

Propuesta de mejoramiento en la gestión del mantenimiento para mitigar los tiempos de parada de los equipos biomédicos en una institución prestadora de salud de Bogotá.

Caso de estudio: Salas de cirugía.

Ing. Zulma Yizeth Castañeda Quiroga

Ing. Geraldine Comba Daza

Ing. Andrés Camilo Rodríguez Ávila

Universidad ECCI

Dirección De Posgrados

Especialización En Gerencia De Mantenimiento

Bogotá, D.C.

2022

Propuesta de mejoramiento en la gestión del mantenimiento para mitigar los tiempos de parada de los equipos biomédicos en una institución prestadora de salud de Bogotá.

Caso de estudio: Salas de cirugía.

Trabajo de investigación desarrollado para Optar Al Título De Especialistas En Gerencia De Mantenimiento.

Ing. Zulma Yizeth Castañeda Quiroga Cód. 67450

Ing. Geraldine Comba Daza Cód. 66391

Ing. Andrés Camilo Rodríguez Ávila Cód. 59442

Director:

Ing. Fred Geovanny Murillo Rondón

Universidad ECCI

Dirección De Posgrados

Especialización En Gerencia De Mantenimiento

Bogotá, D.C.

2022

TABLA DE CONTENIDO

1	TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN	5
2	PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	5
2.1	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	5
2.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
2.3	SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
3	OBJETIVOS	7
3.1	OBJETIVO GENERAL:	7
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	8
4	JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN	8
4.1	JUSTIFICACIÓN	8
4.2	DELIMITACIÓN.....	10
4.3	LIMITACIONES	10
5	MARCOS DE REFERENCIA	11
5.1	ESTADO DEL ARTE.....	11
5.2	MARCO TEÓRICO.....	23
5.3	MARCO NORMATIVO Y LEGAL.....	33
6	MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN	38
6.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	38
6.2	POBLACIÓN	38

6.3	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
6.4	FUENTES DE INFORMACIÓN	39
6.5	METODOLOGÍA	40
7	RESULTADOS	43
7.1	ANÁLISIS COMPARATIVO DE MODELOS DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	43
7.2	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE MODELO DE MANTENIMIENTO DE IPS DE BOGOTÁ.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
7.3	IDENTIFICACIÓN DE LAS OPORTUNIDADES DE MEJORA PARA REDUCCIÓN DE TIEMPOS DE PARADA EN LOS EQUIPOS BIOMÉDICOS	65
7.4	PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE MODELO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS DE UNA IPS DE BOGOTÁ	66
8	CONCLUSIONES.....	79
9	RECOMENDACIONES	80
10	BIBLIOGRAFÍA.....	83

1 Título de la investigación

Propuesta de mejoramiento en la gestión del mantenimiento para mitigar los tiempos de parada de los equipos biomédicos en una institución prestadora de salud de Bogotá.

Caso de estudio: Salas de cirugía.

2 Problema de la investigación

2.1 Descripción del problema

En Colombia las instituciones prestadoras de salud se clasifican por diferentes niveles de complejidad, así mismo cada uno de sus servicios deben cumplir con la normatividad vigente estableciendo un plan de mantenimiento para garantizar el perfecto funcionamiento de los equipos médicos, asegurando la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.

En una Institución Prestadora de salud ubicada en Bogotá, se evidenció un alto impacto en el área de salas de cirugía por el tiempo de parada de los equipos biomédicos de alta complejidad, lo anterior generado por diversos procesos desde el diagnóstico de los equipos hasta los procesos de importación de repuestos, afectando la prestación de servicios reduciendo los ingresos económicos. Teniendo en cuenta que en una sala de cirugía se tienen aproximadamente 15 equipos biomédicos, donde los de mayor criticidad son: Máquina de anestesia, mesa de cirugía, intercambiador de calor, monitor multiparámetros e intensificador de imagen. Sin importar criticidad de los equipos todos son de vital importancia para la prestación de servicio según lo establecido por la resolución 3100 de 2019 de habilitación, ya que esta Resolución tiene como objetivo

definir las condiciones de inscripción de los prestadores de servicios de salud, por este motivo deben ser evaluados los tiempos de parada.

Lograr el correcto funcionamiento de los equipos o ejercer un buen mantenimiento puede evitar pérdidas de dinero por implicaciones de cambio de piezas o reparaciones complejas, la intención es que estos equipos cumplan los requerimientos necesarios para que los médicos realicen una labor impecable en el tratamiento de enfermedades o de diagnóstico. De igual manera esto puede afectar la seguridad de los pacientes, desde el diagnóstico de los mismos, dando resultados defectuosos, generando algún evento o incidente adverso. Lo ideal es minimizar los riesgos para que el paciente no se vea afectado.

2.2 Planteamiento del problema

De acuerdo a la descripción del problema mencionada anteriormente se plantea la siguiente pregunta:

¿Cuál es el modelo de gestión de mantenimiento adecuado para reducir los tiempos de parada en equipos críticos de salas de cirugía?

2.3 Sistematización del problema

- 2.3.1 ¿Cuáles es el modelo de gestión de mantenimiento existentes la IPS de Bogotá?
- 2.3.2 ¿Qué diferencias o similitudes tienen los modelos de gestión de mantenimiento de una institución prestadora de salud a los establecidos por teóricamente, para minimizar los tiempos de parada en los equipos biomédicos de salas de cirugía?
- 2.3.3 ¿Cuáles son las oportunidades de mejora en el modelo de gestión de mantenimiento utilizado para poder minimizar riesgos e impactos de los tiempos de parada en los equipos biomédicos?
- 2.3.4 ¿Cuál es la propuesta de modelo de gestión de mantenimiento que permite mitigar los tiempos de parada, siendo rentable para una IPS?

3 Objetivos

3.1 Objetivo general:

Desarrollar la propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento, para mitigar los tiempos de parada de los equipos biomédicos críticos, en el área de salas de cirugía de una institución prestadora de salud de la ciudad de Bogotá.

3.2 Objetivos específicos:

- 3.2.1 Recopilar y analizar información del modelo de gestión de mantenimiento de una institución prestadora de salud de la ciudad de Bogotá.
- 3.2.2 Comparar los modelos de gestión de mantenimiento de una Institución Prestadora de salud frente a los establecidos teóricamente, determinando cual se ajusta más a las necesidades del servicio de salas de cirugía para minimizar los tiempos de parada en los equipos biomédicos.
- 3.2.3 Identificar las oportunidades de mejora para un modelo de gestión de mantenimiento, que reduzca los tiempos de parada en los equipos biomédicos.
- 3.2.4 Realizar propuesta de modelo de gestión de mantenimiento, la cual sea rentable y permita mitigar los tiempos de parada de los equipos biomédicos críticos, en el área de salas de cirugía de una IPS.

4 Justificación y delimitación

4.1 Justificación

En las instituciones prestadoras de salud de Bogotá se suele evidenciar una baja calidad en el servicio, una de las razones es la inoperatividad de los equipos que reduce la capacidad de atención a los usuarios, esto sucede por varias razones tales como: falta de mantenimiento preventivo, uso indebido de los equipos, equipos obsoletos y planeación inadecuada del presupuesto.

En muchos casos los empleados de las empresas no se encuentran suficientemente capacitados para operar los equipos generando daños en los mismos. Existen equipos muy sensibles que se pueden averiar mientras se realiza una limpieza, estos daños además

de retrasar el servicio prestado a los usuarios, generan costos que pueden ser altos dependiendo del equipo en cuestión y del daño.

Los usuarios de los centros de salud de Bogotá suelen quejarse por la demora en el servicio, pero muchas veces no contribuyen a la mejora de este. Se tienen casos en los que los usuarios colapsan el área de urgencias llegando con varios acompañantes y presentándose a la sala sin una razón lo suficientemente valedera para utilizar el servicio, quitándole la posibilidad a pacientes que realmente lo necesitan. De igual forma optimizando los procesos de gestión de mantenimiento la demora en la atención podría disminuir, reduciendo la desaprobación de los usuarios y minimiza la mortalidad en las salas de cirugía por equipos en mal estado.

Los procesos legales generados por el mal servicio que se presta generan numerosas pérdidas, ya que para estos se deben contratar especialistas en la materia y dependiendo de los fallos así mismo será el costo de las indemnizaciones. Tener las salas de cirugía no disponibles refleja en la facturación una disminución representativa que afecta directamente las utilidades de la compañía.

Por último, pero no menos importante se tiene el tema de salud, tanto de los empleados como de los usuarios, existen casos donde la negligencia de los colaboradores de la compañía tiene como consecuencia la pérdida de la vida o afectaciones permanentes a la salud a los usuarios. El área de Salud y Seguridad en el trabajo (SST) debe apoyar la operación buscando la mejora continua en temas de seguridad y riesgo; con el apoyo de todas las áreas, de tal forma que el área de SST conozca y entienda cada uno de los procesos para identificar los riesgos.

4.2 Delimitación

Los datos considerados para la realización del presente trabajo serán enmarcados dentro del periodo mayo a noviembre del 2022, considerando como temática principal la elaboración de una propuesta de mejoramiento de un modelo de gestión mantenimiento enfocado a los equipos biomédicos críticos del área de salas de cirugía, a partir de la comparación de los modelos presentes en la teoría frente al que se utiliza en una Instituciones Prestadoras de Salud de la ciudad de Bogotá.

4.3 Limitaciones

En lo que corresponde a las limitaciones, de la propuesta de implementación del modelo de gestión de mantenimiento biomédico se puede citar las siguientes:

- **Tiempo:** Corto periodo para plantear la propuesta, por lo cual se debe delimitar los equipos a estudiar.
- **Normativa:** Las instituciones prestadoras de salud a estudiar no permiten la divulgación de la información debido a que está asociada a pacientes o procesos dentro de su funcionamiento.
- **Cultural:** La normatividad colombiana no se cumple a cabalidad, por este motivo se considera flexible en cuanto al cumplimiento, ya que buscan más la atención que la seguridad del paciente, debido a la alta demanda de salud.

5 Marcos de referencia

5.1 Estado del arte

5.1.1 Sistema para la gestión del servicio de mantenimiento en el área biomédica hospitalaria.

La tesis documenta “sistema para la gestión del servicio de mantenimiento en el área biomédica hospitalaria” elaborada por el estudiante Lorenzo Eduardo Miranda Vázquez del área de Ingeniería en computación. Evidencia que la tecnología médica contribuye a la prevención de enfermedades y permite limitar el impacto de las mismas. Es también la principal herramienta del diagnóstico a fin de obtener los signos clínicos que permitan identificar la naturaleza, causa y extensión de un evento patológico.

Asimismo, contribuye al tratamiento por restauración, mejoramiento o sustitución de las funciones fisiológicas y corporales, Contribuye a disminuir el periodo de enfermedad o recuperación, previene el deterioro y reduce el dolor, garantizando el disfrute de una adecuada calidad de vida. Existen gran variedad y cantidad de ejemplos que demuestran como la medicina moderna, apoyada por la tecnología, ha logrado extender su poder de observación, manipulación y control (Miranda Vazquez, 2014), es importante analizar como la tecnología médica hoy cumple un papel importante para garantizar una óptima atención a los pacientes mitigando los eventos e incidentes adversos

5.1.2 Propone una mejora en la gestión del mantenimiento de equipos médicos del área de medicina física y rehabilitación de una clínica.

En el año 2018 las estudiantes Tanira Jacqueline Machaca y Miranda Rossana Fabiola Portugal Mendiguri, “Propone una mejora en la gestión del mantenimiento de equipos médicos del área de medicina física y rehabilitación de una clínica “, donde

indican que generalmente el mantenimiento en una empresa no es considerada tan importante hasta que ocurre una falla o avería, esto porque empieza a generar costos innecesarios y paradas de producción. Debido a ello es que se debe considerar 3 aspectos importantes, la disponibilidad, la confiabilidad y la operatividad de los equipos médicos. (Machaca Miranda & Portugal Mendigur, 2018). Las necesidades de un plan mantenimiento acorde a los requerimientos de una institución prestadora de salud se ven reflejadas al observar una disminución de falla o incidentes relacionados con la tecnología médica.

5.1.3 Propuesta de un sistema de gestión mantenimiento de equipos biomédicos en un hospital en el valle del cauca.

En el año 2017 las estudiantes Ana María Cabrera López y Lina Sofía Gómez Bolívar presentan la tesis “Propuesta de un sistema de gestión mantenimiento de equipos biomédicos en un hospital en el valle del cauca” para la universidad del Valle, en su investigación buscan proponer un sistema de gestión de mantenimiento biomédico en el Hospital Departamental San Rafael, ubicado en Zarzal, Valle del Cauca, esto mediante un análisis del estado actual del sistema de mantenimiento que maneja la institución, a partir de esto plantean una propuesta de mejora respecto al sistema de gestión de mantenimiento realizando una validación de lo planteado para analizar el costo beneficio y evidenciar el impacto económico que tendría el centro hospitalario mediante la aplicación de esta. En este caso el que implementaron fue el TPM, basado en los pilares utilizados de soporte para tomar un correcto direccionamiento y paso a paso de su implementación y permitiendo el efectivo cumplimiento de sus objetivos. A partir de esta propuesta se observa un aumento en el 88.23% de los equipos abarcados por el

planteamiento propuesto teniendo en cuenta de que los únicos dos equipos que no obtuvieron unos datos de ganancia en su nivel de servicio pertenecen a las áreas de Sala de Partos y Hospitalización respectivamente. (Cabrera López & Gómez Bolívar, 2017). El trabajo citado es de vital importancia puesto que brinda otra panorámica, debido a que debemos tener en cuenta todos los métodos existentes para el mejoramiento de algún proceso.

5.1.4 Caracterización del proceso de la gestión tecnológica en los equipos biomédicos disponibles en el servicio de cirugía de una institución de salud de alta complejidad de Bucaramanga.

En el año 2019 Bárbara Milena Puello Villamizar, presento la tesis “Caracterización del proceso de la gestión tecnológica en los equipos biomédicos disponibles en el servicio de cirugía de una institución de salud de alta complejidad de Bucaramanga” para la universidad de Santander, en su proyecto busca caracterizar el proceso de gestión tecnológica mediante un levantamiento de inventario que le permita definir la complejidad de cada uno de los equipos biomédicos, para darles prioridad según el riesgo hacia el paciente, aplicando esta herramienta de caracterización en el servicio de salas de cirugía en una entidad prestadora de salud de tercer nivel. (Puello Villamizar, 2019). Este trabajo es muy útil debido a que es importante la clasificación de los equipos biomédicos según su complejidad y si son invasivos o no invasivos en el paciente.

5.1.5 Caracterización del proceso de la gestión tecnológica en los equipos biomédicos disponibles en el servicio de cirugía de una institución de salud de alta complejidad de Bucaramanga.

El artículo “Manual para la gestión del mantenimiento correctivo de equipos biomédicos en la fundación valle del Lili”, realizado por D.F Primero, J.C Díaz, L.F García, A. González, el cual fue publicado el diciembre 2015 nos indica que la gestión de mantenimiento es un elemento de gran apoyo en la dirección, control y manutención de la tecnología biomédica en el entorno hospitalario. Esta nos permite aumentar la calidad de los servicios prestados y maximizar la relación costo-beneficio en el funcionamiento del hospital, asimismo el mantenimiento correctivo, es significativamente más costoso que el mantenimiento preventivo, debido a las limitaciones de tiempo que obligan a tomar decisiones con poca planeación. (Primero, Diaz, García, & González, 2015). Este artículo nos contribuye en gran cantidad debido a que los tiempos de parada en la institución van ligados también a los mantenimientos correctivos bien sea por un diagnóstico, repuesto o reparación por lo cual el manual que desarrollaron de referencia para la Fundación Valle del Lili es un referente para nosotros, con el fin de estandarizar y protocolizar las labores de mantenimiento correctivo en una Institución Prestadora de Salud de la ciudad de Bogotá.

5.1.6 Sistema Automatizado de gestión de mantenimiento de equipos biomédicos.

Según el artículo realizado por Andrés Lozada, Brayan García, Oscar Duque, el cual fue publicado en el año 2021, titulado “Sistema Automatizado de gestión de mantenimiento de equipos biomédicos”, el cual tiene como propósito El desarrollo del sistema automatizado de mantenimiento se realizará para solventar la necesidad de tener

una documentación digital de cada gestión de mantenimiento de los equipos biomédicos a los que se realiza mantenimiento. Dicha gestión de mantenimiento de equipos biomédicos es de gran importancia ya que por medio de este se puede saber dentro de que periodo se debe realizar mantenimiento (bien sea correctivo o preventivo) a los equipos biomédicos que están en constante uso, esto con la finalidad de que estos instrumentos funcionen correctamente. La funcionalidad de este sistema es contener información acerca de cada equipo biomédico registrado, de esta forma el usuario tendrá acceso a cada documento del equipo biomédico, como gestión de mantenimiento, cronogramas de mantenimiento, entre otros., para el acceso a dicha documentación cada aparato contiene una codificación segura la cual al ser escaneada llevará (por medio del software) a todos los documentos mencionados anteriormente del equipo biomédico. (Lozada Valdés, García Peña, & Duque Suarez, 2021), este artículo es importante debido a que la documentación de los equipos biomédicos debe estar al día, cumpliendo con su cronograma de mantenimiento y la normatividad vigente, donde se almacene la documentación de adquisición del equipo y todo mantenimiento que se le ejecute, tenerlo de manera digital es de gran utilidad, ya que es más fácil para acceder a la información y contribuimos con el cuidado del medio ambiente al no diligenciar los reportes en papel.

5.1.7 “Modelo referencial de la gestión del mantenimiento de equipos biomédicos para instituciones hospitalarias nivel 3 en Colombia.

Según el trabajo de grado titulado “Modelo referencial de la gestión del mantenimiento de equipos biomédicos para instituciones hospitalarias nivel 3 en Colombia”, desarrollado por María José Hurtado Martínez en el año 2022, desarrollaron un sistema de referenciación en gestión de mantenimiento de equipos biomédicos para

instituciones de nivel 3 de Colombia, mediante el cual determinaron los indicadores de gestión de mantenimiento, con el fin de establecer la metodología para el manejo y solicitud de la información de una IPS, realizando una prueba piloto en la Fundación Valle del Lili. (Hurtado Martínez , 2022). Teniendo en cuenta este proyecto se puede evidenciar que el modelo del sistema de referenciación utilizado a partir del Benchmarking, se verifica que no es posible resolver todos los problemas presentados en las instituciones, sino que sirve como sistema de apoyo para la identificación y evaluación de prácticas de gestión de mantenimiento, por lo cual podríamos tomar como referencia y realizar modificaciones con el fin de poder resolver la mayor cantidad o toda la problemática de una IPS de Bogotá en cuanto a la gestión de mantenimiento en los tiempos de parada de los equipos biomédicos.

5.1.8 Gestión de mantenimiento y la eficiencia de los equipos biomédicos en la unidad de cuidados intensivos de un establecimiento de salud nivel ii-2 de la región callao, período 2018-2019.

Según la tesis titulada “gestión de mantenimiento y la eficiencia de los equipos biomédicos en la unidad de cuidados intensivos de un establecimiento de salud nivel ii-2 de la región callao, período 2018-2019”, realizada por Juan Gabriel Carbajal rodríguez y Jorge Luis Chuman Piscocya en el año 2019, establecieron la necesidad de realizar un sistema de gestión de mantenimiento que se relaciona con la eficiencia de los equipos biomédicos en la Unidad de Cuidados Intensivos de un establecimiento de salud nivel II-2 de la Región Callao, período 2018-2019. La de gestión de mantenimiento, contribuye a sostener la calidad de los equipos biomédicos en un estado óptimo, permitiendo al personal como a los establecimientos de salud retribuir la atención beneficiaria y

desarrollar la competitividad en la variedad de sus servicios que ofrecen (Carbajal Rodríguez & Chuman Piscocya, 2019). Es importante observar cómo se relaciona la gestión de mantenimiento con la eficiencia de los equipos biomédicos ya que contando con un modelo de gestión de mantenimiento se pueden evaluar diferentes variables que puedan afectar al activo disminuyendo la vida útil del mismo.

5.1.9 Evaluación de la gestión del mantenimiento en hospitales del instituto ecuatoriano de seguridad social de la zona 3 del Ecuador.

Según el artículo realizado por Mayra Viscaíno Cuzco, Sergio Villacrés Parra, César Gallegos-Londoño y Hernán Negrete Costales, titulado “Evaluación de la gestión del mantenimiento en hospitales del instituto ecuatoriano de seguridad social de la zona 3 del Ecuador” En el área industrial se exige un alto desempeño de las máquinas para evitar pérdidas económicas; sin embargo, si se presentan fallos en la infraestructura hospitalaria pueden acarrear consecuencias inestimables porque involucra la vida humana. Un hospital es una estructura compleja compuesta por equipos médicos, industriales y una infraestructura multiforme, que sustenta la prestación de los servicios de salud y por su importancia se requiere que los equipos médicos no presenten fallos imprevistos en su funcionamiento, que la infraestructura proporcione un entorno salubre y seguro como recurso indispensable con el que cuentan los médicos para asegurar una buena atención a los pacientes, generar diagnósticos correctos e inclusive salvaguardar la vida de los mismos. (Viscaíno Cuzco, Villacrés Parra, Gallegos Londoño, & Negrete Costales, 2019). En este trabajo se evalúan las necesidades de implementar un sistema de gestión de mantenimiento teniendo en cuenta factores como: Recursos humano capacitado, herramientas necesarias, manejo de inventario, planificación, control económico y

mantenimiento correctivo, considerándolos fundamentales para determinar las necesidades de las instituciones evaluadas con el fin de proponer un sistema de gestión de mantenimiento acorde a lo requerido.

5.1.10 Gestión de activos hospitalarios: seguridad y efectividad clínica.

En el artículo “Gestión de activos hospitalarios: seguridad y efectividad clínica” elaborada por César Alejandro Buriticá, establece que el manejo de los activos es esencial para que funcione de manera adecuada una entidad hospitalaria porque va más allá del mantenimiento que se le debe aplicar a cada equipo. Los procesos de estandarización integran acciones que van desde la misma creación de la necesidad del equipo, su compra, montaje, mantenimiento, reparación y disposición final. En el sector salud estos tratamientos son más rigurosos porque son regulados por entidades como el Ministerio de Salud y Protección Social, el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos, INVIMA, las secretarías de Salud departamentales y municipales, entre otros. (Buriticá, 2014). Desde una buena gestión, regulación y mantenimiento se podrá proporcionar una confiabilidad en los activos, se evaluarán necesidades tanto como adquisición de nueva tecnología, deterioro de activo, inversión y necesidades del mismo. Esto con el fin de garantizar que las instituciones prestadoras de salud cumplan con los activos necesario para su funcionamiento y que estos están en condiciones óptimas, garantizado una atención acorde a las necesidades del paciente.

5.1.11 Sistema de Gestión de Mantenimiento Integral en el Centro Quirúrgico del Hospital General Docente Ambato.

En la tesis titulada “Sistema de Gestión de Mantenimiento Integral en el Centro Quirúrgico del Hospital General Docente Ambato”, elaborada por Ortiz Christian Ortiz y

Víctor Espín. Para desarrollar un Sistema de Gestión de Mantenimiento dentro del Centro Quirúrgico de un Hospital, se requiere aplicar una inspección inicial, la misma que permite obtener como resultados, el establecimiento de un mapa de procesos del entorno evaluado, un flujograma con las operaciones en las que se encuentra involucrado en el Centro Quirúrgico y las fichas que exponen la situación actual de los equipos involucrados en el estudio y que conforman el inventario inicial. Sobre los equipos que se han identificado se emplea como metodología para determinar su nivel de criticidad el algoritmo de Fennigkoh y Smith que hace factible seleccionar un inventario prioritario de mantenimiento, además de que una modificación del algoritmo establecida en el Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud en el 2015, permite definir las frecuencias de mantenimiento adecuadas para los equipos, estableciendo con la aplicación de dicha información un Plan General de Mantenimiento Preventivo. En conjunto con el plan se definen las actividades a realizarse a través de instructivos de mantenimiento para los equipos según su función, así como procedimientos para el adecuado desarrollo de las actividades de mantenimiento y para el seguimiento y control de los resultados obtenidos de aplicar el Sistema de Gestión de mantenimiento desarrollado. (Espín & Ortiz, 2015). Según lo planteado en la tesis es importante utilizar un software de gestión de mantenimiento, permitiendo a la institución llevar un control de los equipos biomédicos estableciendo niveles de criticidad y seguimiento al historial de actividades desarrolladas a cada equipo.

5.1.12 Plan de mantenimiento preventivo para las áreas de emergencia, clínica, esterilización, colposcopia e imagenología en el Hospital General Riobamba-IESS, aplicando estándares de la Organización Mundial de la Salud.

Según el artículo titulado “Plan de mantenimiento preventivo para las áreas de emergencia, clínica, esterilización, colposcopia e imagenología en el Hospital General Riobamba-IESS, aplicando estándares de la Organización Mundial de la Salud” elaborado por Joselyn Fernanda Hinojosa Muñoz y Kerly Rocío Chárig Hidalgo. El análisis de criticidad es una herramienta que permite identificar y jerarquizar los activos de una instalación según su importancia en los procesos productivos y sobre los cuales se dirigirán recursos. Dicho de otra manera, con el análisis de criticidad se ayuda a determinar la importancia y las consecuencias de los eventos de fallos de los activos dentro del contexto operacional en el cual se desempeñan su función.

Equipo crítico. Son aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados del hospital.

Equipos importantes. Son aquellos equipos cuya parada, avería o mal funcionamiento afecta al hospital, pero las consecuencias son asumibles.

Equipos prescindibles. Son aquellos con una incidencia escasa en los resultados. Como mucho, supondrán una pequeña incomodidad, algún pequeño cambio de escasa trascendencia, o un pequeño coste adicional. (Hinojosa Muñoz & Charig Hidalgo , 2018). Identificar la criticidad de los equipos para así mismo plantear un plan de contingencia con el fin de disminuir los tiempos de para de los equipos ayudando brindar una atención oportuna a los pacientes y disminuir perdidas de la institución.

5.1.13 Manual de Gestión de mantenimiento del equipo biomédico.

El manual documentado “Manual de Gestión de mantenimiento del equipo biomédico” elaborado por Ernesto Rodríguez, Fabiola Obando, María Sánchez, Paulo Calvo, Adolfo Ordóñez, Stephanie Ordoñez y Julián Villa presentado en el año 2016 nos presenta un compendio de guías y manuales, que facilitan el cumplimiento de las normas exigidas por el ministerio de Salud Nacional, teniendo en cuenta el riesgo para el paciente, personal médico y también el área de ingeniería en el desarrollo, control y dirección de un Programa de Mantenimiento para el equipo médico, con el objetivo de contribuir a una operación segura de la tecnología instalada con el máximo de prestaciones a un costo efectivo. (Rodríguez Denis, y otros, 2016). Este manual es de gran utilidad, debido a que se debe cumplir la normatividad vigente colombiana, teniendo en cuenta la seguridad del paciente y del personal asistencial para mitigar los eventos adversos serios o no serios, de igual manera que ocurra algún incidente con el personal de ingeniería.

5.1.14 Desarrollo de una aplicación móviles para el área de ingeniería biomédica que permite agilizar y mejorar las rutinas de vigilancia activa.

La tesis documentada “Desarrollo de una aplicación móviles para el área de ingeniería biomédica que permite agilizar y mejorar las rutinas de vigilancia activa.” Desarrollada por el estudiante Andrés Felipe Niño en el año 2019, desarrollo una aplicación móvil para el área de biomédica, permitiendo mejorar las rutinas de vigilancia activa y diferentes reportes de mantenimiento, aunque se deben realizar mejoras la aplicación fue muy acogida por el personal asistencial y el personal de ingeniería. (Niño González, 2019), es importante recalcar cumplir con la normatividad, entre ellas contar

con todas las rutinas de tecno vigilancia, contar con ellas de manera digital reduce tiempos administrativos, gastos económicos en papelería y mejora el medio ambiente.

5.1.15 Caracterización de la gestión del mantenimiento de equipo.

En el artículo “Caracterización de la gestión del mantenimiento de equipo biomédico en servicios de urgencia de clínicas y hospitales de Medellín en el período 2008-2009” efectúan una serie de encuestas al personal de mantenimiento en once de las entidades prestadoras de servicio de salud, éstas cumplen con unos requisitos para ser clasificad en tercer nivel y pertenecen a la gran red de salud de la ciudad de Medellín. En los resultados de esta encuesta se encontró que la mayor causa de falla en los equipos es por el mal manejo de los mismos por parte de los operarios, lo anterior representado con un 75%. En este artículo también se encuentra que el 70% del mantenimiento realizado a los equipos es generado por personal con experiencia, siendo tecnólogos en mantenimiento de equipos biomédicos o ingenieros biomédicos. En las encuestas también se halla que en las entidades prestadoras de salud cuentan solo con cronogramas de mantenimiento y/o información mínima y desactualizada de los equipos. Y finalmente concluye que los problemas a mejorar son: Mala organización, poca disponibilidad de repuestos originales y falta de capacitación para el personal que opera los equipos. (Cortés Mancera, 2013). En este caso se evidencia un aspecto muy importante en las compañías, y es el tema de la capacitación. Por falta de capacitación el 75% de los equipos fallan, es decir que si se logra implementar un buen programa de capacitación para los operadores fácilmente se podría reducir la falla en los equipos a un 50%. Los resultados también evidencian que personal ajeno al área de mantenimiento está interviniendo los equipos, y peor aún es que probablemente sean personas que no están

capacitadas. En cuanto a los procesos del área de mantenimiento deberían implementar un método de gestión de mantenimiento controlado por indicadores para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

Los proyectos referenciados anteriormente resaltan la importancia de tener en óptimo funcionamiento los equipos biomédicos ya que esto disminuye los tiempos de atención a los pacientes, para dar cumplimiento con esto se evidencian factores contribuyentes a los modelos de mantenimiento como lo son: la disponibilidad, confiabilidad y operatividad de los equipos disminuyendo las fallas o incidentes relacionados con la tecnología médica.

Para el cumplimiento de estos pilares cada institución de salud implementa un modelo de mantenimiento diferente, en una de ellas utilizaron los 8 pilares del TPM, en otros se evidencia que se da prioridad a cada equipo dependiendo del riesgo que tenga hacia el paciente, en otros utilizan el RCM debido al costo beneficio ya que se invierte más en mantenimiento preventivo debido a las limitaciones de tiempo, pero disminuyen las fallas ocasionadas mejorando los tiempos de parada. También se evidencia que se resalta la importancia de capacitación al personal con el fin de mitigar las fallas por mal uso, el uso de un software que permita el almacenamiento de información y así mismo para el desarrollo de actividades, lo cual también es un gran aporte para el desarrollo de este proyecto de grado.

5.2 Marco teórico

5.2.1 Gestión de mantenimiento

La moderna gestión del mantenimiento incluye todas aquellas actividades destinadas a determinar objetivos y prioridades de mantenimiento, las estrategias y las

responsabilidades (Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera, & Crespo, 2013). La gestión de mantenimiento realiza todas las diversas actividades destinadas a determinar objetivos de mantenimiento, estrategias y responsabilidades. Una adecuada gestión de mantenimiento contribuye al ciclo de vida del equipo, reduciendo los costos y asegurando el buen funcionamiento de los equipos.

Por todo ello, la gestión del mantenimiento es un poderoso factor de competitividad cuya importancia en el ámbito empresarial crece día a día. Es por esta razón que existe la necesidad de definir y de entender los procesos necesarios para desarrollar una correcta gestión de mantenimiento en una organización. (Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera, & Crespo, 2013).

Hoy en día la competencia mundial lleva a las organizaciones a incorporar nuevas tecnologías, destinadas a mejorar sus rendimientos, aunque estas nuevas tecnologías son a menudo más difíciles de mantener, y sus averías suelen llegar a ser más costosas y perjudiciales, los gerentes tienden a dar poca atención a cómo las tecnologías más sofisticadas afectan a la función mantenimiento de sus organizaciones.

Lo que lleva a que la función mantenimiento se encuentre ahora inundada por múltiples herramientas, prácticas, que la vuelven más compleja. Las tecnologías de Información (TI) son factores que influyen considerablemente en la gestión del mantenimiento actual y futuro, hoy se entiende entonces, que el mantenimiento de los activos físicos requiere un conjunto de habilidades mejoradas y más sofisticadas con una demanda de conocimientos actualizados continuamente; las soluciones en mantenimiento implican el aumento de la colaboración de expertos para resolver problemas complejos que implican el cambio de los métodos de mantenimiento haciendo indispensable la

colaboración multidisciplinaria de expertos en la toma de decisiones. (Ardila Marín, Ardila Marín, Rodríguez Gaviria, & Hincapié Zuluaga., 2016).

La mayoría de las organizaciones se preocupa por adaptar diversas estrategias para mejorar los procesos como la calidad y el mejoramiento continuo, optimizando los recursos lo cual permite a las organizaciones alcanzar sus metas. La gestión de mantenimiento juega un papel importante en mejorar la eficiencia de una organización ayudando a la continuidad y evitar los costos de tiempos de inactividad. Cuando las actividades de mantenimiento se coordinan bajo esquemas centralizados y planificados, se tienen resultados más óptimos. (Zambrano, Teresa Prieto, & Castillo, 2015).

5.2.2 Mantenimiento

El mantenimiento son todas las actividades que son desarrolladas en orden lógico, con el propósito de conservar en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y económico de los equipos, a medida que avanzan los desarrollos en la tecnología las empresas se vuelven más complejas y con grandes cadenas de producción, por lo cual cada falla o parada de los equipos conlleva grandes pérdidas. La necesidad de planes y control de mantenimiento asegura las condiciones de operación óptima de los equipos.

Mantenimiento Correctivo: Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.

Mantenimiento Preventivo: Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

Mantenimiento Predictivo: Es el que persigue conocer e informar el estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.), cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo.

Un modelo de mantenimiento es una mezcla de todos los tipos de mantenimientos en una proporción determinada adecuada a cada una de las necesidades. Cada equipo necesita una mezcla de tareas definidas. (www.renovetec.com, 2022).

5.2.3 Indicadores de gestión de mantenimiento

Los indicadores de gestión de mantenimiento permiten conocer si se están cumpliendo la misión, objetivos y metas, y esto conforma la filosofía de gestión de las organizaciones, por ello, los indicadores permiten evaluar la gestión. (Zambrano, Teresa Prieto, & Castillo, 2015).

Figura 1
Indicadores de gestión



Nota: Los indicadores de gestión permite analizar la efectividad de las acciones de mantenimiento. Autoría Propia.

Un indicador es definido como relación entre las variables, que permite observar la situación y las tendencias de cambio generadas. Realizar indicadores de gestión permite constatar si el desempeño organizacional es el más adecuado. (Zambrano, Teresa Prieto, & Castillo, 2015). Los indicadores de gestión de mantenimiento son valores numéricos que reflejan la situación y transformación de un departamento de mantenimiento.

- Indicadores que tienen relación con la disponibilidad de la instalación o una parte de ella, definida la disponibilidad como la proporción del tiempo que la instalación está disponible para producir, frente al tiempo total.

- Indicadores que tienen relación con la fiabilidad, es decir, con la posibilidad de que la instalación o una parte de ella sufra una avería inesperada que obligue a parar la producción
- Indicadores que tienen que ver con el coste del mantenimiento.
- Indicadores relacionados con los órdenes de trabajo y su gestión.
- Indicadores relacionados con la gestión de los materiales (repuestos y consumibles de mantenimiento).
- Indicadores relacionados con el personal y con su rendimiento (mantenimiento.renovetec.com, 2022)

Cada uno de ellos da información necesaria para conocer el estado del mantenimiento de los equipos, la gestión que se realiza y la evolución para la toma de decisiones.

5.2.4 Costos de mantenimiento.

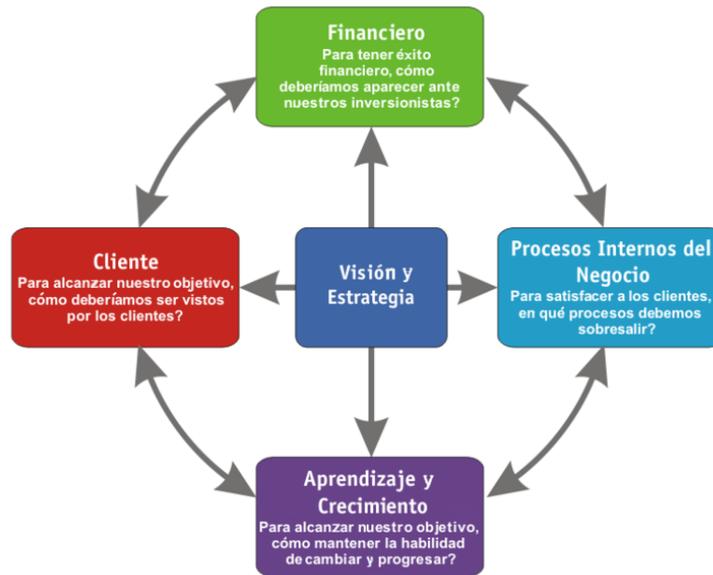
Los costos de mantenimiento engloban tanto la mano de obra dirigida a las labores de mantenimiento como a los materiales que se requieren para cumplir con la actividad, los gastos incluyen: las máquinas, instalación, sección, planta o fábrica.

- Costo de intervenciones o fallos.
- Coste de almacenamiento.
- Coste de sobre inversiones.
- Mano de obra interna o externa.
- Repuestos en almacén o comprados para una intervención.

El modelo de costos de mantenimiento está orientado a sustentar la rápida generación de los indicadores financieros. Pero éstos no son los únicos destinados a la

medición del rendimiento de la función mantenimiento. (Galar, Berges, Lambán, & Tormos, 2014).

Figura 2.
Cuadro de mando integral



Nota: Obtenida de. (lideres4.wordpress.com, 2022)

5.2.5 Instituciones prestadoras de salud

Según la organización panamericana de la salud (OPS). “*El principal objetivo del Departamento de Sistemas y Servicios de Salud es reforzar los sistemas sanitarios basados en la Atención Primaria de Salud, apoyando el avance hacia la cobertura sanitaria universal y el acceso universal a la salud.* (Organización panamericana de la salud, 2022).

Las instituciones Prestadoras de Servicios de Salud (IPS) son las entidades responsables de prestar servicios de salud a la población con altos estándares de seguridad y calidad. Estas instituciones se caracterizan por el uso intensivo de recursos humanos altamente especializados; utilizan tecnologías sofisticadas y de alto valor social;

desarrollan protocolos basados en evidencia que pretende disminuir el riesgo y los costos al sistema; y buscan ser sostenibles social, medio ambiental y financieramente.

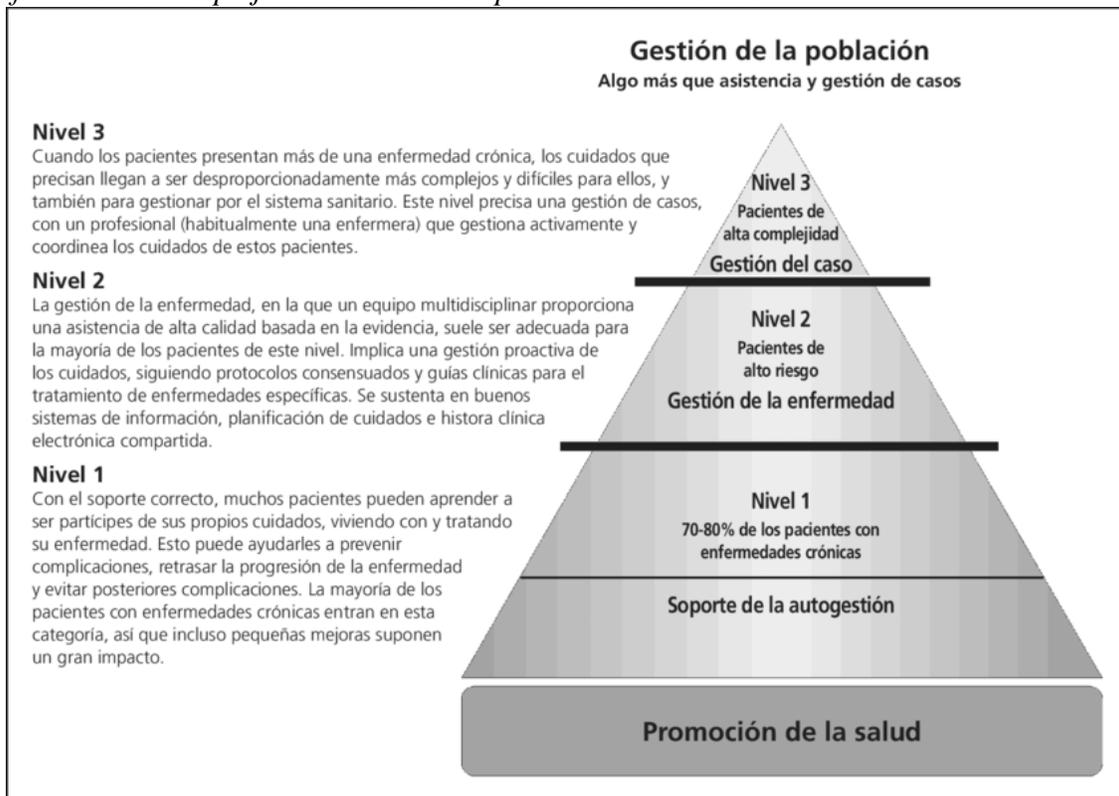
Las IPS en Colombia operan dentro del Sistema General de Seguridad Social en Salud, que busca garantizar el acceso de la población a servicios de salud de calidad para impactar positivamente las condiciones de vida, el bienestar y el desarrollo. Se puede encontrar tanto Instituciones públicas, como privadas. Cada una tiene un rol fundamental que cumplir para garantizar a los pacientes el acceso a la salud en condiciones de calidad, eficiencia, equidad y sostenibilidad. (encolombia.com, 2022)

5.2.6 Clasificación de complejidad instituciones prestadoras de salud

De acuerdo con el Registro Especial de Prestadores de Salud (REPS) de Colombia, existen cuatro categorías de clasificación para los prestadores.

Figura 3

Clasificación de complejidad instituciones prestadoras de salud.



Nota: Obtenida de (researchgate.net, 2022)

5.2.7 Servicios de una institución prestadora de salud.

Las instituciones prestadoras de salud deben contar con las siguientes áreas necesarias para su funcionamiento adecuado y con el fin de brindar los requerimientos de los pacientes.

- Urgencias
- Hospitalización
- Salas de Cirugía
- Unidad de cuidados intensivos (adulto, neonatal, pediátrica)
- Imágenes diagnósticas
- Obstetricia
- Cardiología
- Gastroenterología
- Laboratorio clínico
- Patología
- Consulta Externa
- Banco de sangre

5.2.8 Salas de cirugía

El departamento de cirugía se ha definido como el área donde se otorga atención al paciente que requiere de una intervención quirúrgica. La planeación y funcionamiento del departamento quirúrgico necesita de una conjunción de conocimientos, funciones y esfuerzo de todo el personal que tiene injerencia en el servicio. Requiere de la aportación financiera suficiente, de una planta física adecuada y funcional, equipamiento, dotación de insumos suficiente, procedimientos técnicos quirúrgicos efectivos y eficaces; además

de personal calificado actualizado y eficiente, sin olvidar los procedimientos y controles administrativos para garantizar la calidad del servicio. (pisa.com, 2022).

El área de cirugía debe contar con los siguientes equipos necesarios para su funcionamiento adecuado, garantizando una atención óptima a los pacientes.

- Mesas de Cirugía
- Lámparas Cielíticas
- Máquinas de Anestesia
- Torres y Columnas de gases medicinales
- Monitores de Signos Vitales
- Electrobisturí
- Aspiradores o succionadores
- Material de Osteosíntesis e Instrumental
- Desfibrilador
- Microscopio quirúrgico
- Torres de laparoscopia y artroscopia
- Intensificador de imagen.

5.3 Marco normativo y legal

Norma	Descripción	Observación
Ley 100 de 1993	Por la cual se crea el sistema de seguridad social integral y se dictan otras disposiciones. (Congreso de la Republica de Colombia , 1993)	Debemos brindar Seguridad Social Integral para que cada persona pueda gozar de una calidad de vida, mediante el cumplimiento progresivo de la salud, con el fin de lograr el bienestar individual y la integración de la comunidad. Siendo el área de cirugía un sector de alta complejidad debemos garantizar el derecho a la vida del paciente y las buenas prestaciones de los servicios, desde una cirugía mínima hasta una de alta complejidad.
Resolución 434 de 2001	Por la cual se dictan normas para la evaluación e importación de tecnologías biomédicas, se definen las de importación controlada y se dictan otras disposiciones. (Ministerio de Salud y protección Social , 2001)	Es importante debido a en esta se determinan los criterios para la importación o adquisición de un equipo biomédico y la adecuada incorporación a las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud, que garantice la calidad de la atención en salud, basado en criterios de calidad y, costo-efectividad. Todo equipo biomédico que ingrese a una IPS para el servicio que sea debe tener carta de importación donde se visualice la serie del equipo.
Resolución 1439 de 2002	Por la cual se adoptan los formularios de inscripción y de novedades para el Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud, los Manuales de Estándares y de Procedimientos, y se establecen las Condiciones de Suficiencia Patrimonial y Financiera del Sistema Único de Habilitación de Prestadores de Servicios de Salud y los definidos como tales. (Ministerio de salud y protección social , 2002)	Va de la mano con la Resolución 3100 de 2019, este nos permita hacer el registro del formulario de la IPS en el REPS, teniendo en cuenta los estándares de las condiciones de capacidad tecnológica y científica está orientada por los siguientes principios: Fiabilidad, esencialidad y sencillez, esto será auditado cada 3 años.

Resolución 1474 de 2002	Por la cual se definen las Funciones de la Entidad Acreditadora y se adoptan los Manuales de Estándares del Sistema Único de Acreditación. (Ministerio de Salud, 2002)	Debemos cumplir con las funciones de la entidad acreditadora, en nuestro caso entrenar a los profesionales que cumplirán las funciones de evaluación en el Sistema Único de Acreditación, enseñándoles el buen uso y manejo de los equipos biomédicos.
Resolución 529 de 2004	Por la cual se modifica parcialmente la resolución número 434 de 2001. (Ministerio de hacienda y crédito pública, 2004)	Modifica artículo 15, 16, 17, 20, 23 y 24, la debemos tener en cuenta para no incumplir con el proceso de adquisición de algún equipo del servicio de Salas de Cirugía.
Resolución 1403 de 2007	Por la cual se determina el Modelo de Gestión del Servicio Farmacéutico, se adopta el Manual de Condiciones Esenciales y Procedimientos y se dictan otras disposiciones. (Ministerio de la Protección Social, 2007)	Debemos cumplir con criterios administrativos y técnicos generales del Modelo de Gestión del Servicio Farmacéutico y adoptar el Manual de condiciones esenciales, entre ellos brindar áreas de almacenamiento como neveras o congeladores para el suministro de medicamentos a paciente, los cuales están vigiladas por diferentes equipos como centinela, termómetros y termo higrómetros para evitar el daño de algún medicamento y causar algún evento adverso en el paciente.
Resolución 4816 de 2008	Reglamenta el Programa Nacional de Tecno vigilancia a fin de fortalecer la protección de la salud y la seguridad de los pacientes, operadores y todas aquellas personas que se vean implicadas directa o indirectamente en la utilización de dispositivos médicos, el cual deberá estar conformado en los niveles nacional, departamental y distrital, local y usuarios. (Ministerio de la Protección Social , 2008)	Los equipos biomédicos del área de salas de cirugía deben estar en óptimas condiciones para evitar generar un evento o incidente y que sea reportado según el programa de Tecno vigilancia. De igual manera según este se deben realizar las rondas de tecno vigilancia bien sea de manera diaria, semanal, mensual o trimestral.
Resolución 4410 de 2009	Por la cual se expide el Reglamento Técnico que contiene el Manual de Buenas Prácticas de Manufactura de los	Es importante debido a que el área de salas debe contar con gases medicinales para los diferentes procedimientos a realizar como lo son: CO2, O2, Aire Medicinal, Nitrógeno, OxiHelio.

	Gases Medicinales. (Ministerio de la Protección Social , 2009)	
Resolución 3100 de 2019	Por la cual se definen los procedimientos y condiciones de inscripción de los prestadores de servicios de salud y de habilitación de los servicios de salud y se adopta el manual de Inscripción de Prestadores y Habilitación de Servicios de Salud. (Ministerio de salud y protección social , 2019)	Es el sistema obligatorio de garantía de calidad de la atención en salud, consta de 4 componentes que son: Sistema único de habilitación, auditoria para el mejoramiento de la calidad de atención en salud, Sistema único de acreditación, sistema de información para la calidad. Es necesario cumplir con cada ítem nombrado debido a que el no cumplimiento de estos puede ocasionar el no habilitar o el cierre de un servicio, en este caso Salas de Cirugía. Para validar los servicios que tiene habilitados una IPS se pueden consultar en el REPS.
Decreto 1767 de 1990	Por el cual se establece que el desarrollo científico y tecnológico es un soporte fundamental del proceso de modernización de la sociedad, tendiente a garantizar mejores condiciones de crecimiento económico, bienestar social y aprovechamiento de los valores culturales de la Nación. (Estatuto de ciencia y tecnología. , 1990)	De acuerdo a la normatividad se plantea la renovación tecnológica de los equipos biomédicos cuando cumplen su vida útil o no es posible su reparación, para estar en un constante desarrollo científico y tecnológico.
Decreto 1769 de 1995	El presente Decreto tiene por objeto regular los componentes y criterios básicos para la asignación y utilización de los recursos financieros, 5% del presupuesto total, destinados al mantenimiento de la infraestructura y de la dotación hospitalaria en los hospitales públicos y en los privados en los cuales el valor de los contratos con la Nación o con las entidades territoriales les representen más	Al ser entidades privadas las dos instituciones a estudiar se deben validar que su presupuesto para mantenimiento y dotación hospitalarias sea de 30% en relación a sus ingresos.

	de un treinta por ciento (30%) de sus ingresos totales. (Congreso de la República de Colombia, 1994)	
Decreto 4725 de 2005	Por el cual se reglamenta el régimen de registros sanitarios, permiso de comercialización y vigilancia sanitaria de los dispositivos médicos para uso humano. (Ministerio de Protección Social, 2005)	Se debe garantizar que todo equipo biomédico que ingrese a una Institución Prestadora de Salud cuente con el registro sanitario en donde nos indique, equipo, marca, modelo y complejidad según riesgo, que va ligado al ABC de Dispositivos Médicos.
Estándares para habilitación de Hospitales de la Joint Commission International 1 enero 2011	La misión de Joint Commission International es mejorar la calidad de la atención dentro de la comunidad internacional, a través de la prestación de servicios de acreditación y consultoría. La base para cualquier evaluación para la acreditación de una organización por la Joint Commission International son los estándares oficiales publicados en inglés por la Joint Commission International. (Joint Commission, 2011)	Una de las Instituciones Prestadoras de Salud a estudiar su gestión de mantenimiento se encuentra acreditada en Joint Commission International, lo cual hace que la confianza del público mejor en cuanto a la seguridad del paciente y la calidad de la atención, proporciona un entorno laboral seguro y eficiente, negocian con las fuentes de pago sobre la calidad de la atención, escuchan a los pacientes y a sus familias, crean una cultura abierta al aprendizaje sobre el reporte oportuno de acontecimientos adversos y problemas de seguridad al paciente.
ABC de Dispositivos Médicos	El INVIMA como institución líder en el Sistema Nacional de Vigilancia Sanitaria, busca proteger y promover la salud de la población, mediante la gestión del riesgo asociada al consumo y uso de los productos y tecnologías objeto de vigilancia sanitaria contemplados en el artículo 245 de Ley 100 de 1993, y artículo 2° del Decreto 2078 de 2012. (Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos, 2013)	Nos ayudará a establecer la clasificación de los dispositivos médicos, la cual se fundamenta en los riesgos potenciales relacionados con el uso y el posible fracaso teniendo en cuenta varios criterios tales como, duración del contacto con el cuerpo, grado de invasión y efecto local contra efecto sistémico.

<p>ABECÉ Mediciones en equipos biomédicos</p>	<p>Los equipos biomédicos deberán cumplir los requisitos establecidos en la normativa sanitaria que le aplique, teniendo en cuenta que en control sanitario las acciones de calibración se harán de acuerdo a las indicaciones del fabricante. (Dirección de Medicamentos y Tecnologías en Salud Superintendencia de Industria y Comercio, 2015)</p>	<p>Debemos tener en cuenta que todo equipo biomédico que mida, pese y cuente se le debe realizar calibración de acuerdo a las indicaciones del fabricante.</p>
---	--	--

6 Marco metodológico de la investigación

6.1 Tipo de investigación

La investigación será desarrollada desde un paradigma de tipo Mixto teniendo en cuenta que serán usados datos cualitativos y cuantitativos para el análisis de la situación, una de las problemáticas en el ámbito hospitalario se da en los tiempos de parada de los equipos biomédicos del alta criticidad del área de salas de cirugía de una Institución Prestadora de Salud de la ciudad de Bogotá, el tipo de investigación será documental, analizando la información escrita sobre el tema objeto de estudio, ya que puede generar un desarrollo positivo o negativo en el problema planteado inicialmente.

Segmentando los datos se quiere mostrar que impacto genera tener equipos de alta criticidad del área de salas de cirugía fuera de servicio, ya que la población se vería beneficiada o afectada con los tiempos de paradas de los equipos biomédicos. Por lo cual se realizará una propuesta de un plan de gestión de mantenimiento para minimizar los efectos negativos producidos.

6.2 Población

6.2.1 Identificación y caracterización de la empresa:

Es una institución prestadora de salud ubicada en la ciudad de Bogotá, la cual busca ser una institución sostenible desde las perspectivas de calidad, integralidad e impacto social, la cual busca posicionarse como una de las mejores generando servicios de calidad por medio de la búsqueda, desarrollo y prestación de soluciones en salud para todos nuestros clientes.

Para dicha investigación se tendrán en cuenta 26 cantidad de equipos biomédicos, que son los siguientes: Máquina de anestesia, mesa de cirugía, monitor multiparámetros,

lámparas cielíticas, torres o columnas de gases medicinales, electro bisturí, aspiradores o succionadores, desfibrilador, microscopio quirúrgico, torres de laparoscopia y artroscopia, Intensificador de imagen, instrumental de cirugía (lentes), bombas de infusión o perfusor de medicamentos, fonendoscopio, calentador de líquidos, calentadores de mantas, analizador de gases arteriales, compresor vascular, torniquete, ecógrafo, video laringoscopia o laringoscopia, estimulador de nervio periférico, fotóforo, vaporizadores, flujómetros, camillas de transporte.

6.2.2 Clientes:

- Directo (IPS): Personal médico o asistencial que utilice los equipos biomédicos como herramientas para realizar diagnóstico, tratamiento o rehabilitación de los pacientes, que son nuestro cliente indirecto.
- Indirecto (Pacientes): Todo aquel que tenga contacto con los equipos médicos desde el diagnóstico hasta el tratamiento de algún dolor o malestar que necesite asistencia médica.

6.3 Hipótesis de la investigación

Disminuir los tiempos de parada genera un aumento en la confiabilidad de los equipos biomédicos, mejora la rentabilidad económica para la institución prestadora de salud, disminuye los tiempos de atención hacia los pacientes así minimizando las inconformidades de los mismos.

6.4 Fuentes de información

6.4.1 Fuentes primarias

- REPS – Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud.
- INVIMA – Instituto Nacional de Vigilancia de Alimentos y Medicamentos.

6.4.2 Fuentes secundarias

- Secretaria de Salud.
- Ministerio de Salud.

6.5 Metodología

Se desarrolla un cronograma de actividades de investigación estableciendo los pasos y tiempos de ejecución de cada uno de los objetivos a desarrollar, para realizar una propuesta de mejoramiento de la gestión del mantenimiento de una IPS enfocado al área de salas de cirugía.

Para el desarrollo del objetivo No 1 “3.2.1 Recopilar y analizar información del modelo de gestión de mantenimiento de una institución prestadora de salud de la ciudad de Bogotá.”.

Se recolectará toda la información respecto al modelo mantenimiento relacionado a los equipos biomédicos, analizando que modelo de mantenimiento maneja la IPS de la Ciudad de Bogotá.

Para el desarrollo del objetivo No 2 “Comparar los modelos de gestión de mantenimiento de una Institución Prestadora de salud frente a los establecidos teóricamente, determinando cual se ajusta más a las necesidades del servicio de salas de cirugía para minimizar los tiempos de parada en los equipos biomédicos”.

Para ello se recopilará información sobre los diferentes modelos de gestión de mantenimiento enfocado al área de gestión clínica, desarrollando una matriz comparativa de los diferentes modelos de gestión de mantenimiento. Adicional se realiza la taxonomía de los equipos biomédicos existentes en el área de salas de cirugía.

Se realiza matriz de criticidad de los 26 equipos biomédicos evaluados, identificando los de mediana y alta criticidad, teniendo la información del modelo de mantenimiento de la IPS se procede a comparar y analizar los modelos establecidos teóricamente respecto a la que se tiene implementada en una IPS, identificando las ventajas y desventajas de los diferentes modelos de gestión de mantenimiento por medio de una matriz comparativa.

Para el desarrollo del objetivo No 3 “Identificar las oportunidades de mejora para un modelo de gestión de mantenimiento, que reduzca los tiempos de parada en los equipos biomédicos.”.

Teniendo en cuenta las diferentes ventajas y desventajas se realiza una propuesta de modelo de mejoramiento en la gestión del mantenimiento para mitigar los tiempos de parada de los equipos biomédicos en una institución prestadora de salud de Bogotá, con el fin aumentar la confiabilidad de los equipos biomédicos, mejorar la rentabilidad económica, disminuyendo los tiempos de atención hacia los pacientes así mismo minimizar las inconformidades de los mismos.

Para el desarrollo del objetivo No 4 “Realizar propuesta de modelo de gestión de mantenimiento, la cual sea rentable y permita mitigar los tiempos de parada de los equipos biomédicos críticos, en el área de salas de cirugía de una IPS.” Se realiza la propuesta de alguno de los 4 modelos de mantenimiento que se estudiarán teóricamente evaluando el costo beneficio del mismo para validar la viabilidad de implementarlo en esta IPS o cualquier otra.

6.5.1 Cronograma desarrollo de proyecto

Se realiza un cronograma de desarrollo de actividades estableciendo los tiempos de ejecución de la investigación a desarrollar.

ACTIVIDADES	2022					
	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
1. Planificación de investigación						
Establecimiento y validación de la idea	X					
Definición de objetivos y planteamiento del problema	X					
Delimitación del proyecto	X					
Rastreo fundamento teórico	X	X				
2. Trabajo de campo						
Recopilación de información de modelos de gestión			X	X		
Desarrollo de matriz de criticidad de modelos de gestión				X		
Recopilación de información plan de mantenimiento de IPS Bogotá				X		
Desarrollo de matriz de criticidad de equipos médicos - Salas CX				X		
3. Procesamiento, tabulación e interpretación de la información						
Comparación entre modelos de gestión según matriz de criticidad respecto a modelo utilizado en la IPS de Bogotá					X	
Identificar las oportunidades de mejora para reducir los tiempos de parada en los equipos biomédicos					X	
Propuesta de mejoramiento en la gestión del mantenimiento para mitigar los tiempos de parada de los equipos biomédicos en IPS					X	
4. Divulgación de la investigación						
Elaboración de informe final para sustentación						X

Tabla 1. Cronograma de actividades

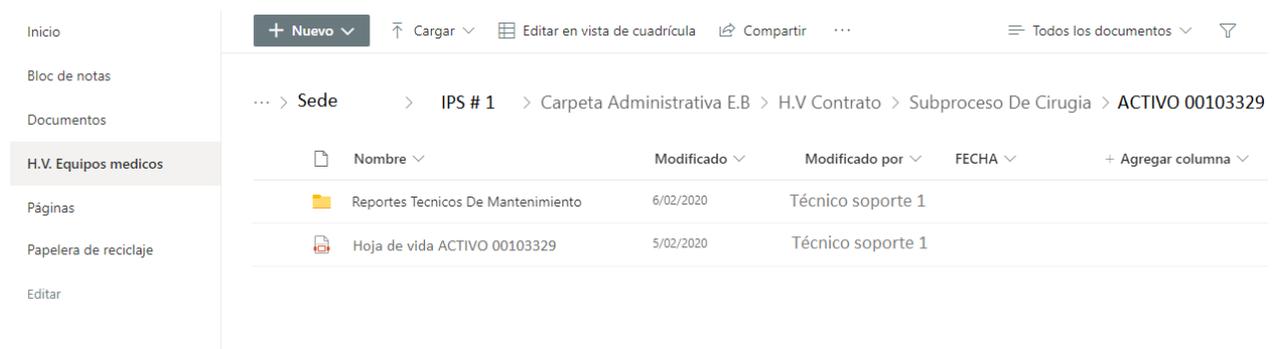
7 Resultados

7.1 Recopilación de información de modelo de mantenimiento de la IPS de Bogotá:

La información es recopilada de las diferentes plataformas manejadas por la institución prestadora de salud como archivos de Excel que permite evaluar los tiempos de parada de los equipos médicos, softwares de gestión de mantenimiento como lo es fracttal One y SAP, adicionalmente herramientas software como lo es SharePoint para el almacenamiento de documentación establecida por habilitación, invima y resolución 4725 de 2005 en donde se almacena registros sanitarios, registros de importación, hoja de vida y mantenimientos del equipo, reporte de equipos en reparación y seguimiento de repuestos solicitados.

A continuación, se mostrarán imágenes adjuntas con un ejemplo puntual donde se muestra con más claridad la metodología de trabajo de la plataforma SharePoint, en donde evidenciamos el histórico de mantenimiento o Hoja de vida que se encuentra cargado en cada equipo biomédico. En la carpeta de reportes Técnicos de mantenimiento se discrimina por año y en cada año se encuentran los reportes de mantenimiento preventivo o correctivo que se le han ejecutado al equipo.

Figura 4
SharePoint almacenamiento de reportes y hoja de vida



The screenshot shows a SharePoint interface with a document library. The left sidebar contains navigation options: Inicio, Bloc de notas, Documentos, H.V. Equipos medicos (highlighted), Páginas, Papelera de reciclaje, and Editar. The main area displays a table with columns: Nombre, Modificado, Modificado por, FECHA, and + Agregar columna. The table contains two rows of data.

Nombre	Modificado	Modificado por	FECHA
Reportes Tecnicos De Mantenimiento	6/02/2020	Técnico soporte 1	
Hoja de vida ACTIVO 00103329	5/02/2020	Técnico soporte 1	

Nota: Gestión de reportes. Obtenida de SharePoint H.V Equipos médicos.

Para la solicitud de repuestos se debe crear un número de caso en una matriz que se tiene diseñada en la plataforma Share Point en donde se ubica la fecha de creación de caso, número de reporte, proceso al cual corresponde el equipo, activo del equipo, tipo de mantenimiento si se solicita de un mantenimiento preventivo, predictivo o correctivo, el proveedor con el cual se comprara el repuesto, descripción del repuesto, valor sin iva, estado de la solicitud y aviso, orden y solped con la cual será pagado el repuesto.

Figura 5
Seguimiento de repuestos

SEGUIMIENTO REPUESTOS

# DE CASO	FECHA DE SOLI...	# REPORTE INICIAL	PROCESO	# ACTIVO/SERIE	TIPO DE MTTTO	PROVEEDOR A...
1837	14/09/2022	4102179	Mtto Eqp. Bio - Cirugía Ambulatoria	153200009323	Mantenimiento Correctivo	Imcolmedica
1810	9/09/2022	195	Mtto Eqp. Bio - Cirugía Ambulatoria	153200006022	Mantenimiento Correctivo	Drager
1808	9/09/2022	7343	Mtto Eqp. Bio - Cirugía Ambulatoria	NO APLICA	Alistamiento	G barco
1807	9/09/2022	7447-1	Mtto Eqp. Bio - Cirugía Ambulatoria	519500000589	Mantenimiento Correctivo	G barco
1802	8/09/2022	1	Mtto Eqp. Bio - Cirugía Ambulatoria	103523	Mantenimiento Correctivo	LM Instruments

DESCRIPCIÓN S...	AVISO	ORDEN	SOL-PED	VALOR SIN IVA	ESTADO
SE REQUIERE ADAPTADOR VOLTAGE 9V 3A				Pte	Solicitud de cotización
EQUIPO REQUIERE CAMBIO DE CABLE ECG REF. MP03402				\$ 522.000	Aprobación del servicio
SE SOLICITA COSTURA DE 109 ESTOQUINETAS				\$ 35.098	Gestión Ingeniería
LENTE REQUIERE REPARACIÓN DE NIVEL 1	19382161	0932873	928151932	\$ 2'890.000	Orden liberada
SE REQUIERE BRAZALETE DE PIERNA REF. 20-74-728 VBM				\$ 872.000	Importación

Nota: Gestión de reportes. Obtenida de SharePoint Seguimiento Repuestos.

Por medio de una formulación en Excel se evalúan los tiempos de parada de los equipos biomédicos por las múltiples fallas que se pueden presentar en cada equipo, en

ella se describe lo siguiente: Equipo, marca, modelo, serie, activo, motivo de fallo, fecha de fallo, fecha actual, cuantos días estuvo fuera de servicio, fecha en que el equipo queda operativo, el estado actual en donde se puede seleccionar si el equipo quedo operativo, de baja, por parte de aprobación de reparación del servicio o demás, adicional está la parte de trazabilidad en donde se encuentra las fechas y descripción del proceso que lleva el equipo para que quede nuevamente operativo.

Figura 6

Tabla Excel para validar tiempos de parada de los equipos biomédicos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	ACTIVO	FALLO	FECHA FALLO (DD-MM-AAAA)	FECHA ACTUA	DÍAS FUERA SERVI
839	MONITOR DE SIGNOS VITALES	NIHON KODHEN	VSM	2019342871	00.103329	DAÑO PINZA SPO2	20/02/2022	20/07/2022	150
840	MAQUINA DE ANESTESIA					DAÑO SENSOR FLUJO			0
841	MESA DE CIRUGÍA					DAÑO CONTROL MOVIMIENTO			0
842	CABEZAL DE CÁMARA					DAÑO CONECTOR			0

J	K	L	M	N
FECHA EQUIPO OPERATIVO(DD-MM-AA)	ESTADO	SEGUIMIENTO		
20/07/2022	OPERATIVO	20/02/2022 SE REALIZA REVISION DE EQUIPO EVIDENCIANDO DAÑO PINZA SPO2 - 21/02/2022 SE CREA CASO CON COMPRAS - 02/03/2022 SE APRUEBA COMPRA DE REPUESTO - 04/03/2022 PROVEEDOR INFORMA QUE NO TIENE STOCK QUE IMPORTACIÓN SE DEMORA DE 90 A 120 DÍAS HABLES PARA ENTREGA DE REPUESTO - 19/07/2022 SE RECIBE REPUESTO - 20/07/2022 SE INSTALA RESPUESTO EQUIPO OPERATIVO		
	BAJA			
	INGENIERÍA CLÍNICA			
	APROBACIÓN SERVICIO			

Nota: Evaluación de tiempo de parada de tecnología médica. Autoría Propia.

Para el diligenciamiento de las rondas diarias de tecno vigilancia en el área de salas de cirugía o reportes de mantenimiento bien sean correctivos o preventivos se utiliza la aplicación de fractal, el cual es un software de mantenimiento en donde se encuentra todo el inventario de la institución prestadora de salud.

Figura 7
Ronda tecno vigilancia.

IPS # 1

Orden de Trabajo

N°: OT- 1021 -22
 Fecha: 2022-08-12
 Calificación: 5

DURACIÓN ESTIMADA: 01:40:00

RESPONSABLE: GERALDINE COMBA DAZA

NOTAS:

ACTIVOS

DESCRIPCIÓN: ELECTROBISTURI { FORCE FX - SFI08147A } VALLEY LAB
 UBICADO EN Ó ES PARTE DE: SALA DE CIRUGIA 4/

TIPO: UNIDAD ELECTROQUIRURGICA
 PRIORIDAD: Alta
 CÓDIGO DE BARRAS: No.Activo

CLASIFICACIÓN 1: MEDTRONIC
 CLASIFICACIÓN 2:
 CENTRO DE COSTO: SALA 4 ()

TAREAS PLANIFICADAS

DESCRIPCIÓN: VERIFICACION DIARIA MAÑANA
 FECHA PROGRAMADA: 2022-08-12
 TIPO DE TAREA: RONDA ACTIVA
 PRIORIDAD: Media
 ACTIVADOR: Fecha Cada 1 Dia(s)
 CLASIFICACIÓN 1:
 CLASIFICACIÓN 2:

FECHA Y HORA DE INICIO: 2022-08-12 08:57
 FECHA Y HORA DE FINALIZACIÓN: 2022-08-12 08:57
 DURACIÓN ESTIMADA: 00:10:00
 TIEMPO DE EJECUCIÓN: 00:00:17
 TIEMPO REAL DE PARO DEL ACTIVO: 00:00:00

SUBTAREAS		
	Verificación de estado físico del equipo y cable de poder.	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobó <input type="checkbox"/> Alerta <input type="checkbox"/> Falló
	Inicio verificación	Ac. 26 #88A-48, Bogotá, Colombia 4.6527195 -74.1017391 12/8/2022, 8:57:27 a. m.
	Se realiza conexión a la red eléctrica y verificación de encendido	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobó <input type="checkbox"/> Alerta <input type="checkbox"/> Falló
	Verificación test de encendido del generador	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobó <input type="checkbox"/> Alerta <input type="checkbox"/> Falló
	Inspección física y funcional de pedales	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobó <input type="checkbox"/> Alerta <input type="checkbox"/> Falló
	Verificación de led testigo de placa REM	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobó <input type="checkbox"/> Alerta <input type="checkbox"/> Falló
	Observaciones:	EQUIPO OPERATIVO

Nota: Plantilla de realización de rondas de tecno vigilancia. Obtenida de (One, s.f.)

Figura 8
Reporte de mantenimiento

Nº: OT-108226-22
Fecha: 2022-08-10
Calificación: 5

IPS # 1

Orden de Trabajo

GENERÓ: DURACIÓN ESTIMADA: 01:00:00	RESPONSABLE: GERALDINE COMBA DAZA NOTAS:
---	---

ACTIVOS
 DESCRIPCIÓN: ULTRASONIDO (M-TURBO - Q4WZG8) SONISITE
 UBICADO EN Ó ES PARTE DE: SALAS DE CIRUGÍA

CLASIFICACIÓN 1: AJOVECO

TIPO: EQUIPOS DE ULTRASONIDO
 PRIORIDAD: Media
 CÓDIGO DE BARRAS: No Activo

CLASIFICACIÓN 2:
 CENTRO DE COSTO: SALAS DE CIRUGÍA

TAREA NO PLANIFICADA

DESCRIPCIÓN: VISITA CORRECTIVA FECHA PROGRAMADA: 2022-08-10 TIPO DE TRABAJO: CORRECTIVA PRIORIDAD: Media ACTIVADOR: Tarea no Programada CLASIFICACIÓN 1: CLASIFICACIÓN 2: FECHA DEL EVENTO: 2022-08-10 12:30	FECHA Y HORA DE INICIO: 2022-08-11 11:00 FECHA Y HORA DE FINALIZACIÓN: 2022-08-11 11:28 TIEMPO TOTAL DE TRABAJO: 00:28:14 TIEMPO REAL DE PARO DEL ACTIVO: 00:00:00 SOLICITADO POR: SERVICIO NÚMERO DE SOLICITUD: 7320 NOTAS: CORRECTIVO NO ENCIENDE EQUIPO
---	--

INFORMACIÓN DE LA SOLICITUD

Número De Solicitud	Solicitado Por
7320	SERVICIO

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
UBICACIÓN	INICIO DE VISITA	Bogotá, Colombia -74.1018589 11/8/2022, 11:00:36 a. m.
VERIFICACION DE ACCESORIOS	ACCESORIOS CON LOS QUE CUENTA EL EQUIPO	CABLE AC, TRANSDUCTORES
ESTADO INICIAL	¿EL EQUIPO SE ENCUENTRA FUERA DE SERVICIO?	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
REPORTE DEL CLIENTE	DESCRIPCION DETALLADA DEL DAÑO O FALLA REPORTADO POR EL CLIENTE/USUARIO	DAÑO EN CABLE AC
CAUSA FALLA/DIAGNOSTICO	DESCRIPCION DE LA(S) CAUSA(S) DEL FALLO DEL EQUIPO	DETERIORO
VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO	TRABAJO REALIZADO	SE REALIZA LIMPIEZA Y DESINFECCION DE EQUIPO. SE CAMBIA FUENTE DE PODER CON CABLE AC, SE REALIZAN PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO EQUIPO OPERATIVO
EQUIPOS MEDICION	RELACIONE LOS SIGUIENTS DATOS: NOMBRE/MODELO/SERIE/FECHA DE CALIBRACION	N/A
REPUESTOS INSTALADOS	CODIGO/DESCRIPCION/CANTIDAD	1 FUENTE DE PODER REF P08823-07 CON CABLE AC, SE ADJUNTAN FOTOS
ESTADO FINAL	¿EL EQUIPO QUEDA TRABAJANDO CORRECTAMENTE?	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
Otro	OBSERVACIONES:	EQUIPO OPERATIVO
UBICACIÓN	FIN DE VISITA	Bogotá, Colombia -74.1015611 11/8/2022, 11:28:26 a. m.

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Costo	Cantidad Usada	Tipo	Fuente
TECNICO DE SOPORTE	1	N/A	1	Recursos Humanos	GERALDINE COMBA DAZA

JEFE DE SERVICIO SALAS CIRUGIA	JEFE DE MANTENIMIENTO	 GERALDINE COMBA DAZA
ACEPTADO POR	VALIDADO POR	REALIZADO POR

Nota: Plataforma Fractal – Reporte de mantenimiento. Obtenida de (One, s.f.)

En esta IPS cuando se daña un equipo biomédico y requiere algún repuesto se realiza un respectivo análisis por medio de un formato en el cual se validan datos como la fecha de adquisición del equipo, vida útil el cual permite determinar el valor en libros del equipo, así mismo se debe ingresar el valor de costo del repuesto, todo esto para verificar si es viable realizar la inversión en el repuesto o se renueva la tecnología.

Figura 9

Formato análisis técnico mantenimiento

INFORMACION DEL EQUIPO		INFORMACION CONTABLE	
Fecha actual	29/10/2022	Tiempo de renovacion Fabricante (años)	7
Activo Fijo	153200000801	Tiempo de Uso (años)	5,51
Nombre del equipo	MAQUINA ANESTESIA	Fecha de Compra	28/04/2017
Sede	IPS BOGOTA	Valor de compra	\$ 2.082.500
Ciclo de Negocio	Prestación de Servicios Salud	Valor en libros	\$ 936.845
Sub proceso	SALAS DE CIRUGIA	Consumo de planta	55%
Tiempo de fabricación de repuestos (años)	5	Edad de Planta	79%
Costo de Mantenimiento Preventivo	\$ 76.950	Valor de salvamento	\$ 1.102.454
EVALUACION DE VARIABLES AL EQUIPO MEDICO		GESTION INTEGRAL DE ACTIVOS	
Costo de la reparacion	\$ 530.030	Cp Alto	1
Valor de renovacion tecnologica	\$ 2.450.630	To>Tr	0
Valor maximo de reparacion	\$ 498.387	Vm/Va Alto	1
% Valor maximo de reparación	76%	Vm>>Vmax	1
% Tiempo de Uso (años)	110%		
Vm/VA	22%		
RCAM	57%		
Eficacia del mantenimiento	Negativo		
		RECOMENDACIÓN TECNICA	
		INVERSION DE REPUESTO	

Nota: Análisis inversión o renovación repuestos – Matriz Excel Autoría: IPS Bogotá

7.2 Análisis comparativo de modelos de gestión de mantenimiento

Se recopila información de 4 diferentes modelos de gestión de mantenimiento, lo cual permitió desarrollar una matriz de comparación identificando su función, áreas de participan, dificultad de implementación, ventajas y desventajas.

METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO	TPM (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE)	RCM (RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE)	PMO (PLANNED MAINTENANCE OPTIMIZATION)	CBM (CONDITION-BASED MAINTENANCE)
Nombre en español	Mantenimiento productivo total	Mantenimiento basado en confiabilidad	Optimización del mantenimiento planeado	Mantenimiento basado en condición
Características principales	Permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas.	Es un enfoque sistémico para diseñar programas que aumenten la Confiabilidad de los equipos con un mínimo costo y riesgo; para ello combina aplicaciones técnicas de mantenimiento Autónomo, Preventivo, Predictivo y Proactivo, mediante estrategias justificadas técnica y económicamente.	Es un método diseñado para revisar los requerimientos de mantenimiento, el historial de fallas y la información técnica de los activos en operación. La teoría básica del PMO parte del análisis del Ciclo reactivo del mantenimiento.	Es una técnica de mantenimiento proactivo que se realiza en función del estado del activo. La CBM no se basa en un mantenimiento programado, sino en indicadores que pueden determinar si el activo está a punto de averiarse o se ha averiado.
Áreas que participan	Todas las áreas desde la gerencia.	Área de mantenimiento especializada en confiabilidad.	Operarios u operadores y área de mantenimiento	Área de mantenimiento especializada en predictivo.
Dificultad de implementación (1-4) siendo 4 alta.	4	3	2	1
Herramientas	<ul style="list-style-type: none"> - Efectividad Global. - Mantenimiento autónomo. - Gestión de equipos. - Habilidades operativas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Confiabilidad operacional. - Fallas funcionales. - Análisis de criticidad. - Estrategias de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Historial de fallas. - Análisis de confiabilidad. - Ciclo de mto óptimo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de vibraciones. - Termografía infrarroja. - Análisis de aceite. - Análisis por ultrasonido.
Efectos Positivos	<ul style="list-style-type: none"> - Formación de empleados. - Gestión de la calidad del mantenimiento. - Gestión renovación tecnológica. - Reducción de costos. - Menos paradas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce costos de mantenimientos correctivos. - Mejora de la productividad y confiabilidad, al mantener con éxito el sistema y reducir cualquier fallo repentino. - Sustituyen los activos fallos repetitivos por uno de mejores características técnicas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cumplimiento de estándares internacionales. - Diseñado específicamente para activos y su operación. - Alta compatibilidad de la técnica en plantas de operación. - Mayor productividad respecto al RCM por manejo de información en activos y almacenamiento de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce el costo de las fallas de los activos. - Acorta el tiempo de inactividad no programado debido a una falla grave. - Minimiza el tiempo dedicado al mantenimiento. - Recorta al mínimo la necesidad de piezas de repuesto de emergencia. - Aumenta la seguridad de los trabajadores.
Efectos Negativos	<ul style="list-style-type: none"> - Cambios innecesarios de equipos. - Mantenimientos preventivos no realizados. - Disminución de mano de obra. - Problemas iniciales en implementación por falta de capacitación 	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento continuo y regular para mantener activos fiables y a salvo. - Costos de puesta en marcha y formación. - Requiere tiempo y recursos. - No tiene en cuenta los costos de mantenimientos preventivos y predictivos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere de la mayor información histórica posible desde su inicio de operación respecto a sus costos y fallas. - Requiere de personal especializado en manejo de la información. 	<ul style="list-style-type: none"> - Costo para capacitar al personal: se necesita un profesional capacitado para analizar los datos y realizar el trabajo. - Los fallos de desgaste uniforme no se detectan fácilmente con las mediciones de CBM. - Los sensores de condición pueden fallar en el entorno operativo y es caro de instalar. - Puede requerir modificaciones de los activos para adaptar el sistema con sensores. - Periodos de mantenimiento impredecibles.

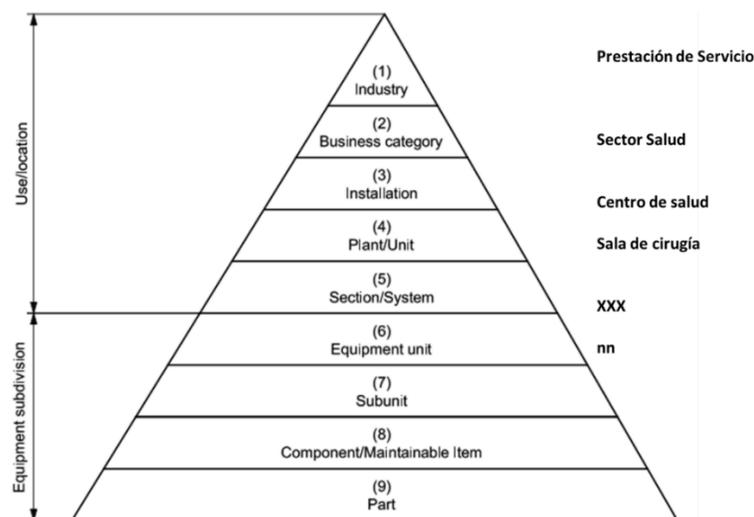
Tabla 2. Matriz comparativa de modelos de gestión de Mantenimiento.

7.2.1 Taxonomía de equipos biomédicos del servicio de Salas Cirugía

Para diseñar y establecer la taxonomía de los equipos en cuestión se utiliza la norma internacional ISO 14224. En esta norma se relaciona la recolección y el intercambio de información con respecto al mantenimiento y la confiabilidad de equipos de la industria del petróleo y gas natural.

Esta norma define la taxonomía como “Una clasificación sistemática de ítems en grupos genéricos basados en factores posiblemente comunes a varios ítems (ubicación, uso, subdivisión de equipos, etc.)” (ISO copyright office, 2006). En el punto 8.2 de la norma ISO 14224 se establecen las condiciones para nombrar un grupo de equipos a partir de la siguiente imagen.

Figura 9
Clasificación de equipos según ISO 14224 de 2006.



Nota: Obtenida de (ISO copyright office, 2006)

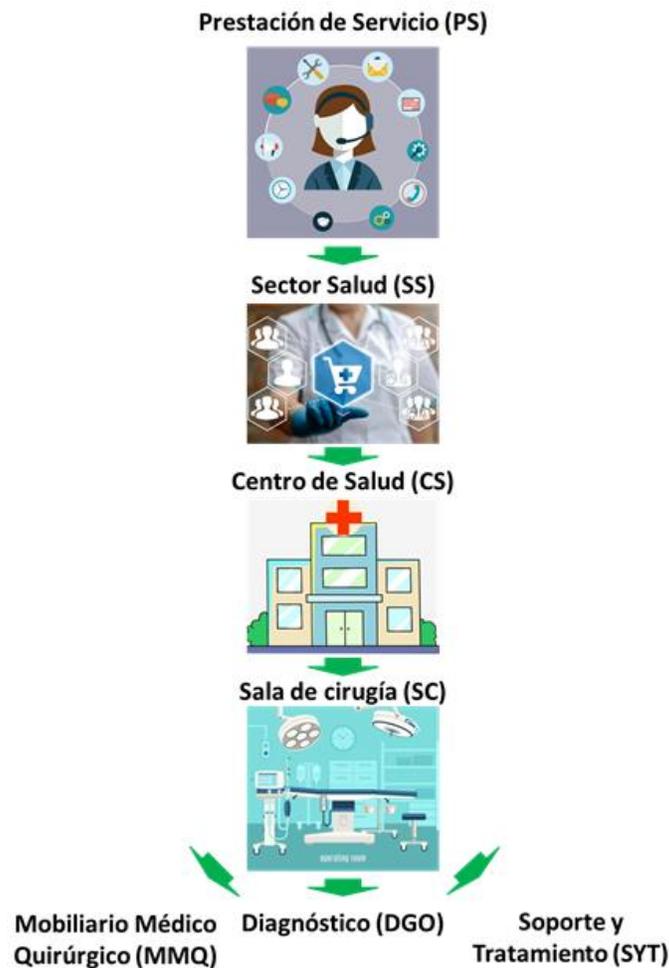
En la imagen 4 se puede observar que la norma ISO 14224 clasifica los equipos desde 5 grupos globales en donde se establece el uso y la ubicación, desde su área más general hasta llegar al equipo: Industria, categoría de negocio, Instalación, planta/unidad,

sección/sistema y equipo. Luego, la norma establece 3 subdivisiones de cada equipo, en donde encontramos: subunidad, componente y parte del equipo.

De acuerdo con la norma se establece la taxonomía de los equipos que están siendo evaluados en este proyecto. Teniendo en cuenta que los equipos evaluados son de la industria: Prestación de servicios (PS), Categoría de negocio: Sector salud (SS), instalación: Centro de salud (CS), unidad: sala de cirugía (SC).

Figura 10

Clasificación de equipos aplicado al sector salud.



Nota: La clasificación nos permite codificar los equipos biomédicos para su debido control. Autoría Propia.

Los equipos se encuentran clasificados en 3 áreas las cuales son:

- Mobiliario médico quirúrgico. (MMQ)
- Diagnóstico. (DGO)
- Soporte y mantenimiento. (SYT)

EQUIPO	CLASIFICACIÓN	CODIGO
Microscopio quirúrgico	Diagnóstico	PS-SS-CS-SC-DGO01
Torres de laparoscopia y artroscopia	Diagnóstico	PS-SS-CS-SC-DGO02
Intensificador de imagen	Diagnóstico	PS-SS-CS-SC-DGO03
Analizador de gases arteriales	Diagnóstico	PS-SS-CS-SC-DGO04
Ecógrafo	Diagnóstico	PS-SS-CS-SC-DGO05
Mesa de cirugía	Mobiliario médico quirúrgico	PS-SS-CS-SC-MMQ01
Lámparas cielíticas	Mobiliario médico quirúrgico	PS-SS-CS-SC-MMQ02
Torres o columnas de gases medicinales	Mobiliario médico quirúrgico	PS-SS-CS-SC-MMQ03
Fonendoscopio	Mobiliario médico quirúrgico	PS-SS-CS-SC-MMQ04
Fotóforo	Mobiliario médico quirúrgico	PS-SS-CS-SC-MMQ05
Camillas de transporte	Mobiliario médico quirúrgico	PS-SS-CS-SC-MMQ06
Máquina de anestesia	Soporte y tratamiento	PS-SS-CS-SC-SYT01
Monitor multiparámetros	Soporte y tratamiento	PS-SS-CS-SC-SYT02
Electro bisturí	Soporte y tratamiento	PS-SS-CS-SC-SYT03
Aspiradores o succionadores	Soporte y tratamiento	PS-SS-CS-SC-SYT04
Desfibrilador	Soporte y tratamiento	PS-SS-CS-SC-SYT05
Instrumental de cirugía (lentes)	Soporte y tratamiento	PS-SS-CS-SC-SYT06
Bombas de infusión o perfusor de medicamentos	Soporte y tratamiento	PS-SS-CS-SC-SYT07
Calentador de líquidos	Soporte y tratamiento	PS-SS-CS-SC-SYT08
Calentadores de mantas	Soporte y tratamiento	PS-SS-CS-SC-SYT09
Compresor vascular	Soporte y tratamiento	PS-SS-CS-SC-SYT10
Torniquete	Soporte y tratamiento	PS-SS-CS-SC-SYT11
Video laringoscopia o laringoscopia	Soporte y tratamiento	PS-SS-CS-SC-SYT12
Estimulador de nervio periférico	Soporte y tratamiento	PS-SS-CS-SC-SYT13
Vaporizadores	Soporte y tratamiento	PS-SS-CS-SC-SYT14
Flujómetros	Soporte y tratamiento	PS-SS-CS-SC-SYT15

Tabla 3. Taxonomía equipos biomédicos salas de cirugía.

7.2.2 Matriz de criticidad de equipos biomédicos del área de salas de cirugía

El análisis de criticidad es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones.

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación jerárquica de equipos de una institución prestadora de salud, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable.

A pesar de que los equipos biomédicos tienen una clasificación según riesgo dependiendo del grado de invasividad o impacto hacia el paciente, se requiere una matriz de criticidad, la cual nos permita diseñar una escala para priorizar acciones de mantenimiento, con el objetivo de garantizar el funcionamiento del sistema productivo lo más cercano posible a su capacidad nominal.

Teniendo en cuenta que también es un ítem muy importante en la gestión de activos, lo cual en el área de la ingeniería biomédica es de vital importancia para tener la relación de activos y operatividad de ellos para no afectar la prestación de servicios. Así mismo, las matrices de criticidad nos pueden facilitar la decisión conjunta y la visión de la importancia y necesidad de cada activo, tanto para la producción como para establecer el mejor momento para la intervención.

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

$$\textit{Criticidad} = \textit{Frecuencia} \times \textit{Consecuencia}$$

En el siguiente cuadro se muestra el análisis de criticidad aplicado a 26 equipos médicos los cuales se requieren en un servicio de salas de cirugía. Donde se evaluaron la frecuencia de falla y el impacto económico que podría causar.

NOMBRE DEL EQUIPO	PROCESO AL QUE ESTA ASOCIADO	¿CADA CUANTO PODRÍA SUCEDER?	¿QUÉ IMPACTO PODRÍA CAUSAR?	PROBABILIDAD	IMPACTO	CALIFICACIÓN DE RIESGO	NIVEL DE RIESGO
Mesa de cirugía	Mobiliario medico quirúrgico	Sucede una vez por trimestre	Generaría pérdidas entre 100 y 150 Millones de pesos	3	3	3:3	Medio
Máquina de anestesia	Soporte y tratamiento	Sucede una vez por mes	Generaría pérdidas entre 200 y 300 Millones de pesos	4	4	4:4	Alto
Monitor Multiparamétrico	Soporte y tratamiento	Sucede varias veces en un mes	Generaría pérdidas entre 20 y 50 Millones de pesos	5	2	5:2	Medio
Perfusor de medicamento	Soporte y tratamiento	Sucede una vez por semestre	Generaría pérdidas de 10 Millones de pesos o menos	2	1	2:1	Bajo
Electrobisturí	Soporte y tratamiento	Sucede una vez por trimestre	Generaría pérdidas entre 20 y 50 Millones de pesos	3	2	3:2	Medio
Desfibrilador	Soporte y tratamiento	Sucede una vez por semestre	Generaría pérdidas entre 100 y 150 Millones de pesos	2	3	2:3	Medio
Intensificador de imagen	Diagnostico	Sucede una vez por trimestre	Generaría pérdidas de más de 400 Millones de pesos	3	5	3:5	Alto
Columnas de gases medicinales	Mobiliario medico quirúrgico	Sucede una vez por año	Generaría pérdidas de 10 Millones de pesos o menos	1	1	1:1	Bajo
Succionadores	Soporte y tratamiento	Sucede una vez por trimestre	Generaría pérdidas de 10 Millones de pesos o menos	3	1	3:1	Bajo
Microscopio quirúrgico	Diagnostico	Sucede una vez por trimestre	Generaría pérdidas entre 200 y 300 Millones de pesos	3	4	3:4	Alto
Torres laparoscopia y artroscopia	Diagnostico	Sucede una vez por mes	Generaría pérdidas entre 100 y 150 Millones de pesos	4	3	4:3	Alto
Instrumental de cirugía (lentes)	Soporte y tratamiento	Sucede varias veces en un mes	Generaría pérdidas entre 100 y 150 Millones de pesos	5	3	5:3	Alto
Calentador de líquidos	Soporte y tratamiento	Sucede una vez por trimestre	Generaría pérdidas de 10 Millones de pesos o menos	3	1	3:1	Bajo
Unidad de calentamiento	Soporte y tratamiento	Sucede una vez por año	Generaría pérdidas de 10 Millones de pesos o menos	1	1	1:1	Bajo
Analizador de gases arteriales	Diagnostico	Sucede varias veces en un mes	Generaría pérdidas entre 100 y 150 Millones de pesos	5	3	5:3	Alto
Compresor vascular	Soporte y tratamiento	Sucede una vez por semestre	Generaría pérdidas entre 20 y 50 Millones de pesos	2	2	2:2	Bajo
Torniquete	Soporte y tratamiento	Sucede una vez por semestre	Generaría pérdidas de 10 Millones de pesos o menos	2	1	2:1	Bajo
Ecógrafo	Diagnostico	Sucede varias veces en un mes	Generaría pérdidas entre 100 y 150 Millones de pesos	5	3	5:3	Alto
Vídeo laringoscopia o laringoscopia	Soporte y tratamiento	Sucede una vez por semestre	Generaría pérdidas de 10 Millones de pesos o menos	2	1	2:1	Bajo
Estimulador de nervio periférico	Soporte y tratamiento	Sucede una vez por semestre	Generaría pérdidas entre 20 y 50 Millones de pesos	2	2	2:2	Bajo
Fotóforo	Mobiliario medico quirúrgico	Sucede una vez por semestre	Generaría pérdidas de 10 Millones de pesos o menos	2	1	2:1	Bajo
Lámparas cieliticas	Mobiliario medico quirúrgico	Sucede una vez por año	Generaría pérdidas entre 20 y 50 Millones de pesos	1	2	1:2	Bajo
Camilla de transporte	Mobiliario medico quirúrgico	Sucede varias veces en un mes	Generaría pérdidas entre 20 y 50 Millones de pesos	5	2	5:2	Medio
Fonendoscopio	Mobiliario medico quirúrgico	Sucede una vez por año	Generaría pérdidas de 10 Millones de pesos o menos	1	1	1:1	Bajo
Vaporizadores	Soporte y tratamiento	Sucede una vez por mes	Generaría pérdidas entre 100 y 150 Millones de pesos	4	3	4:3	Alto
Flujómetros	Soporte y tratamiento	Sucede una vez por semestre	Generaría pérdidas de 10 Millones de pesos o menos	2	1	2:1	Bajo

Tabla 5. Matriz de criticidad equipos biomédicos salas de cirugía.

A partir de esta matriz de criticidad se identificaron los activos más críticos para poder planificar un programa de trabajo acorde con las necesidades de la institución.

El sistema diferencia tres zonas de clasificación:

- Alta criticidad
- Mediana criticidad
- Baja criticidad

Se establecieron los equipos de media y alta criticidad para trabajar la propuesta de mejoramiento, ya que estos equipos son los que más afectarían el servicio en caso de un fallo o no disponibilidad del mismo. Así mismo se plantea un plan de mantenimiento aplicado a estos equipos con el fin de buscar una solución para las pérdidas obtenidas por falla de estos equipos

NOMBRE DEL EQUIPO	PROCESO AL QUE ESTA ASOCIADO	¿CADA CUANTO PODRÍA SUCEDER?	¿QUÉ IMPACTO PODRÍA CAUSAR?	PROBABILIDAD	IMPACTO	CALIFICACIÓN DE RIESGO	NIVEL DE RIESGO
Mesa de cirugía	Mobiliario medico quirúrgico	Sucede una vez por trimestre	Generaría pérdidas entre 100 y 150 Millones de pesos	3	3	3:3	Medio
Máquina de anestesia	Soporte y tratamiento	Sucede una vez por mes	Generaría pérdidas entre 200 y 300 Millones de pesos	4	4	4:4	Alto
Monitor Multiparamétrico	Soporte y tratamiento	Sucede varias veces en un mes	Generaría pérdidas entre 20 y 50 Millones de pesos	5	2	5:2	Medio
Electrobisturí	Soporte y tratamiento	Sucede una vez por trimestre	Generaría pérdidas entre 20 y 50 Millones de pesos	3	2	3:2	Medio
Desfibrilador	Soporte y tratamiento	Sucede una vez por semestre	Generaría pérdidas entre 100 y 150 Millones de pesos	2	3	2:3	Medio
Intensificador de imagen	Diagnostico	Sucede una vez por trimestre	Generaría pérdidas de más de 400 Millones de pesos	3	5	3:5	Alto
Microscopio quirúrgico	Diagnostico	Sucede una vez por trimestre	Generaría pérdidas entre 200 y 300 Millones de pesos	3	4	3:4	Alto
Torres de laparoscopia y artros	Diagnostico	Sucede una vez por mes	Generaría pérdidas entre 100 y 150 Millones de pesos	4	3	4:3	Alto
Instrumental de cirugía (lentes)	Soporte y tratamiento	Sucede varias veces en un mes	Generaría pérdidas entre 100 y 150 Millones de pesos	5	3	5:3	Alto
Analizador de gases arteriales	Diagnostico	Sucede varias veces en un mes	Generaría pérdidas entre 100 y 150 Millones de pesos	5	3	5:3	Alto
Ecógrafo	Diagnostico	Sucede varias veces en un mes	Generaría pérdidas entre 100 y 150 Millones de pesos	5	3	5:3	Alto
Camilla de transporte	Mobiliario medico quirúrgico	Sucede varias veces en un mes	Generaría pérdidas entre 20 y 50 Millones de pesos	5	2	5:2	Medio
Vaporizadores	Soporte y tratamiento	Sucede una vez por mes	Generaría pérdidas entre 100 y 150 Millones de pesos	4	3	4:3	Alto

Tabla 6. Equipos biomédicos de mayor criticidad en salas de cirugía.

7.2.3 Encuesta a tecnólogos e ingenieros biomédicos de tiempos de parada de equipos biomédicos

Para la recolección de información acerca de las condiciones de los equipos biomédicos en diferentes instituciones prestadoras de salud de la ciudad de Bogotá, se realizó una encuesta, en la cual se busca obtener información sobre los equipos del área de sala de cirugías.

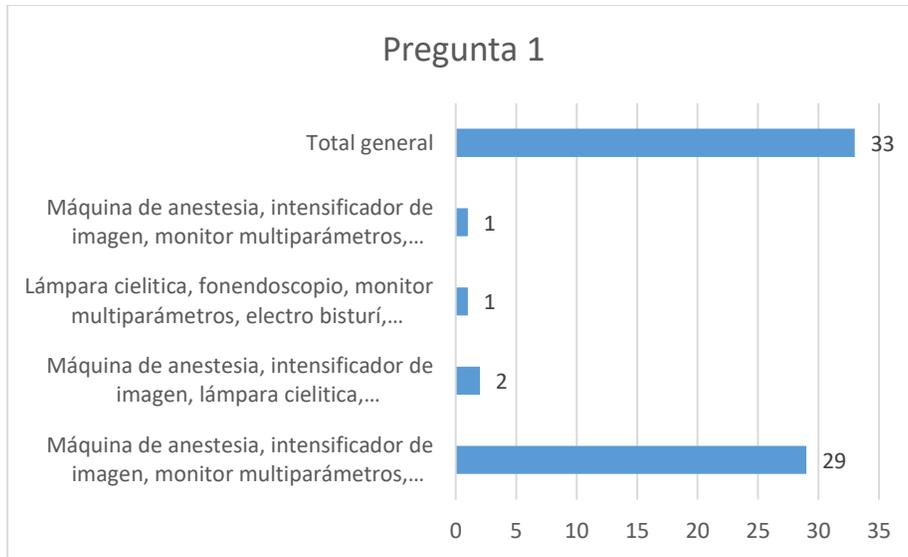
La encuesta fue aplicada a tecnólogos e ingenieros biomédicos de varias instituciones prestadoras de salud de Bogotá, lo cual garantiza que la información obtenida es de bastante valor para la investigación y a partir de esta información se podrá realizar un análisis sobre equipos necesarios para una sala de cirugía, condiciones de mantenimiento y los repuestos requeridos para mantener la confiabilidad y la disponibilidad.

La encuesta consto de 8 preguntas cerradas y abiertas, la cual fue aplicada a 33 personas, obteniendo los siguientes resultados:

Pregunta 1 (Cerrada)

A partir de las respuestas, se podría establecer que los equipos de alta complejidad de una sala de cirugía son la máquina de anestesia, intensificador de imagen, monitor multiparámetros, electro bisturí y desfibrilador.

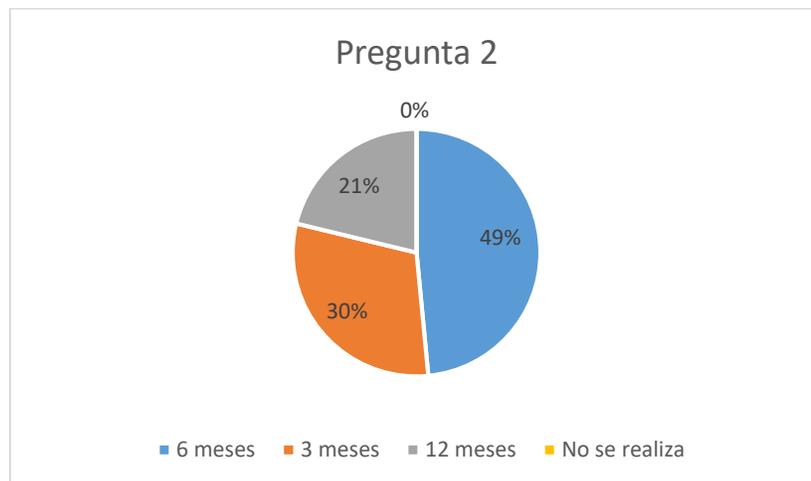
#1 ¿Qué equipos considera usted que son de alta complejidad en el área de salas de cirugía?	Numero de encuestados
Máquina de anestesia, intensificador de imagen, monitor multiparámetros, electro bisturí, desfibrilador.	29
Máquina de anestesia, intensificador de imagen, lámpara cielítica, fonendoscopio, monitor multiparámetros.	2
Lámpara cielítica, fonendoscopio, monitor multiparámetros, electro bisturí, desfibrilador.	1
Máquina de anestesia, intensificador de imagen, monitor multiparámetros, fotóforo, mesa de cirugía.	1
Total general	33



Pregunta 2 (Cerrada)

Desde las respuestas, se podría establecer que la mayoría de las instituciones prestadoras de salud de Bogotá capacitan a su personal en un rango de 3 a 6 meses, siendo 6 meses la respuesta con más encuestados de acuerdo, 16 para ser exactos como se puede observar en la tabla.

# 2 ¿Cada cuánto se realiza capacitación al personal asistencial sobre el uso y manejo de los equipos biomédicos de salas de cirugía?	Numero de encuestados
6 meses	16
3 meses	10
12 meses	7
No se realiza	0
Total general	33



Pregunta 3 (Cerrada)

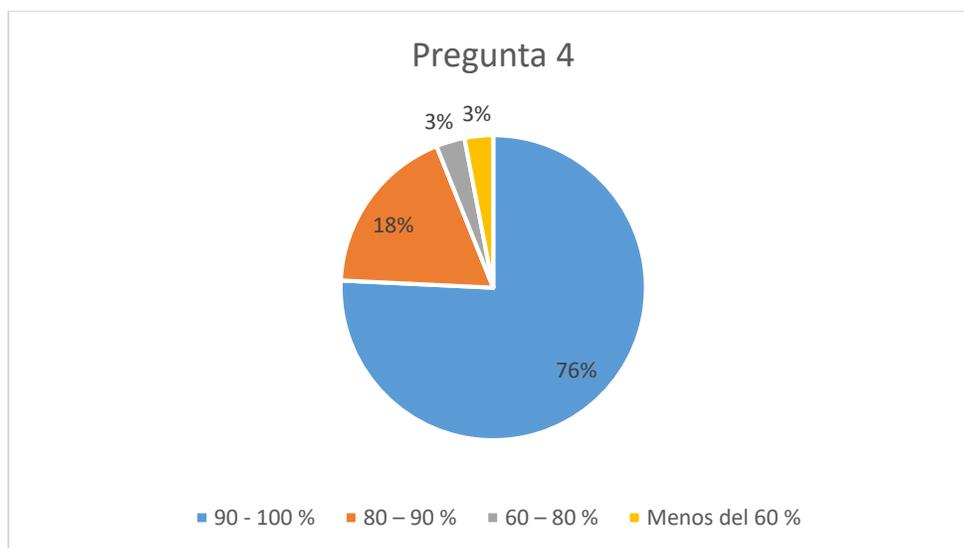
Se establece que, el total de las personas encuestadas están de acuerdo con que la institución prestadora de salud debe poseer un sistema digital en donde se encuentren las hojas de vida de los equipos, el historial de mantenimiento, el inventario de repuestos, información técnica, entre otras características propias del mantenimiento.

#3 ¿Cree usted importante contar con un sistema digital donde se encuentre el inventario con los reportes de mantenimiento anexos?	Numero de encuestados
Si	33
No	0
Total general	33

Pregunta 4 (Cerrada)

Con base en las respuestas, se establece que en la mayoría de las instituciones prestadoras de salud de Bogotá se tiene un porcentaje de cumplimiento del mantenimiento preventivo entre el 90% - 100%.

#4 El mantenimiento preventivo disminuye los tiempos de inactividad de los equipos y nos ayuda a corregir los retrocesos. ¿En la institución donde usted labora actualmente cuál es el porcentaje de cumplimiento del cronograma de mantenimiento preventivo?	Numero de encuestados
90 - 100 %	25
80 - 90 %	6
60 - 80 %	1
Menos del 60 %	1
Total general	33



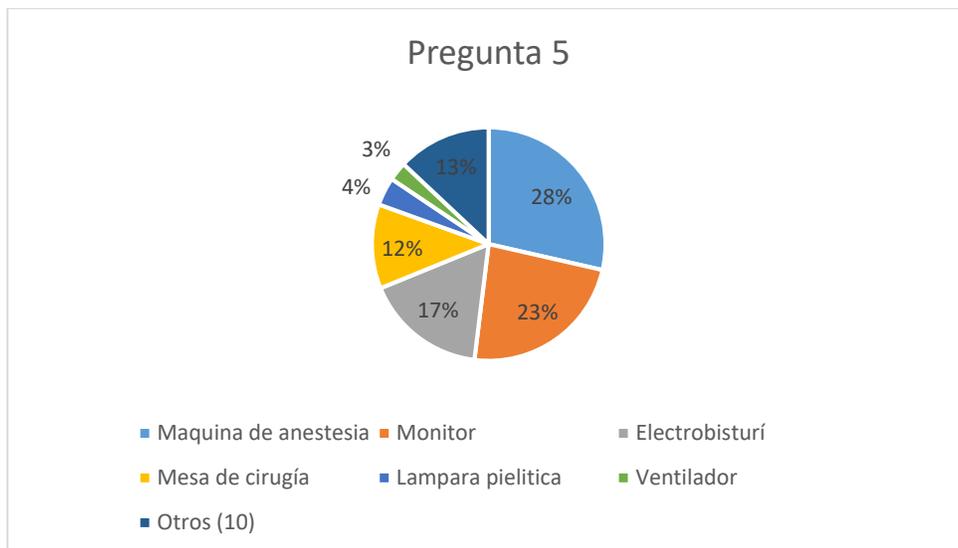
Pregunta 5 (Abierta)

Esta era una pregunta abierta, en la cual se le dio a los encuestados la oportunidad de mencionar cuales equipos de una sala de cirugía deberían tener un Back up para minimizar los tiempos de parada.

Cabe resaltar que los encuestados podían mencionar más de un equipo y por esta razón el total de la sumatoria da mayor a 33.

El equipo más mencionado por los encuestados es la máquina de anestesia con 22 votos, seguido del monitor multiparámetros con 18 votos, en tercer lugar, está el electro bisturí con 13 votos, después se encuentra la mesa de cirugía con 9 votos, luego se tiene la lámpara pielítica con 3 votos, en quinto lugar, está el ventilador con 2 votos y en el último lugar tenemos otros equipos de menor importancia que sumados obtienen 10 votos.

#5 ¿Qué equipos considera usted que una IPS debe tener de backup para minimizar los tiempos de parada de una sala de cirugía?	Numero de encuestados
Maquina de anestesia	22
Monitor	18
Electrobisturí	13
Mesa de cirugía	9
Lampara pielitica	3
Ventilador	2
Otros (10)	10



Pregunta 6 (Cerrada)

Partiendo de las respuestas se podría establecer que, para 30 personas encuestadas poseer un contrato directo con el representante de la marca de un equipo es un beneficio para disminuir los tiempos de parada, probablemente por la ausencia de intermediarios en el proceso, mientras que 3 personas encuestadas están en desacuerdo.

#6 ¿Cree usted que contar con un contrato directo con el representante de cada marca de los diferentes equipos biomédicos de salas de cirugía puede disminuir los tiempos de parada?	Numero de encuestados
Si	30
No	3
Total general	33



Pregunta 7 (Cerrada)

A partir de las respuestas se podría establecer que para el total de los encuestados es importante contar con un stock de repuestos de alta rotación con el fin de disminuir los tiempos de parada de los equipos biomédicos de sala de cirugía.

# 7 ¿Cree usted importante contar con un stock de repuestos de alta rotación para disminuir los tiempos de parada de los equipos biomédicos de salas de cirugía?	Numero de encuestados
Si	33
No	0
Total general	33

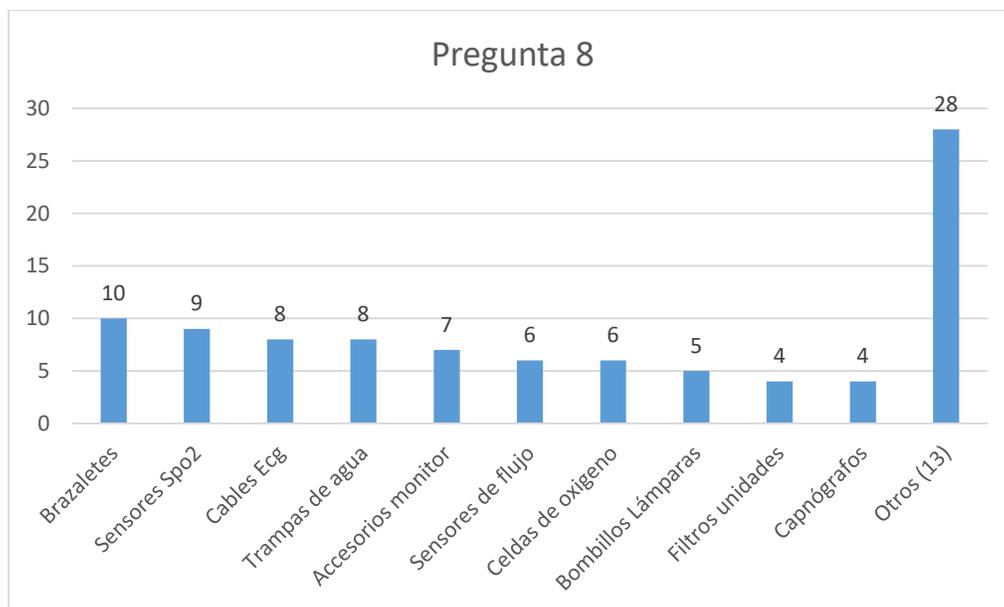
Pregunta 8 (Abierta)

Al igual que en la pregunta 5, en esta pregunta se le da oportunidad a los encuestados de mencionar que repuestos considera que una IPS debe tener en stock para minimizar los tiempos de parada de una sala de cirugía.

Cabe resaltar que los encuestados podían mencionar más de un repuesto y por esta razón el total de la sumatoria da mayor a 33.

Se tiene en cuenta las primeras 10 posiciones de repuestos más importantes, esto a partir de lo mencionado por los encuestados: Brazaletes con 10 votos, sensores Spo2 con 9 votos, Cables ECG con 8 votos, trampas de agua con 8 votos, accesorios de monitor con 7 votos, sensores de flujo con 6 votos, celdas de oxígeno con 6 votos, bombillos lámparas con 5 votos, filtros unidades con 4 votos y capnógrafos con 4 votos. En la encuesta se mencionaron otros 13 repuestos que sumados fueron elegidos 28 veces, pero la cantidad de personas que los escogieron es menor a 4.

#8 ¿Qué repuestos considera usted que una IPS debe tener en el stock o almacén para minimizar los tiempos de parada de una sala de cirugía?	Numero de encuestados
Brazaletes	10
Sensores Spo2	9
Cables Ecg	8
Trampas de agua	8
Accesorios monitor	7
Sensores de flujo	6
Celdas de oxígeno	6
Bombillos Lámparas	5
Filtros unidades	4
Capnógrafos	4
Otros (13)	28



7.3 Comparación de los modelos de mantenimiento teóricos respecto al de una IPS de Bogotá

A partir de la información recolectada sobre el modelo de mantenimiento que se utiliza en una Institución Prestadora de Salud de Bogotá, se realiza la comparación y análisis de los modelos establecidos teóricamente respecto a la que se tiene implementada en una IPS, identificando las ventajas y desventajas de los diferentes modelos de gestión de mantenimiento por medio de una matriz comparativa para poder realizar una propuesta de mejoramiento para mitigar los tiempos de parada de los equipos biomédicos de mediana y alta complejidad del área de salas de cirugía.

En la tabla 4, vamos a observar un cuadro comparativo de modelos que buscan mejorar la gestión del mantenimiento de una empresa. Cada uno de estos modelos tienen sus ventajas y desventajas dependiendo de las necesidades de la empresa. Este análisis comparativo se realiza con el fin de determinar, cuál de los modelos para la mejora de la gestión del mantenimiento sería la ideal para ser implementada en un centro de salud de la ciudad de Bogotá.

Por otra parte, en caso de que ninguno de los modelos se acople por completo a los objetivos del área de mantenimiento del centro de salud, se identificarán cuáles son las herramientas ofrecidas por las estrategias planteadas que más se adaptan al proyecto, con el fin de mejorar el modelo de gestión del mantenimiento actual, ayudando a cumplir el objetivo principal del proyecto el cual es: mitigar los tiempos de parada de los equipos biomédicos de mediana y alta complejidad del área de salas de cirugía.

Los modelos planteados para el análisis comparativo son:

- TPM (Total productive maintenance)
- RCM (Reliability centred maintenance)
- PMO (Planned maintenance optimization)
- CBM (Conditio-based maintenance)
- Mantenimiento planeado (Estrategia Actual)

En el cuadro comparativo se tienen en cuenta los siguientes aspectos principales

de cada una de las estrategias:

- Características principales
- Áreas que participan
- Dificultad de implementación
- Herramientas que ofrece
- Efectos positivos
- Efectos negativos

METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO	TPM (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE)	RCM (RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE)	PMO (PLANNED MAINTENANCE OPTIMIZATION)	CBM (CONDITION-BASED MAINTENANCE)	MODELO DE MANTENIMIENTO IPS BOGOTÁ
Nombre en español	Mantenimiento productivo total	Mantenimiento basado en confiabilidad	Optimización del mantenimiento planeado	Mantenimiento basado en condición	Mantenimiento Planeado
Características principales	Permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas.	Es un enfoque sistémico para diseñar programas que aumenten la Confiabilidad de los equipos con un mínimo costo y riesgo; para ello combina aplicaciones técnicas de mantenimiento Autónomo, Preventivo, Predictivo y Proactivo, mediante estrategias justificadas técnica y económicamente.	Es un método diseñado para revisar los requerimientos de mantenimiento, el historial de fallas y la información técnica de los activos en operación. La teoría básica del PMO parte del análisis del Ciclo reactivo del mantenimiento.	Es una técnica de mantenimiento proactivo que se realiza en función del estado del activo. La CBM no se basa en un mantenimiento programado, sino en indicadores que pueden determinar si el activo está a punto de averiarse o se ha averiado.	Este método se basa en establecer un cronograma de mantenimiento identificado el tiempo de ejecución de acuerdo la clasificación de riesgo de los equipos y como se establezca en los contratos.
Áreas que participan	Todas las áreas desde la gerencia.	Área de mantenimiento especializada en confiabilidad.	Operarios u operadores y área de mantenimiento	Área de mantenimiento especializada en predictivo.	Ingeniería biomédica y Metrología
Dificultad de implementación (1-4) siendo 4 alta.	4	3	2	1	2
Herramientas	<ul style="list-style-type: none"> - Efectividad Global. - Mantenimiento autónomo. - Gestión de equipos. - Habilidades operativas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Confiabilidad operacional. - Fallas funcionales. - Análisis de criticidad. - Estrategias de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Historial de fallas. - Análisis de confiabilidad. - Ciclo de mnto óptimo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de vibraciones. - Termografía infrarroja. - Análisis de aceite. - Análisis por ultrasonido. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inventario de equipos - Historial de fallas. - contrato de mantnimiento preventivos y - Software fracttal, sap y sharepoint
Efectos Positivos	<ul style="list-style-type: none"> - Formación de empleados. - Gestión de la calidad del mantenimiento. - Gestión renovación tecnológica. - Reducción de costos. - Menos paradas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce costos de mantenimientos correctivos. - Mejora de la productividad y confiabilidad, al mantener con éxito el sistema y reducir cualquier fallo repentino. - Sustituyen los activos fallos repetitivos por uno de mejores características técnicas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cumplimiento de estándares internacionales. - Diseñado específicamente para activos y su operación. - Alta compatibilidad de la técnica en plantas de operación. - Mayor productividad respecto al RCM por manejo de información en activos y almacenamiento de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce el costo de las fallas de los activos. - Acorta el tiempo de inactividad no programado debido a una falla grave. - Minimiza el tiempo dedicado al mantenimiento. - Recorta al mínimo la necesidad de piezas de repuesto de emergencia. - Aumenta la seguridad de los trabajadores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce el costo de las fallas de los activos.. - Se realiza rondas de tecnovigilancia , minimizando fallas o averías - Aumenta la confiabilidad de los equipos. - Se establece tiempo timites de renovacion de tecnología .
Efectos Negativos	<ul style="list-style-type: none"> - Cambios innecesarios de equipos. - Mantenimientos preventivos no realizados. - Disminución de mano de obra. - Problemas iniciales en implementación por falta de capacitación 	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento continuo y regular para mantener activos fiables y a salvo. - Costos de puesta en marcha y formación. - Requiere tiempo y recursos. - No tiene en cuenta los costos de mantenimientos preventivos y predictivos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere de la mayor información histórica posible desde su inicio de operación respecto a sus costos y fallas. - Requiere de personal especializado en manejo de la información. 	<ul style="list-style-type: none"> - Costo para capacitar al personal: se necesita un profesional capacitado para analizar los datos y realizar el trabajo. - Los fallos de desgaste uniforme no se detectan fácilmente con las mediciones de CBM. - Los sensores de condición pueden fallar en el entorno operativo y es caro de instalar. - Puede requerir modificaciones de los activos para adaptar el sistema con sensores. - Períodos de mantenimiento impredecibles. 	<ul style="list-style-type: none"> - No se cuenta con stock de repuestos, lo que ocasiona tiempos de paradas prolongados . - Reprocesos administrativos por temas de autorización. - Cumplimiento de labores de mantenimiento por parte de proveedores. - Falla en las actualizaciones de inventario. - Incrementos en costos de mano de obra por ejecución de mantenimientos preventivos en horario nocturno

Tabla 4. Comparación modelos teóricos con implementado en IPS de Bogotá.

A partir del análisis del cuadro comparativo se puede determinar que la estrategia de gestión del mantenimiento que más se adapta al caso de estudio es el RCM2 (Reliability centred maintenance). Lo anterior debido a que esta estrategia se enfoca en aumentar la confiabilidad del equipo al máximo posible por medio de la implementación de varias herramientas que tienen como objetivo reforzar e implementar actividades de tipo preventivo y predictivo. Es importante resaltar que en una sala de cirugía se debe garantizar que cada uno de los equipos que se utilizan en esta, no fallen mientras están en uso y esto se puede lograr por medio de la implementación del RCM2 o al menos varias de sus herramientas.

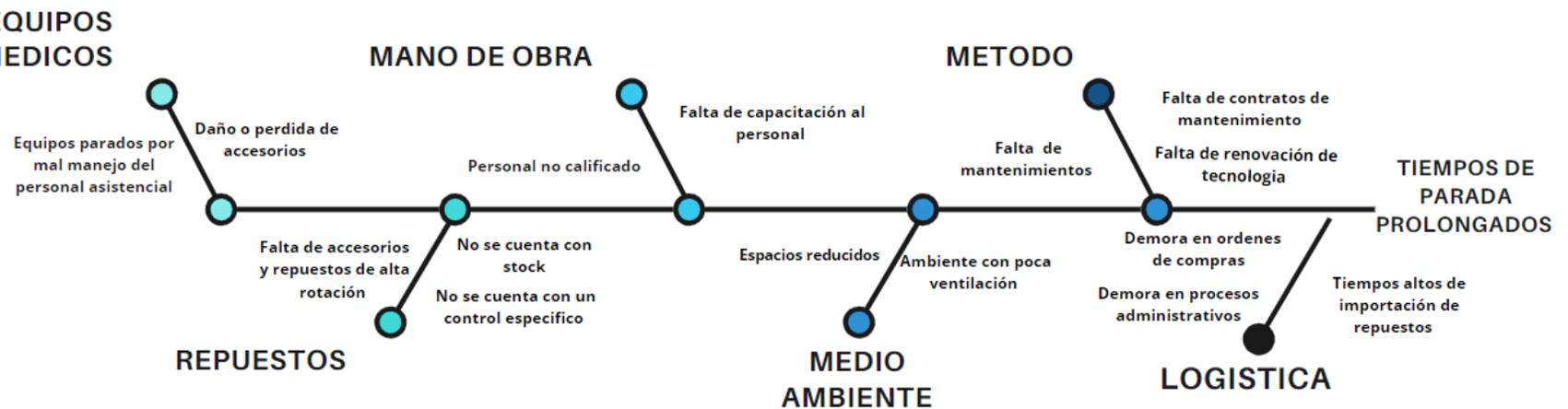
7.4 Identificación de las oportunidades de mejora para reducción de tiempos de parada en los equipos biomédicos

7.4.1 Identificación de causas de tiempos de parada por medio de Espina de pescado

Respecto a la información recopilada del modelo de gestión de mantenimiento se puede evidenciar diferentes causas que ocasionan que los tiempos de parada de los equipos de alta complejidad del área de salas de cirugía sean prolongados, lo cual genera impactos negativos en la prestación del servicio. Entre estas causas encontramos fallas logísticas, en el medio ambiente, en la mano de obra, malos métodos, falta de repuestos, entre otros.

Figura 12

Causas tiempos de parada equipos biomédicos



Nota: Causas de tiempos de parada de una IPS de Bogotá. Autoría Propia.

7.5 Propuesta de mejoramiento de modelo de mantenimiento de equipos biomédicos de una IPS de Bogotá

7.5.1 Propuesta General para reducir tiempos de parada

En el plan de mejora propuesto hemos previsto el establecimiento de RCM2 como plan de mantenimiento, esta metodología brindara mejoras en la operación de la institución.

Para llevar a cabo esta mejora se propone crear, antes de la implantación, una planeación adecuada evaluando costos y recursos necesarios para el cumplimiento adecuado del mismo.

PROPUESTA DE MEJORA	RESPONSABLE	TIEMPO	REQUERIMIENTOS
Se recomienda la implementación de RCM como plan de mantenimiento teniendo en cuenta que es una metodología muy poderosa que, cuando se aplica de forma correcta, puede conducir a mejoras significativas en la confiabilidad de los equipos y en la productividad de la institución, mientras que, al mismo tiempo, asegura que el dinero invertido en los programas de mantenimiento predictivo y preventivo se optimiza. Es una estrategia de mantenimiento centrado en la confiabilidad emplea técnicas de mantenimiento reactivo, preventivo, predictivo y proactivo de forma integrada para aumentar la fiabilidad de los equipos los cuales funcionará de forma constante durante un ciclo de vida.	Gerencia de recursos físicos Jefe de Ingeniería Biomedica	1 a 4 años de implementación adecuada	<ul style="list-style-type: none"> • Participación de todas las áreas de la institución. • Capacitación sobre RCM y su implementación. • Software de mantenimiento con inventarios completos y trazabilidad de cada revisión de los equipos. • Contratos de mantenimientos para equipos específicos que requieran de personal calificado para respectiva revisión. • Implementación y consientización de ejecución de mantenimiento preventivo y predictivo.
Implementación de programa de capacitación de tecnología médica y software de mantenimiento. Se identifico que se requiere un programa de capacitación activa sobre tecnología médica y un uso de esta. Esto reducirá los daño o avería de equipos por mala manipulación en el cronograma se abarco todo el personal que tiene contacto con los equipos: Médicos residentes, Anestesiólogos, cirujanos, instrumentadoras, enfermeras jefe, Auxiliar de enfermería, Tecnólogo radiólogo.	Jefe de educación y Recursos humanos	Capacitaciones cada 3 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Participación en las capacitaciones. • Espacios adecuados las capacitaciones y evaluación de las mimas. • Incluir el costo de la capacitación del personal en el presupuesto
Almacén de repuesto que cuente con los repuestos y accesorio necesario para el funcionamiento de los equipos. Esto con el fin de aumentar los tiempos de respuesta y reparación de los equipos. Se identifico que al no contar con repuestos de alta rotación el tiempo de parada de los equipos aumentaban por diversas causas como cotización de respuestas , generación de órdenes de compra y importación de los mismo.	Jefe de Ingeniería Biomedica Departamento de compras	1 año	<ul style="list-style-type: none"> • Herramientas o programa de rotación de repuesto. • Contrato de mantenimiento de equipos críticos y de alto costo incluir repuestos.
Equipo de backup se observa que al contar con un equipo de respaldo no se verá afectada la operación del servicio, durante los tiempos de revisión y reparación. Contar con un equipo de respaldo no solo asegura una atención adecuada y oportuna de los pacientes si no que permite que el personal encargado de la revisión de los equipos cuenta con un tiempo suficiente para generar un diagnóstico adecuado.	Jefe de Ingeniería Biomedica Jefe de salas de cirugía	2 años	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de backup solo de los equipos más críticos. • Ubicar los equipos en lugares estratégicos y asegura su funcionamiento adecuado. • Capacitar al personal sobre el plan de contingencia en caso de falla de equipo crítico. • Presupuestar la compra de dichos equipos

Tabla 7. Propuesta de plan de mejora

Se propone un plan de mejora aplicando cada aspecto visto en la anterior tabla donde se realizó un análisis de las causas que generaban tiempos de parada prolongados. La aplicación de este y de las herramientas propuestas ayudaran a reducir los tiempos improductivos del servicio.

7.5.2 Plan de mantenimiento preventivo

Debido a que el servicio de salas de cirugía es un servicio en donde no se brinda siempre el espacio para realizar mantenimientos bien sean preventivos o predictivos sino se espera a que el equipo presente una falla para poder actuar. Se realizan mantenimientos preventivos según cronograma, no predictivos, adicional cuando se ejecutan los preventivos los tiempos del personal de mantenimiento se deben ajustar al del servicio, por lo cual debemos fomentar una cultura de mantenimiento en el servicio de salas de cirugía, esto como herramienta para disminuir costos, aumentar la productividad y optimizar la disponibilidad de los equipos y no esperar a que suceda una falla. Para ello se propone realizar mantenimientos periódicos según el modelo de mantenimiento que se establezca según el RCM, el cual permita evidenciar el rendimiento de los equipos y mostrar los beneficios obtenidos, para cambiar la percepción del mantenimiento como una inversión y no como un gasto.

7.5.3 Plan de mantenimiento predictivo

En esta IPS se manejan rondas diarias de tecno vigilancia, en las cuales se válida el funcionamiento del equipo lo cual minimiza en parte las fallas, pero adicional se deberían implementar de rutinas predictivas, ya que es en una herramienta muy útil para el diagnóstico y prevención de fallas en los activos complementando así el Plan de

Mantenimiento Preventivo. Dentro de las rutinas no invasivas sugeridas para implementar dentro del Plan se pueden considerar las siguientes:

- Termografía para todo equipo que cuente con tarjetas electrónicas.
- Lubricación, para equipos que cuente con motores o elementos mecánicos como lo son: Mesas de cirugías, brazos de lámparas de techo o de pie, camillas de transporte, entre otros.

No se establece periodicidad de estas rutinas predictivas, ya que se depende de la necesidad que se evidencie en cada equipo, debido a su composición y de la disponibilidad de recursos que se asigne al presupuesto para mantenimiento.

7.5.4 Cronograma de capacitación de personal técnico

Se desarrolla un cronograma de capacitación para el personal técnico ya que es necesario que también estén al tanto de lo que sucede en ese ámbito, así como de la nueva tecnología que llega a la institución. Así mismo a partir de esto se pueden obtener grandes beneficios como lo son los siguientes:

- Mejorar la calidad de su conocimiento.
- Mantener actualizadas sus prácticas de reparación y mantenimiento.
- Obtener mejor rendimiento y asertividad en los diagnósticos de reparación de los diferentes equipos biomédicos.
- Actuar con seguridad en lo que están realizando, con el objetivo de generar seguridad hacia el paciente y el personal que lo manipula.
- Mejor productividad y prestigio para la empresa en la que laboran.
- Mayores ingresos económicos.

Se desarrolla un cronograma de capacitación ya que se identificó que las fallas recurrentes de los equipos son debido al desconocimiento del personal asistencial al no saber cómo manejar los equipos y su debido proceso de limpieza y desinfección.

En este cronograma se abarco todo el personal que tiene contacto con los equipos: Médicos residentes, Anestesiólogos, cirujanos, instrumentadoras, enfermeras jefe, Auxiliar de enfermería, tecnólogo radióloga. Esto con el fin de que el personal sepa manejar los equipos identificando fallas mínimas y sepa cómo solucionarlas.

7.5.6 Desarrollo de programa para manejo de stock de repuestos

Para la reducción de los tiempos de parada de los equipos biomédicos, es importante garantizar la presencia de un stock suficiente para satisfacer la demanda interna (de nuestro departamento de Ingeniería Biomédica, por ejemplo, cuando requiere accesorios para monitores multiparámetros o máquinas de anestesia), pero siempre de forma que su almacenamiento resulte rentable. Se trata, pues, de mantener un nivel de stock adecuado, en donde debemos tener en cuenta la rotación de los repuestos para minimizar costos y así mismo garantizar el funcionamiento de los equipos.

Se desarrolla una interfaz dinámica en el programa de Excel, en la cual todos los usuarios del área de Ingeniería Biomédica pueden validar el stock de repuestos por número de referencia, teniendo información de cuantos han ingresado, cuantos se han retirado con fecha, el costo del repuesto y cuantos se tienen en stock a la fecha.

La interfaz cuenta con diferentes pestañas, la primera de ellas es dinámica, en la cual podemos añadir un nuevo repuesto, registrar el retiro de un repuesto o así mismo adicionar uno, validar el inventario global y todo lo que ha ingresado o salido con fechas.

Figura 13
Matriz Interactiva Excel

Registro de repuestos Equipos Biomédicos	
Referencia:	32022-1
Descripción:	Cable ECG
Cantidad:	2
Equipo:	Monitor multiparametros
Valor:	\$ 370.370
Fecha:	29/10/2022

Buttons: Ir a Inventario, Ir a Entradas, Ir a Salidas, Nuevo Registro, Buscar, Ingresos, Salidas

Nota: Registro de repuestos Equipos biomédicos. Autoría Propia.

Figura 14*Matriz Interactiva Excel - Inventario*

REFERENCIA	EQUIPO	DESCRIPCION	ENTRADA	SALIDAS	EXISTENCIA
12022-1	General	Cable AC	10	3	7
12022-2	General	Fusibles	30	6	24
22022-1	Maquina anestesia	Sensor de flujo	5	3	2
22022-2	Maquina anestesia	Sensor de oxigeno	5	2	3
22022-3	Maquina anestesia	Trampa de agua para capnografia	10	5	5
22022-4	Maquina anestesia	Membrana Inspiratoria	5	2	3
22022-5	Maquina anestesia	Membrana Expiratoria	5	3	2
22022-6	Maquina anestesia	Empaque rama inspiratorio	5	4	1
22022-7	Maquina anestesia	Empaque rama expiratorio	5	2	3
22022-8	Maquina anestesia	Canister	5	1	4
22022-9	Maquina anestesia	Empaque para vaporizador	5	2	3
32022-1	Monitor multiparametros	Cable ECG	5	3	2
32022-2	Monitor multiparametros	Sensor SPO2	5	4	1
32022-3	Monitor multiparametros	Manguera NIBP	5	1	4
32022-4	Monitor multiparametros	Brazaletes adulto 1 via	5	8	-3
32022-5	Monitor multiparametros	Brazaletes adulto 2 vias	5	6	-1
32022-6	Monitor multiparametros	Brazaletes pediatico 1 via	5	5	0
32022-7	Monitor multiparametros	Brazaletes pediatico 2 vias	5	3	2
32022-8	Monitor multiparametros	Cable IBP	5	1	4
32022-9	Monitor multiparametros	Bateria	5	3	2
42022-1	Lampara cielitica	Bombillo	5	2	3
52022-1	Columnas de gases	Empaques toma de gases	5	4	1
52022-2	Columnas de gases	Escudos	5	4	1
62022-1	Electrobisturi	Pedal monopolar	5	1	4
62022-2	Electrobisturi	Pedal bipolar	5	0	5
62022-3	Electrobisturi	Cable placa paciente	5	2	3
72022-1	Laringoscopio	Bombillo	5	3	2
72022-2	Laringoscopio	Socket	5	0	5
82022-1	Mesa de cirugia	Control de movimientos	5	1	4
92022-1	Fonendoscopio	Aro campana	5	2	3
92022-2	Fonendoscopio	Aro membrana	5	4	1
92022-3	Fonendoscopio	Membrana adulto	5	2	3
92022-4	Fonendoscopio	Membrana pediatico	5	1	4
92022-5	Fonendoscopio	Olivas	5	5	0
102022-1	Microscopio Quirurgico	Bombillo halogeno	5	1	4
102022-2	Microscopio Quirurgico	Oculares	5	0	5
112022-1	Torre de artroscopia y laparoscopio	Fibra de luz	5	1	4
112022-2	Torre de artroscopia y laparoscopio	Cabezal de camara	5	0	5
112022-3	Torre de artroscopia y laparoscopio	Cable HDMI	5	1	4
112022-4	Torre de artroscopia y laparoscopio	Pieza shaver	5	0	5
122022-1	Fotoforo	Cargador	5	1	4
122022-2	Fotoforo	Bombillo LED	5	1	4
122022-3	Fotoforo	Bombillo Halogeno	5	2	3
132022-1	Camilla de transporte	Ruedas	5	4	1
132022-2	Camilla de transporte	Hidraulico	5	1	4
132022-3	Camilla de transporte	Freno	5	2	3
142022-1	Succionador	Filtro hidrofobico	5	3	2
142022-2	Succionador	Manguera siliconada	5	1	4
152022-1	Desfibrilador	Bateria	5	1	4
152022-2	Desfibrilador	Impresora	5	0	5

162022-1	Calentador de mantas	Manguera para manta	5	3	2
172022-1	Compresor vascular	Manijas	5	1	4
172022-2	Compresor vascular	Manguera general	5	2	3
182022-1	Torniquete	Brazalete pierna	5	1	4
182022-2	Torniquete	Brazalete brazo	5	1	4
182022-3	Torniquete	Manguera roja	5	1	4
182022-4	Torniquete	Manguera azul	5	0	5
182022-5	Torniquete	Pera	5	2	3
192022-1	Estimulador nervio periferico	Cable electrodo de estimulación	5	1	4
202022-1	Flujometro	Carcasa externa	5	5	0
202022-2	Flujometro	Carcasa interna	5	3	2
202022-3	Flujometro	Indicador de flujo	5	3	2

Nota: Inventario de repuestos Equipos biomédicos. Autoría Propia.

Cabe resaltar que la mayoría de estos repuestos se incluyeron en la matriz de gestión de repuestos de equipos biomédicos de salas de cirugía debido a las respuestas recopiladas de encuesta que se realizó con ingenieros o tecnólogos en biomédica que tienen experiencia laboral en el área de salas de cirugía.

7.5.7 Equipos de Back up debido a su criticidad

Debido a la criticidad de los equipos biomédicos de salas de cirugía si se llega a presentar un fallo con un equipo debemos minimizar o reducir la cantidad de eventos o incidentes adversos, por lo cual se sugiere contar con equipos de back up de equipos de alta complejidad, ya que si se llega a presentar una falla se pueda realizar cambio del equipo de manera eficaz y efectiva sin afectar la seguridad del paciente, mientras se da la solución del equipo que se encuentra fallando. Estos son los equipos que se sugieren que en una IPS tengan de Back Up, teniendo en cuenta la encuesta realizada a ingenieros o tecnólogos biomédicos que cuentan con experiencia en el área, adicional teniendo en cuenta el costo y espacio que requieren para tener en almacenamiento:

- Máquina de anestesia: 250'000.000
- Mesa de cirugía: 178'000.000
- Monitor multiparámetros: 37'000.000

- Vaporizadores: 25'000.000
- Electrobisturí: 40'000.000

7.5.8 Evaluación de costo beneficio del proyecto

Para realizar el análisis del costo beneficio del proyecto se determinó en primera medida el costo del desarrollo de cada una de las actividades planteadas en el modelo de mantenimiento a implementar en una Institución Prestadora de Salud de la siguiente manera:

Figura 15

Costo de implementación de modelo de mantenimiento para IPS en Salas de CX

Descripción	Costo
Costo mantenimiento preventivo	\$ 350.000.000
Costo mantenimiento predictivo	\$ 250.000.000
Costo capacitación personal técnico	\$ 150.000.000
Costo capacitación personal asistencial	\$ 100.000.000
Costo stock de repuestos	\$ 60.000.000
Costo equipos de back up	\$ 530.000.000
COSTO TOTAL INVERSION	\$ 1.440.000.000
COSTO TOTAL MODELO MANTENIMIENTO AÑO 1 EN ADELANTE	\$ 910.000.000

Nota: Costo modelo de mantenimiento. Autoría Propia.

Cada uno de los costos de mantenimiento y capacitación se realizó una asignación presupuestal por servicio, el costo del stock de repuestos se obtiene de la matriz desarrollada anteriormente, el costo de los equipos de back up se obtiene de la cotización de cada uno de los equipos asignados:

Figura 16

Costo de equipos de back up para Salas de CX

Equipos de back up	Costo
Máquina de anestesia	\$ 250.000.000
Mesa de cirugía	\$ 178.000.000
Monitor multiparametros	\$ 37.000.000
Vaporizadores	\$ 25.000.000
Electrobisturi	\$ 40.000.000
COSTO TOTAL	\$ 530.000.000

Nota: Costo equipos de back up. Autoría Propia.

Para saber cuáles son los ingresos al área de ingeniería biomédica por el servicio de Salas de cirugía se realizó de una tabla en la cual se sabe que el ingreso por día por una sala es de 23 millones, teniendo en cuenta que se cuenta con 3 salas de cirugía se obtienen 69 millones, de lo cual le corresponde por día a biomédica un 10% que sería 6'900.000 para un ingreso anual de 2.518.500.000.

Figura 17

Costo de equipos de back up para Salas de CX

	Costo
Ingresos por día por 1 sala CX	\$ 23.000.000
Ingresos totales por salas	\$ 69.000.000
% de asignación a mantenimiento biomédico	\$ 6.900.000
Ingreso anual	\$ 2.518.500.000

Nota: Ingresos anuales a biomédica por salas CX. Autoría Propia.

Por último, se realiza una matriz de costo beneficio teniendo en cuenta la inversión inicial, costos anuales para el modelo de mantenimiento e ingresos anuales, obtenido que el proyecto para reducir los tiempos de parada de los equipos biomédicos tiene una buena rentabilidad, ya que el costo beneficio es del 1.53

Figura 18*Costo beneficio de desarrollo de proyecto*

Proyecto para reducir tiempos de parada en Equipos Biomédicos					
Inflación anual 2022		12,2%			
Tasa retorno inversión		6%			
	AÑO				
	Inversión	1	2	3	4
Ingresos	0	\$ 2.518.500.000	\$ 2.825.757.000	\$ 3.170.499.354	\$ 3.557.300.275
Costos	\$ 1.440.000.000	\$ 1.021.020.000	\$ 1.145.584.440	\$ 1.285.345.742	\$ 1.442.157.922
VNA Ingresos	\$ 10.370.584.467,24				
VNA Costos	\$ 5.324.828.028,34				
VNA Costo + Inv	\$ 6.764.828.028,34				
Costo - Beneficio	1,53				

Nota: Matriz costo - beneficio. Autoría Propia.

8 CONCLUSIONES

A partir de este trabajo de investigación se puede concluir que, para desarrollar una propuesta de mejora para la gestión del mantenimiento de una empresa, se debe tener en cuenta que la confiabilidad de los equipos, lo cual no es solo responsabilidad del área de mantenimiento, también influyen de manera significativa las personas o áreas externas a esta como lo son: operaciones, compras, instalación, inventarios, diseño y selección, fabricantes y proveedores. De acuerdo con lo anterior se debe capacitar a todo el personal que se relacione de alguna manera con la confiabilidad de los equipos.

Por medio de la recopilación de información se encuentra que en la actualidad existen varios modelos que tienen como objetivo mejorar la gestión del mantenimiento de las empresas, pero cada uno se enfoca en aspectos diferentes y la selección del modelo correcto se debe evaluar detalladamente. Todos los modelos funcionan, pero no en todas las empresas, esto varía dependiendo de su sector y tipo de equipos que manejen.

Gracias a la comparación de varios aspectos entre el modelo de gestión de mantenimiento que actualmente se usa en la IPS y los modelos que se hallaron en la recopilación de información, se establece que el modelo ideal para mitigar los tiempos de parada de los equipos es el RCM2 debido a que este modelo de mantenimiento se enfoca en mejorar la confiabilidad, y utiliza herramientas que prometen no parar los equipos como lo son los mantenimientos predictivos o hacer paradas programadas con el fin de hacer mantenimiento preventivo cuando los equipos no estén en servicio; todo esto con el fin de evitar al máximo los mantenimientos correctivos en donde más se ve afectada la operación, teniendo en cuenta que buscamos maximizar la seguridad del paciente y minimizar todo evento o incidente adverso con el paciente.

Se identifican cuáles son los equipos de mayor criticidad en la sala de cirugía ya que a estos equipos son los que se les debe aplicar el RCM2. Utilizando varias de las herramientas que nos ofrece el RCM2 se identifican las oportunidades de mejora que se deberían implementar con el fin de reducir los tiempos de parada de los equipos biomédicos. Las oportunidades de mejora se deben realizar en los siguientes procesos: compras (estudio de proveedores) para obtención de repuestos, inventario (software), capacitación personal técnico y personal asistencial y equipos de back up necesarios.

9 RECOMENDACIONES

Realizar la taxonomía de todos los equipos que posea el centro de salud con el fin de identificarlos fácilmente.

A partir de la matriz de criticidad que se realizó en la investigación se establece que los equipos críticos con un riesgo alto son:

- Máquina de anestesia

- Intensificador de imagen
- Microscopio quirúrgico
- Torres de laparoscopia y artroscopia
- Instrumental de cirugía (lentes)
- Analizador de gases arteriales
- Ecógrafo
- Vaporizadores

Equipos con un riesgo medio:

- Mesa de cirugía
- Monitor multiparamétrico
- Electrobisturí
- Desfibrilador
- Camilla de transporte

A los equipos mencionados anteriormente se les recomienda implementar el modelo de gestión RCM2 para que la confiabilidad aumente y se acerque lo más posible al 100%, así mitigando los tiempos de parada de los equipos de salas de cirugía.

Una de las recomendaciones más importante es el tema de la capacitación a personal asistencial y técnico, esto ayudará de manera significativa a reducir los tiempos de parada de los equipos, minimizando las fallas en los equipos ocasionadas por el mal uso, adicionalmente podrían utilizar el cronograma sugerido que se encuentra presente en esta investigación.

Importante implementar un software que permita verificar y controlar el inventario de repuestos para evitar paradas de equipos por falta de estos, así garantizando un excelente manejo de inventario.

En cuanto al tema de compras lo recomendado sería realizar un estudio de proveedores con el fin de buscar las mejores condiciones y no tener demoras en la compra de objetos que puedan aumentar el tiempo de parada de los equipos.

También se recomienda tener Back up de los siguientes equipos:

- Máquina de anestesia
- Mesa de cirugía
- Monitor multiparámetros
- Vaporizadores
- Electrobisturí

Realizando una encuesta, se identificó que los equipos anteriormente enunciados deberían estar de BACK-UP en el área de cirugía, estos deben estar al día en cuanto a mantenimientos y documentación necesaria para su uso en la institución, ya que como están de reserva, pueden ser utilizados en cualquier momento.

Gracias a esta investigación, se puede observar que el RCM2 puede ser implementado en otras áreas de la institución, es decir, no está ligado a un servicio en específico. Se debe abordar la criticidad de los equipos y así mismo aplicar esta metodología obteniendo resultados de confiabilidad generando una mayor productividad.

10 Bibliografía

- Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Revista chilena de ingeniería*, 125-138.
- Ardila Marín, J. G., Ardila Marín, M. I., Rodríguez Gaviria, D., & Hincapié Zuluaga., D. A. (2016). La gerencias del mantenimiento: una revision . *Dimensión Empresarial*.
- Buriticá, C. A. (2014). *Gestión de activos hospitalarios: seguridad y efectividad clínica*. Medellín : Universidad Pontificia Bolivariana.
- Cabrera López, A. M., & Gómez Bolívar, L. S. (2017). *Propuesta de un sistema de gestión mantenimiento de equipos biomédicos en un hospital en el Valle del Cauca*. Valle del Cauca: Univesidad del Valle.
- Carbajal Rodriguez , J. G., & Chuman Piscoya, J. L. (2019). *gestión de mantenimiento y la eficiencia de los equipos biomédicos en la unidad de cuidados intensivos de un establecimiento de salud nivel ii-2 de la región callao, período 2018-2019*. Callao: Universidad Naciolan de Callao .
- Congreso de la Republica de Colombia . (12 de Diciembre de 1993). Ley 100. Colombia .
- Congreso de la República de Colombia. (5 de Agosto de 1994). Decreto 1769. Colombia .
- Cortés Mancera, F. (2013). Caracterización de la gestión del mantenimiento de equipo biomédico en servicios de urgencia de clínicas y hospitales de Medellín en el período 2008-2009. *Artículos de investigación clínica o experimental*, 10.
- Dirección de Medicamentos y Tecnologías en Salud Superintendencia de Industria y Comercio. (Mayo de 2015). Guía Rápida para las mediciones en Equipos Biomédicos. Bogotá, Colombia.

encolombia.com. (30 de 05 de 2022). Obtenido de *encolombia.com*:

<https://encolombia.com/economia/economiacolombiana/sector-salud/informe-sostenibilidad-andi/ips-prestacion-servicios-salud/>

Espín, V., & Ortiz, C. (2015). *Sistema de Gestión de Mantenimiento Integral en el Centro Quirúrgico del Hospital General Docente Ambato*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

Estatuto de ciencia y tecnología. . (6 de Agosto de 1990). Decreto 1767. Colombia.

Galar, D., Berges, L., Lambán, P., & Tormos, B. (2014). La medición de la eficiencia de la función mantenimiento a través de KPIs financieros. *DYNA*.

Hinojosa Muñoz , J. F., & Charig Hidalgo , K. R. (2018). *Plan de mantenimiento preventivo para las áreas de emergencia, clínica, esterilización, colposcopia e imagenología en el Hospital General Riobamba-IESS, aplicando estándares de la Organización Mundial de la Salud*. 2018: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Hurtado Martínez , M. J. (2022). *Modelo referencial de la gestión del mantenimiento de equipos biomédicos para instituciones hospitalarias nivel 3 en Colombia*. Cali: Universidad Autónoma de occidente.

Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos. (2013). *ABC Dispositivos Medicos Invima*. Bogotá, Colombia.

ISO copyright office. (12 de 12 de 2006). *Iso 14224:2006*. Switzerland.

Joint Commission. (1 de Enero de 2011). *Estándares para la acreditación de hospitales* . Estados Unidos .

lideres4.wordpress.com. (30 de 05 de 2022). Obtenido de ideres4.wordpress.com:

<https://lideres4.wordpress.com/2016/05/02/las-4-perspectivas-del-cuadro-de-mando-integral-kaplan-y-norton/>

Lozada Valdés, A. J., García Peña, B. S., & Duque Suarez, O. M. (2021). *Sistema Automatizado de gestión de mantenimiento de equipos biomédicos*. Revista Científica Facultad de Ingeniería.

Machaca Miranda, T. J., & Portugal Mendigur, R. F. (2018). *Propuesta de mejora en la gestión del area de medicina fisica y rehabilitacion de una clinica* . Arequipa : Universidad Catolica San Pablo .

mantenimiento.renovetec.com. (30 de 05 de 2022). Obtenido de renovetec:

<http://mantenimiento.renovetec.com/118-indicadores-de-mantenimiento>

Ministerio de hacienda y crédito pública. (2 de Marzo de 2004). Resolución 529 de 2004. Bogotá, Colombia.

Ministerio de la Protección Social . (27 de Noviembre de 2008). Resolución 4816 . Colombia .

Ministerio de la Protección Social . (Noviembre de 17 de 2009). Resolución Número 4410 . Colombia.

Ministerio de la Protección Social. (14 de Mayo de 2007). Resolución Número 1403 de 2007. Colombia.

Ministerio de Protección Social . (26 de Diciembre de 2005). Resolución 4725 de 2005 . Colombia.

Ministerio de Salud. (7 de Noviembre de 2002). Resolución 1474 de 2002. Colombia.

Ministerio de Salud y protección Social . (27 de Marzo de 2001). Resolución 434 de 2001. Bogotá, Colombia.

Ministerio de salud y protección social . (25 de Noviembre de 2019). Resolución 3100.

Colombia .

Ministerio de Salud y Protección Social. (28 de Mayo de 2014). Resolución Número 00002003 de 2014. Colombia.

Ministerio de salud y protección social . (16 de Noviembre de 2002). Resolución 1439. Colombia .

Miranda Vazquez, L. E. (2014). *Sistema para la gestion del servicio de mantenimiento en el area de ingenieria hospitalaria*. MÉXICO, D.F.: Universidad Nacional Autonoma de Mexico .

Niño González, A. F. (2019). *Desarrollo de una aplicación móviles para el área de ingeniería biomédica que permite agilizar y mejorar las rutinas de vigilancia activa*. Bogotá: Universidad del Rosario.

One, F. (s.f.). *Gestion de mantenimieento CMMS*. Obtenido de <https://one.fractal.com/signin>

Organizacion panamericana de la salud . (27 de 05 de 2022). www.paho.org. Obtenido de [paho.org: https://www.paho.org/es/sistemas-servicios-salud](https://www.paho.org/es/sistemas-servicios-salud)

pisa.com. (30 de 05 de 2022). Obtenido de pisa.com:

https://www.pisa.com.mx/publicidad/portal/enfermeria/manual/4_5_1.htm

Primero, D., Diaz, J., García, L., & González, A. (2015). *Manual para la gestión del mantenimiento correctivo de Equipos Biomédicos en la Fundación Valle del Lili*. Universidad Santiago de Cali. Cali: Revista Ingeniería Biomédica.

Puello Villamizar, B. M. (2019). *Caracterización del proceso de la gestión tecnológica en los equipos biomédicos disponibles en el servicio de cirugía de una Institución de salud de alta complejidad de Bucaramanga*. Bucaramanga: Universidad de Santander.

researchgate.net. (30 de 05 de 2022). Obtenido de *researchgate.net*:

https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Categorizacion-de-pacientes-cronicos-Piramide-de-riesgo-de-Kaiser-adaptada-de_fig1_277263265

Rodríguez Denis, E. B., Obando Reina, F., Sánchez Villar, M., Calvo Echeverry, P. C., Escobar Ordóñez, A., Ordóñez Medina, S., & Villa Jaramillo, J. D. (2016). *Manual de Gestión de Mantenimiento del Equipo Biomédico*. Cali: Universidad Autónoma de Occidente.

Viscaíno Cuzco, M., Villacrés Parra, S., Gallegos Londoño, C., & Negrete Costales, H. (2019). Evaluación de la gestión del mantenimiento en hospitales del instituto ecuatoriano de seguridad social de la zona 3 del Ecuador. *Scielo. www.renovetec.com*. (05 de 30 de 2022). Obtenido de *renovetec*: <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>

Zambrano, E., Teresa Prieto, A., & Castillo, R. (2015). *Indicadores de gestión de mantenimiento en las instituciones públicas de educación superior*. Maracaibo: Universidad Privada Dr. Rafael Beloso Chacín.