  
✔ Porcentaje de cumplimiento

**7**  
🕒 Días de respuesta promedio

#### Número de órdenes por equipo

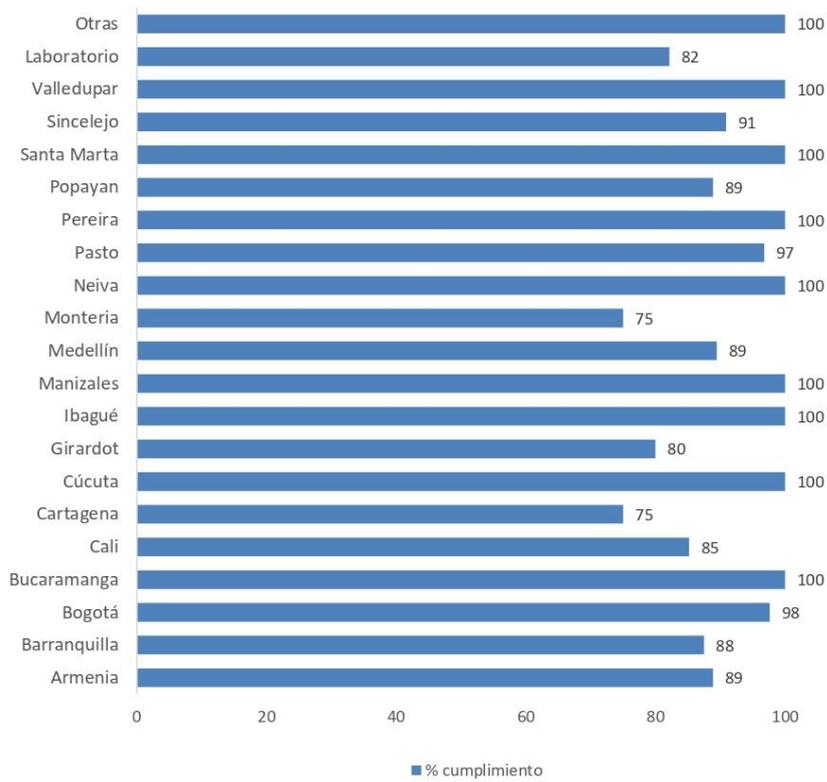


### Top 10 de categorías más recurrentes

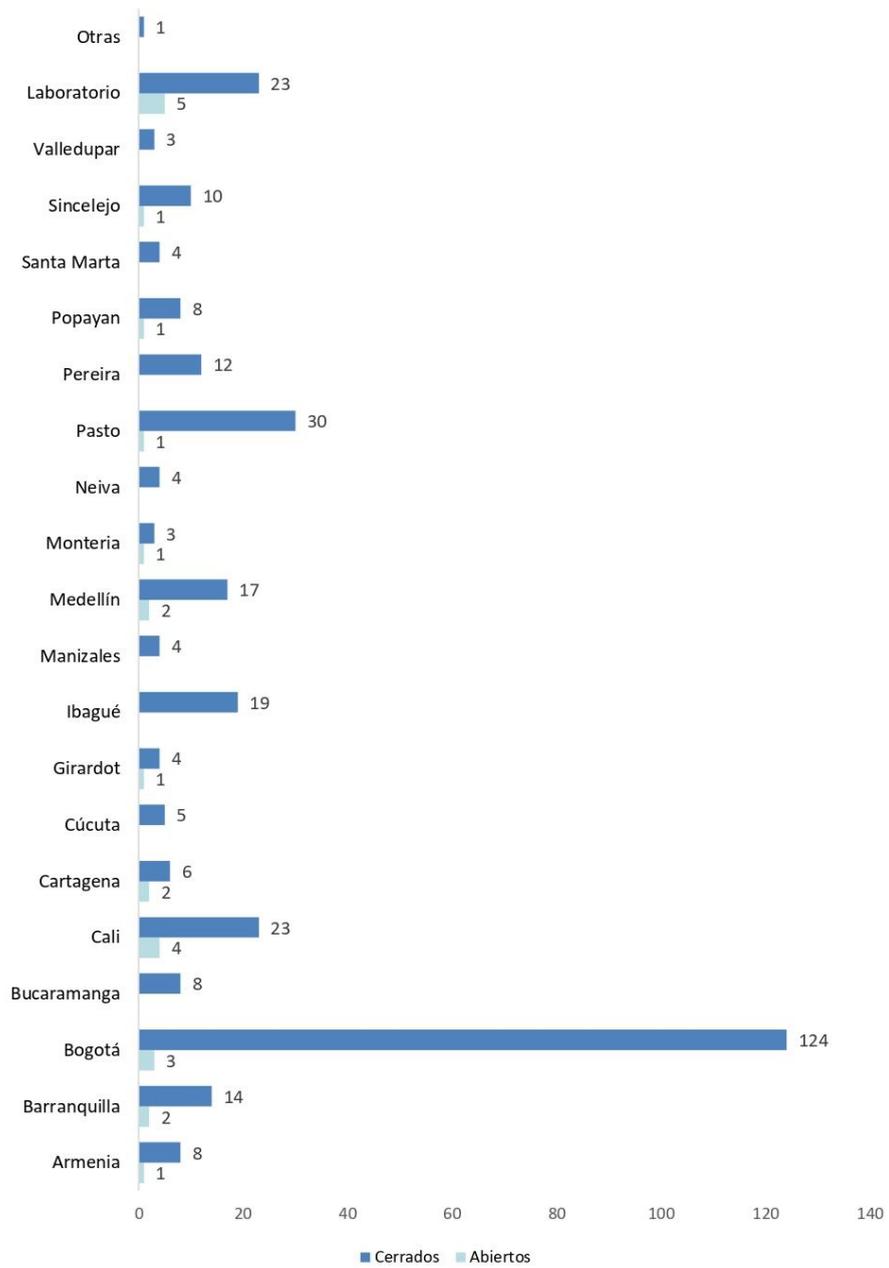


Número de órdenes con categoría no descrita **90**

### Porcentaje de cumplimiento por sede

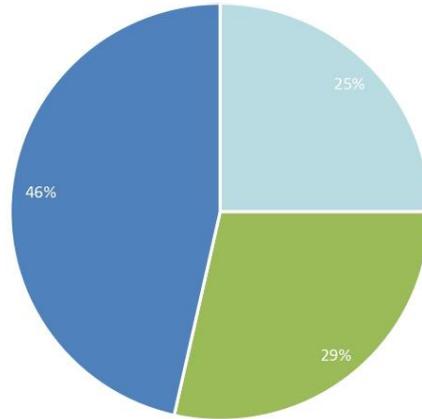


### Número de solicitudes generador por sede



## INDICADORES DE MANO DE OBRA

### MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS

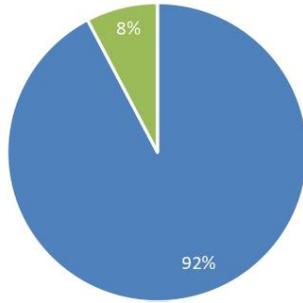


Técnico	Cumplimiento [%]	Días promedio de cumplimiento
● Sergio Arturo Triana Rodríguez	91	7
● Manuel Jaime Benavides Céspedes	89	11
● Laura Nataly Martínez Montaña	96	4

**INDICADORES DE CONTROL POR ACTIVIDADES DE ABASTECIMIENTO, COMPRA Y CONTRATACIÓN**

Total de solicitudes de insumos

**104**



Estado de órdenes de solicitudes

- 96 Cerrado
- 8 En curso (asignada)
- 0 En espera
- 0 Reasignado(En curso)

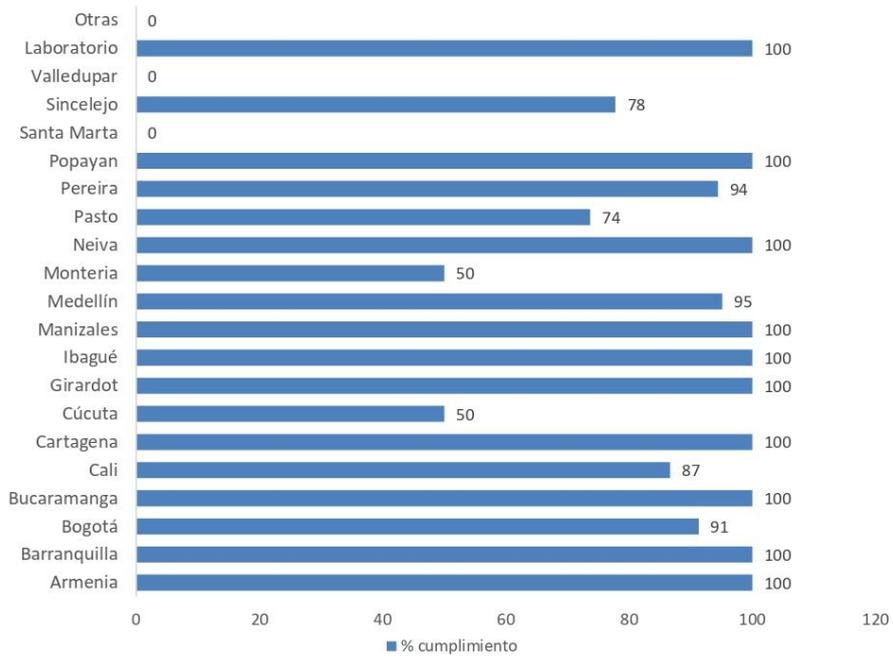
**92,31** %

✓ **Porcentaje de cumplimiento**

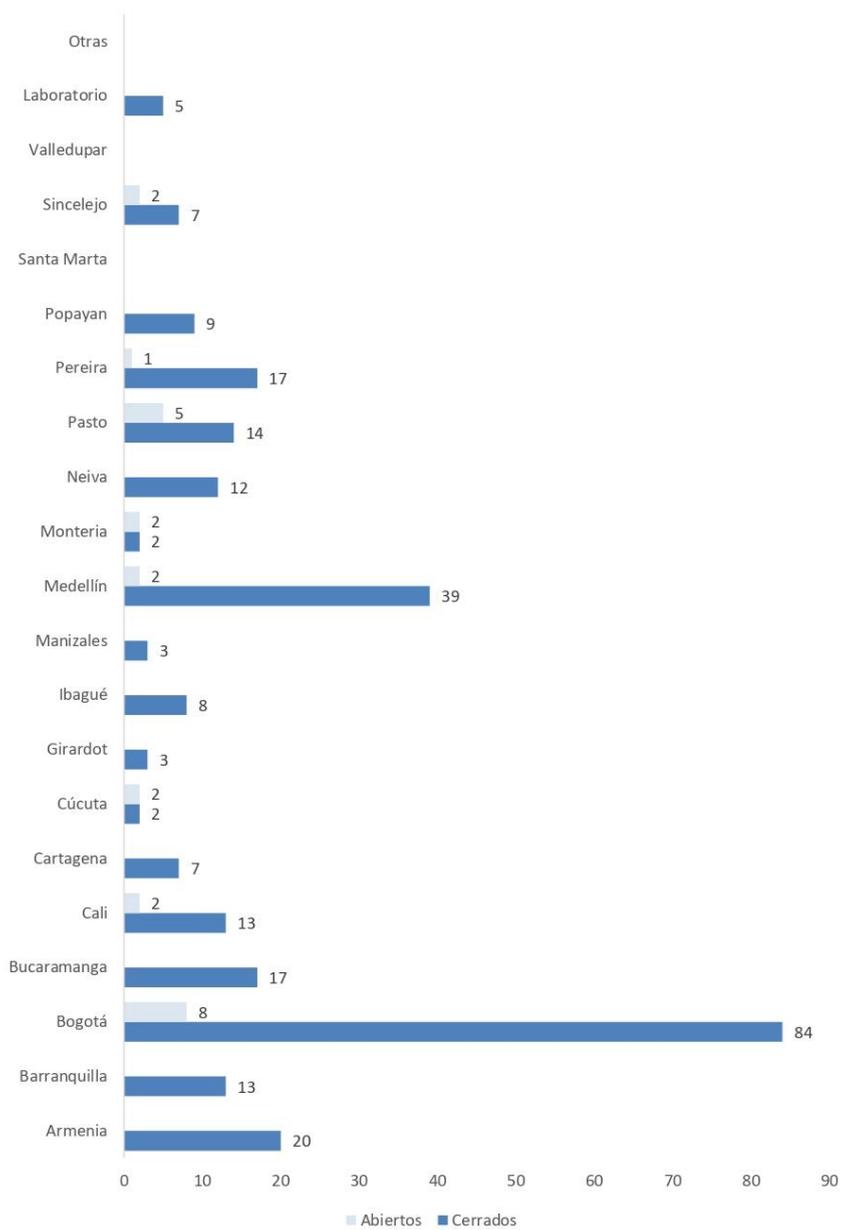
**10**

🕒 **Días de respuesta promedio**

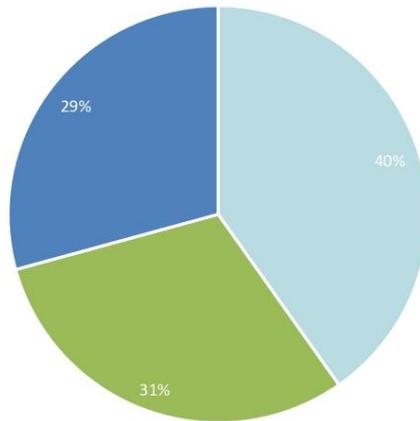
**Porcentaje de cumplimiento por sede**



### Número de solicitudes generador por sede



**INDICADORES DE CONTROL DE LA MANO DE OBRA**  
**SOLICITUDES DE INSUMOS**



Técnico	Cumplimiento [%]	Días promedio de cumplimiento
● Sergio Arturo Triana Rodríguez	92	6
● Manuel Jaime Benavides Céspedes	93	16
● Laura Nataly Martínez Montaña	92	4