

Estrategia De Mantenimiento Para Equipos Odontológicos

Camilo Yesid Prieto Lara

Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director: Mauricio Aguilar León
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Universidad Industrial De Santander
Escuela de Ingeniería Mecánica.
Especialización En Gerencia De Mantenimiento
Bucaramanga
2019

Tabla de Contenido

Introducción	10
1. Objetivos	13
1.1 Objetivo General	13
1.2 Objetivos específicos.....	13
2. Marco Normativo	15
3. Marco Teórico.....	17
4. Metodología.....	26
4.1Diagnóstico – criticidad de los equipos y componentes	26
4.2Estrategia de mantenimiento.....	29
5. Resultados Y Análisis	39
5.1Diagnóstico – criticidad de los equipos	39
5.2Diagnóstico – criticidad de los componentes	40
5.3Aplicación de Estrategia de mantenimiento de equipo odontológico	50
6. Conclusiones y Recomendaciones	54
Referencias Bibliográficas	56

Lista de tablas

Tabla 1. Resultado de estudio de criticidad sobre equipos odontológicos	39
Tabla 2. Resultado de estudio de criticidad sobre componentes – Compresor.....	40
Tabla 3. Resultado de estudio de criticidad sobre componentes – Auto clave.....	41
Tabla 4. Resultado de estudio de criticidad sobre componentes – instrumento rotatorio.....	33
Tabla 5. Resultado de estudio de criticidad sobre componentes – Unidad Odontológica.....	34

Lista de figuras

Figura 1. Criterios para la clasificación de fallos. Basado en MIL-STD 1629A y MIL-STD-721 24

Figura 2. Metodología para el diseño y aplicación de la estrategia de mantenimiento..... 27

Figura 3. Protocolo de mantenimiento – compresor..... 31

Figura 4. Protocolo de mantenimiento – auto clave.....32

Figura 5. Protocolo de mantenimiento – instrumental rotatorio 33

Figura 6. Protocolo de mantenimiento – unidad odontológica..... 34

Figura 7. Pareto – compresor.....48

Figura 8. Pareto – autoclave.....49

Figura 9. Pareto - instrumento rotatorio49

Figura 10. Pareto - Unidad odontológica50

Figura 11. Mantenimientos preventivos y correctivos – compresor.....51

Figura 12. Mantenimientos preventivos y correctivos – autoclave.....52

Figura 13. Mantenimientos preventivos y correctivos – instrumental rotatorio52

Figura 14. Mantenimientos preventivos y correctivos – unidad odontológica.....53

Lista de apéndices

(Los apéndices están adjuntos en el CD y puede visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS)

Apéndice A. –Estrategia De Mantenimiento.xls

RESUMEN

TÍTULO: ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS ODONTOLÓGICOS

AUTOR: CAMILO PRIETO LARA

PALABRAS CLAVE: Mantenimiento, ERP, Criticidad, Confiabilidad

DESCRIPCIÓN:

El mantenimiento de los Equipos Biomédicos, se han venido presentando durante varios años, en la mayoría de los prestadores de servicio de manera correctiva. A partir de las exigencias normativas algunas instituciones iniciaron la realización de las hojas de vida y registro de los mantenimientos realizados a sus equipos, no obstante, los programas utilizados sobre los Equipos Biomédicos están basados en los protocolos de fabricantes sin llegar considerar factores importantes que intervienen y determinan el programa de mantenimiento correctivo y preventivo a realizar, tales como el tipo de servicio, el número de usuario, ciudad y condiciones de instalación.

Asisto Ingeniera es una empresa Colombiana dedicada al mantenimiento de equipos odontológicos, la empresa fue creada en el año 2009 y desde sus inicios ha desarrollado sus procesos teniendo en cuenta las variables convencionales en sus planes de mantenimiento preventivo y correctivo, a partir de un software especializado de mantenimiento, sin embargo al realizar un seguimiento sobre los procesos de mantenimiento desarrollado en los años 2017 y 2018 y los diferentes grupos de estudio realizados con 10 de los ingenieros contratados por la empresa, con más de 3 años de experiencia, se evidencia que existen factores externos que afectan de manera significativa la labor de mantenimiento, influyendo en la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, por tal razón se hace necesario realizar un diagnóstico que permita identificar las dificultades presentadas y las oportunidades de mejora que se puedan trabajar a partir de nuevas estrategias.

Teniendo en cuentas las necesidades presentadas, se diseña una estrategia de mantenimiento de Equipos Biomédicos Odontológicos basado en la información resultado de un diagnóstico inicial de criticidad y la creación de nuevas variables a partir del Software de Gestión de Mantenimiento, Sistema de Planificación de Recursos Empresariales - ERP (por sus siglas en inglés Enterprise Resource Planning) sobre el cual se incluyeron factores del entorno físico y de operación. El programa hace parte de la reestructuración del modelo gerencial de mantenimiento de equipos de la empresa Asisto Ingeniería – Asistencia Técnica Odontología, ubicada en la ciudad de Bogotá, la cual se ha esforzado durante los últimos años por implementar y mejorar los procesos de mantenimiento. En esta monografía se muestran los resultados obtenidos del diagnóstico, diseño y la aplicación de la estrategia.

ABSTRACT

TITLE: MAINTENANCE STRATEGY FOR DENTISTRY EQUIPMENT

AUTHOR: CAMILO PRIETO LARA

KEY WORDS: Maintenance, ERP, Criticality, Reliability

DESCRIPTION:

The biomedical equipment maintenance has been performed by the majority of service providers, in a corrective manner for several years. Based on the regulatory requirements, some institutions began to implement protocols and maintenance registration logs on their equipment. However, the protocols used on biomedical equipment are based on the manufacturer's protocols and some of these protocols do not consider relevant factors; such as the type of service, user number, city and installation conditions to determine the adequate corrective and preventive maintenance program required.

Asisto Ingenieria is a Colombian company located in Bogota and dedicated to dental equipment maintenance. Since its inception in 2009, Asisto Ingenieria has developed its protocols based on specialized software that takes into account the conventional variables in preventive and corrective maintenance plans.

In 2017 and 2018, after reviewing the internal protocols performed by 10 different engineers hired by Asisto Ingenieria, all of them with more than three years of experience, it was determined that there were external factors that can potentially affect the maintenance, reliability and availability of the equipment. This internal review motivated the development of a diagnostic protocol and a new strategy to address the difficulties presented and the opportunities for improvement.

The new maintenance strategy of biomedical dental equipment was designed to address the needs of the company based on the information resulting from an initial diagnosis of criticality and the creation of new variables from the Maintenance Management Software, Enterprise Resource Planning System (ERP); on which physical and operational environmental factors were included.

The novel strategy is part of the management restructuring model of equipment maintenance of Asisto Ingenieria, a company that has struggled to implement and improve maintenance protocols in the past years. This monograph shows the results obtained from the diagnosis, design and application of this strategy.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años Colombia se ha visto enfrentada a cambios y exigencias frente a la salud oral, que han permitido definir esta como una de las prioridades de salud a nivel país con el fin de regular sus prácticas institucionales, entre estos cambios se presentan en el Decreto 4725 de 2007, la formulación del Plan Nacional de Salud Pública 2007 -2010, la ley 1122 de 2007 que reforma la ley 100, la ley de talento humano en salud, la sentencia T.760 de 2008, entre otros.

Dando respuesta a las exigencias normativas que se han presentado, y la gran cantidad de prestadores del servicio de salud oral, el cual se ha venido incrementando de manera significativa en Colombia, las instituciones se han visto obligadas a regular y mejorar la calidad, la eficacia y la eficiencia del servicio a ofrecer, por tanto, el mantenimiento de los equipos biomédicos se ha convertido en parte fundamental de la infraestructura de los modelos de atención actuales.

El mantenimiento de los Equipos Biomédicos, se han venido presentando durante varios años, en la mayoría de los prestadores de servicio de manera correctiva. A partir de las exigencias normativas algunas instituciones iniciaron la realización de las hojas de vida y registro de los mantenimientos realizados a sus equipos, no obstante, los programas utilizados sobre los Equipos Biomédicos están basados en los protocolos de fabricantes sin llegar considerar factores importantes que intervienen y determinan el programa de mantenimiento correctivo y preventivo a realizar, tales como el tipo de servicio, el número de usuario, ciudad y condiciones de instalación.

Asisto Ingeniera es una empresa Colombiana dedicada al mantenimiento de equipos odontológicos, la empresa fue creada en el año 2009 y desde sus inicios ha desarrollado sus procesos teniendo en cuenta las variables convencionales en sus planes de mantenimiento preventivo y correctivo, a partir de un software especializado de mantenimiento, sin embargo al realizar un seguimiento sobre los procesos de mantenimiento desarrollado en los años 2017 y 2018 y los diferentes grupos de estudio realizados con 10 de los ingenieros contratados por la empresa, con más de 3 años de experiencia, se evidencia que existen factores externos que afectan de manera significativa la labor de mantenimiento, influyendo en la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, por tal razón se hace necesario realizar un diagnóstico que permita identificar las dificultades presentadas y las oportunidades de mejora que se puedan trabajar a partir de nuevas estrategias.

Teniendo en cuentas las necesidades presentadas, se diseña una estrategia de mantenimiento de Equipos Biomédicos Odontológicos basado en la información resultado de un diagnóstico inicial de criticidad y la creación de nuevas variables a partir del Software de Gestión de Mantenimiento, Sistema de Planificación de Recursos Empresariales - ERP (por sus siglas en inglés Enterprise Resource Planning) sobre el cual se incluyeron factores del entorno físico y de operación. El programa hace parte de la reestructuración del modelo gerencial de mantenimiento de equipos de la empresa Asisto Ingeniería – Asistencia Técnica Odontología, ubicada en la ciudad de Bogotá, la cual se ha esforzado durante los últimos años por implementar y mejorar los procesos de

mantenimiento. En esta monografía se muestran los resultados obtenidos del diagnóstico, diseño y la aplicación de la estrategia.

En el ámbito biomédico siempre se ha tenido en cuenta los equipos médicos como parte fundamental de los servicios de salud y dada esta importancia, se ha dado relevancia también a su respectivo mantenimiento. En Colombia se pueden encontrar variedad de empresas especializadas en el mantenimiento de Equipos biomédicos, sin embargo, en el campo de la odontología son muy pocas las empresas que prestan el servicio de mantenimiento de manera especializada que cumplan con toda la normativa y cuente con los equipos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento.

Adicional a esto, el mantenimiento de los equipos Biomédicos de Odontología está definido por procedimientos establecidos por los fabricantes sin que en estos se incluyan los tiempos específicos de programación de mantenimientos y se tenga en cuenta los factores determinantes como los usos a los que se someten los diferentes equipos, a partir de esta necesidad se diseña una estrategia que determine la frecuencia del mantenimiento preventivo que se requiere para el correcto funcionamiento de los Equipos Biomédicos y la inclusión de un Kit de repuestos que permitan garantizar la disponibilidad de los equipos necesarios mejorando los mantenimientos preventivos.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Diseñar y aplicar una estrategia de mantenimiento basada en la información obtenida por el Sistema de Planificación de Recursos Empresariales - ERP (por sus siglas en inglés Enterprise Resource Planning) teniendo en cuenta las características del entorno físico y de operación de los de Equipos Biomédicos de las Clínicas Odontológicas.

1.2 Objetivos específicos

- Realizar seguimiento al número de componentes cambiados y su periodicidad con el fin de diseñar un kit para los diferentes componentes para Equipos Biomédicos de Odontología que permita realizar un correcto mantenimiento preventivo y reduzca el número de mantenimiento correctivo ocasionados por fallas de los diferentes componentes de los equipos.

- Identificar las variables que afectan la confiabilidad estimada, con el fin de establecer las disponibilidades de los equipos según su ubicación geográfica

- Diseñar una herramienta basada en la información del ERP con el fin de establecer la cantidad de mantenimientos preventivos necesarios para los Equipos Biomédicos de una Clínica Odontológica.

- Analizar la base de datos de solicitud para determinar el número de servicios correctivos a realizar en un tiempo determinado.

- Realizar seguimiento al número de servicios correctivos y su periodicidad con el fin de evidenciar la frecuencia de los mantenimientos preventivos requeridos según el tipo de clínica y los diferentes Equipos biomédicos.

2. Marco Normativo

- **Las Leyes 10 de 1990, 100 de 1993, 1122 de 2007 y 715 de 2001:** desarrollan los fundamentos que rigen el Sistema General de Seguridad Social en Salud y determinan su dirección, organización y funcionamiento, normas administrativas, financieras, de control y las obligaciones que se derivan de su aplicación bajo los fundamentos de equidad, obligatoriedad, protección integral, libre escogencia, autonomía de las instituciones, descentralización administrativa, participación social, concertación y calidad.

- **Artículo 189 de la ley 100 de 1993:** Mantenimiento Hospitalario. Los hospitales públicos y los privados en los cuales el valor de los contratos suscritos con la nación o las entidades territoriales representen más de treinta por ciento (30 %) de sus ingresos totales deberán destinar como mínimo el 5% del total de su presupuesto a las actividades de mantenimiento de la infraestructura y la dotación hospitalaria.

- **Decreto 2309 de 2002:** por el cual se define el Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la atención de salud.

- **Decreto 3039 del 10 de agosto de 2007:** adopta el Plan Nacional de Salud Pública para el Cuatrienio 2007–2010 que será de estricto cumplimiento, en el ámbito de sus competencias y obligaciones por parte de la Nación, las entidades departamentales, distritales y municipales de salud las entidades promotoras de salud de los Regímenes Contributivo y Subsidiado, las entidades obligadas a compensar, las entidades responsables de los Regímenes Especiales y de Excepción y los Prestadores de Servicios de Salud. Este Decreto estableció la Salud Oral como la tercera prioridad nacional en

salud. Allí se consignan las metas nacionales y las estrategias para mejorar la salud oral, en cuanto a promoción de salud, prevención de riesgos, recuperación de la salud y vigilancia en salud.

- **Decreto 1011 de 2006 y su Resolución 1043 de 2006:** Por el cual se establecen las condiciones que deben cumplir los prestadores para habilitar los servicios.
- **Decreto 3518 de 2006:** Por el cual crea y reglamenta el Sistema de Vigilancia en Salud Pública. Este Decreto determina los conceptos y aspectos operativos básicos del Sistema Nacional y sirve de referente para los Subsistemas de Vigilancia como el de salud oral, SISVESO.
- **Resolución 1043 de 2006:** Por la cual se establecen las condiciones que se deben cumplir los prestadores de Servicios de la Salud para habilitar sus servicios e implementar el componente de auditoria para el mejoramiento de la calidad de atención y se dictan otras disposiciones.

3. Marco Teórico

Mantenimiento

El mantenimiento se entiende como una actividad técnica y administrativa que busca prevenir posibles daños, mantener y mejorar el funcionamiento de un equipo (Giraldo, 2016). En el ámbito de la salud oral, los Equipos biomédicos son elementos indispensables en la prestación de los servicios de prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades odontológicas. De allí la importancia de implementar un programa que permita mantener las buenas condiciones de los equipos evitando inconvenientes a los pacientes de las diferentes clínicas odontológicas.

Según Perilla (2005), para ofrecer los servicios de salud cumpliendo con los lineamientos del sistema de garantías de la calidad, los Equipos Biomédicos deben operar bajo las condiciones de diseño y seguridad del fabricante, las cuales deben alcanzarse mediante acciones oportunas de mantenimiento.

En las instituciones prestadoras de servicios de salud oral, se tiene como objetivo primordial la atención a pacientes en altas condiciones de seguridad y calidad, por esta razón es necesario considerar todos los aspectos relevantes en el momento de efectuar un mantenimiento buscando optimizar la confiabilidad del Equipo Biomédico, mantener los equipos en buen estado, asegurara rápidas reparaciones y máxima disponibilidad, mejorar el servicio, entre otras (Arismendi, 2004).

Con el fin de llevar cabo las tareas que permitan organizar los mantenimientos que se requieren para cumplir con los requerimientos y la normativa establecida se debe tener en cuenta:

Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo son aquellas acciones técnicas y administrativas que se aplica en el caso de presenta alguna falla o error en el sistema de los equipos, este puede ser ocasionado por daño o rompimiento de alguna pieza. Este tipo de mantenimiento ocasiona una detención del servicio ocasionando sobre costos y dificultades en el desarrollo de las actividades. Se aplica en el momento en que se presente la falla.

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se entiende como todas aquellas acciones técnicas y administrativas que se realizan en los equipos biomédicos de manera planeada y programada teniendo en cuenta inspecciones periódicas establecidas según la naturaleza de cada máquina y encaminadas a descubrir posibles defectos que pueden ocasionar detenciones en el servicio de los equipos o daños mayores que afecten la vida útil del mismo (González, 2007).

El mantenimiento preventivo trabaja a partir de la ejecución sistemática y periódica de actividades administrativas y técnicas como inspección semanales, diarias y

mensuales en las cuales se lleva a cabo cambios de piezas, accesorios o repuestos que permitan que el equipo biomédico funcione de la manera adecuada de manera eficiente y confiable. Para que esto se lleve a cabo de la mejor manera se debe tener en cuenta:

- **Calibración:** consiste en realizar una comparación entre los resultados obtenidos del producto de los procesos realizados con los diferentes patrones y estándares internacionales o que se dan por la normatividad, esta actividad se hace a través de instrumentos, equipos, patrones o estándares.
- **Verificación o inspección:** son las acciones de evaluación al detalle de manera visual contando con la herramienta de medición para cada una de las partes o componentes del equipo biomédico, con el fin de verificar el estado en el que se encuentra y su funcionamiento frente a las características técnicas de operación dadas por los fabricantes
- **Pruebas de operatividad:** son las acciones de inspección visuales de funcionamiento e integrales, realizadas con el fin de verificar la eficiencia y seguridad de los Equipos Biomédicos, siguiendo la normatividad y los procedimientos emitido por los fabricantes y por las entidades encargadas de la reglamentación sobre los lineamientos de calidad de estos equipos.
- **Limpieza:** son todas las acciones encaminadas a la remoción de elementos extraños o nocivos para la estructura interna o externa y los componentes parte del equipo biomédico.

- **Lubricación:** es la acción por la cual se logra reducir el desgaste y la fricción de las partes componentes de los Equipos Biomédicos a partir de aplicación de productos específicos para tal fin.

- **Pruebas de Funcionamiento.** Hace referencia a las pruebas efectuadas a cada Equipo Biomédico con el fin de verificar su óptimo funcionamiento teniendo en cuenta las características dadas por el fabricante y los factores de unos de los Equipos.

Análisis de Criticidad

El análisis de criticidad es una herramienta que permite identificar y organizar los equipos priorizando aquellos en los cuales se requiere una intervención en un tiempo específico. Este análisis aporta en la identificación de eventos que interfieren de manera inesperada en normal funcionamiento de los Equipos. Según Arismendi (2004), un equipo crítico se puede identificar cuando:

- Su falla interrumpe el proceso normal del servicio.
- Genera problemas ambientales.
- Causa desperdicio de servicios públicos como agua y energía.
- Ocasiona demora en la atención de los pacientes.
- Su mantenimiento es costoso.
- Requiere reparaciones frecuentes.
- Sus repuestos son difíciles de conseguir.

Plan de Mantenimiento

El plan de mantenimiento es la organización de las acciones técnicas y administrativas programadas para los equipos biomédicos buscando asegurar la disponibilidad y confiabilidad de estos, para ello se realizan pruebas de seguridad, verificación, calibración y mantenimiento preventivo (Rodríguez. 2003).

El plan de mantenimiento de Equipos biomédicos debe estar apoyado en un sistema de información con el fin de asegurar datos precisos y confiables, de esto depende el cumplimiento de las metas, las estadísticas e informes, los costos y controles del mantenimiento, entre otros.

Todos los planes de mantenimiento requieren establecer los diferentes niveles de manejo de información, al igual que las variables que se deben tener en cuenta para poder programar mantenimientos centrados en la confiabilidad. El reto de la confiabilidad está basado en la detección de una falla con el tiempo suficiente para permitir un cambio de pieza o del equipo, una reparación, planificando y programando de manera proactiva (Smith, 2011).

Según Arismendi (2004), los elementos de un sistema de información necesarios para el mantenimiento de un Equipo Biomédico son:

- Codificación: establecer un código para cada uno de los Equipos Biomédicos, los servicios, unidades, insumos y repuestos.
- Estándares de mantenimiento: entendidas como las actividades básicas de inspección y mantenimiento preventivo que se realizan a los equipos biomédicos con determinada periodicidad.

- Ficha técnica: es el documento que registra, identifica y describe el equipo
- Orden de trabajo: es la planeación del mantenimiento de un Equipo, esta puede ser por solicitud de las entidades prestadoras del servicio o por la programación de acuerdo con la información en el sistema de mantenimiento.
- Hoja de vida: es el documento donde se recopila la información de los mantenimientos realizados a cada equipo, este documento debe estar actualizado y diligenciado con la información prioritaria de cada Equipo.
- Manuales de mantenimiento: son los documentos que comunican el manejo de los equipos, estos pueden ser de procedimientos, organización, instrucciones o técnicos.

Indicadores de Gestión de Mantenimiento

Los indicadores de gestión permiten realizar un control de las actividades de mantenimiento, a partir de estos se logra la toma de decisiones, el establecimiento de metas, la creación de informes (Tavares, 2003).

Los principales objetivos que se plantean desde los indicadores de gestión del mantenimiento pueden ser:

- Precisar aquellos indicadores de gestión, que de alguna manera sean una medida de eficiencia del mantenimiento.
- Indicar los objetivos del mantenimiento y la evaluación de los resultados hacia el cumplimiento de los objetivos.
- Identificar los puntos que requieren mayor atención

- Mejorar continuamente los procesos de mantenimiento
- Establecer nuevas metodologías para la eliminación de pérdidas

Confiabilidad de los activos

Las estrategias y tecnologías de mantenimiento ofrecen recursos que contribuyen a lograr altos niveles de confiabilidad de los activos, sin embargo, no garantizan que deje de existir una falla, según Cabrera (2007) en el funcionamiento de los equipos inciden muchas variables tales como la confiabilidad humana, confiabilidad de diseño, confiabilidad en el mantenimiento, confiabilidad de la operación.

Entendiendo que la confiabilidad es la probabilidad de que un activo (o conjunto de activos) desempeñe su función de manera adecuada sin generar fallos teniendo en cuenta unas condiciones y un tiempo determinado, se podría concluir entonces que para los procesos de mantenimiento es la confiabilidad se convierte en una medida de garantía que brinda seguridad y disminuye el riesgo (Cabrera, 2017)

Adicional a esto, se debe tener en cuenta la definición de fallo como el estado en donde un activo no puede desempeñar su función, según Cabera (2017) antes de cualquier fallo existe una acción preventiva que tratan de impedir que el fallo ocurra o intenta minimizar el fallo, esto quiere decir que los fallos tienen una clasificación se acuerdo a su severidad y su frecuencia:

Fallos según su severidad (categorías).		Fallos según su frecuencia.	
I-Catastrófico.	Fallo que puede causar muerte de personas, daño ambiental severo o pérdida de los activos.	A-Frecuente.	Alta probabilidad de ocurrencia durante el intervalo de operación. Puede definirse la probabilidad para un modo de fallo con una probabilidad de ocurrencia mayor de 20% durante el tiempo de operación.
II-Crítico.	Fallo que puede causar lesiones severas a las personas, daños ambientales o al propio sistema que falla. Impide el cumplimiento de las funciones del activo.	B-Razonablemente probable.	Moderada probabilidad de ocurrencia durante el intervalo de operación. Puede definirse la probabilidad para un modo de fallo con una probabilidad de ocurrencia mayor de 10% pero menor de 20% durante el tiempo de operación.
III-Marginal.	Fallo que puede causar lesiones menores, daños menores ambientales y al propio sistema, pérdidas de disponibilidad.	C-Ocasional.	Ocasional probabilidad de ocurrencia durante el intervalo de operación. Puede definirse la probabilidad para un modo de fallo con una probabilidad de ocurrencia mayor de 1% pero menor de 10% durante el tiempo de operación.
IV-Menor.	Fallo que no causa lesiones, ni daña al ambiente ni al sistema, pero exigirá mantenimiento no programado o reparación.	D-Remoto.	Muy baja probabilidad de ocurrencia durante el intervalo de operación. Puede definirse la probabilidad para un modo de fallo con una probabilidad de ocurrencia mayor de 0,1% pero menor de 1% durante el tiempo de operación.
Fallos según la forma de ocurrencia.		E-Improbable.	Probabilidad de ocurrencia prácticamente igual a cero. Puede definirse para un modo de fallo con una probabilidad de ocurrencia menor de 0,1% durante el tiempo de operación.
Predecible.	Fallo cuya ocurrencia es predecible dado unos síntomas indicativos.	Fallos según su relación con otros ítem.	
Aleatorio.	Fallo cuya ocurrencia sólo es predecible en un sentido probabilístico o estadístico.	Dependiente.	Fallo causado por el fallo de otro activo asociado o en interacción.
Intermitente.	fallo temporal, tras el cual el activo cumple su función sin haberse realizado ninguna corrección.	Independiente.	Fallo que ocurre sin guardar relación con otro activo que pueda influir.

Figura 1. Criterios para la clasificación de fallos. Basado en MIL-STD 1629A y MIL-STD-721. Tomado de La confiabilidad integral del activo, Cabrera (2007)

La confiabilidad es la probabilidad de que un activo o conjunto de activos desempeñe su función, libre de falla y bajo determinadas condiciones, durante un periodo de tiempo, también determinada. Teniendo en cuenta los aspectos que afectan la confiabilidad, se podría determinar que algunos variables desde el mantenimiento de equipos odontológicos llevan a evaluar las fallas presentadas tales como tipo de cliente, número de pacientes atendidos en un día, número de operarios de cada equipo, zona donde se encuentra en servicio y la disponibilidad deseada por el prestador del servicio, en este caso cliente del mantenimiento.

La confiabilidad inherente de un sistema, se relaciona con el número de fallas que ocurre en un determinado tiempo y bajo específicas condiciones de operación, por su parte la confiabilidad humana se vincula con el número de errores que se cometen en un tiempo igualmente determinado y nuevamente bajo específicas condiciones de trabajo, por ello la confiabilidad durante la operación suma los modos de fallo que ocurren por la interacción con la naturaleza en interacción con su ambiente como temperatura, humedad relativa, altura (las cuales llamaremos modos de fallo técnico) y aquellas determinadas por las personas (llamadas modos de fallo humanos o sencillamente errores) (Cabrera, 2007)

4. Metodología

Diagnóstico – criticidad de los equipos y componentes

Para el diseño, desarrollo e implementación de la estrategia de mantenimiento de Equipos Biomédicos en Odontología, centrado en la información obtenida por el ERP de la empresa Asisto Ingeniería – Asistencia Técnica Odontología, ubicada en la ciudad de Bogotá, quienes cuentan con la disposición y los recursos para hacer parte de este Proyecto.

El proyecto se inicia a partir de la realización de un diagnóstico inicial que permitió identificar las necesidades frente al proceso de mantenimiento, identificar la criticidad de los componentes de los equipos y las variables que afectan de manera significativa en la disponibilidad de los equipos, de allí se diseña una estrategia de mantenimiento incluyendo algunas variables a tener en cuenta en los planes de mantenimiento convencionales, las cuales se identifican como gran impacto caracterizadas en factores externos

Con el fin de proporcionar una mejora es el mantenimiento, tiempo y disponibilidad de los Equipos, entre otros aspectos para tener en cuenta, se plantea la siguiente metodología:

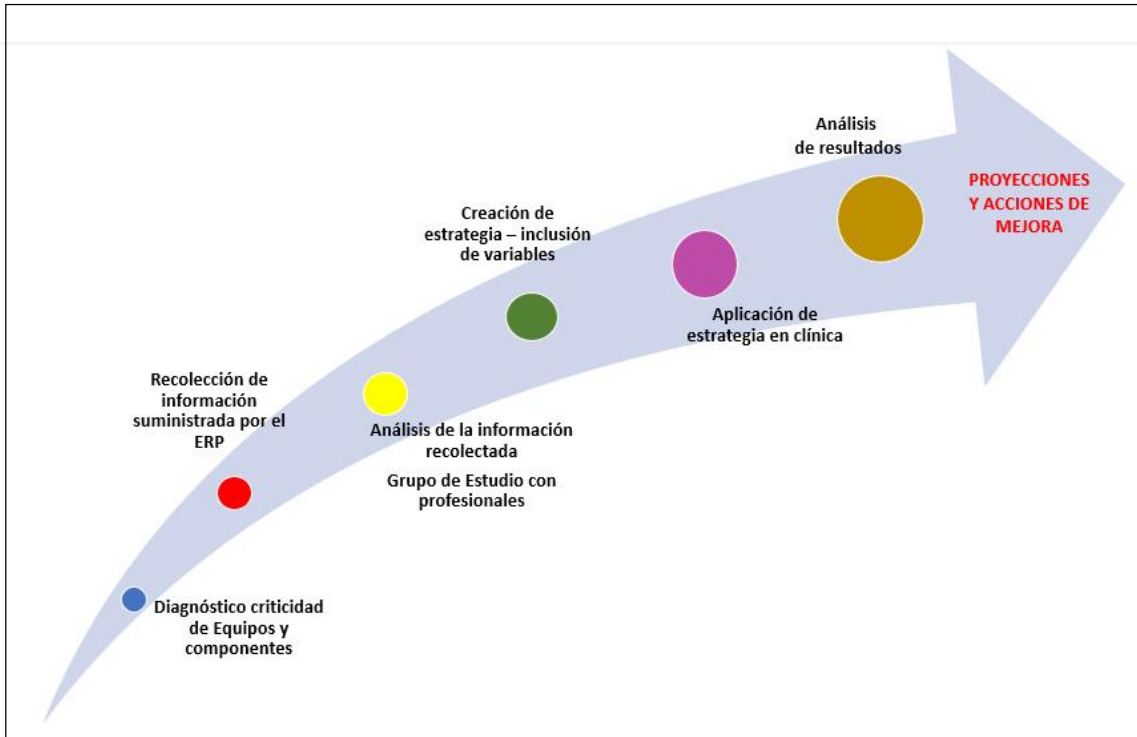


Figura 2. Metodología para el diseño y aplicación de la estrategia de mantenimiento

Con el fin de buscar una estrategia de mantenimiento que permita mejorar notablemente los procesos de mantenimiento de la empresa y evitar la interrupción o demoras en los servicios a causa de los equipos, disminuir los problemas ambientales y el desperdicio de energía, aumentar la vida útil de los equipos, reducir costos de mantenimiento y contar con un kit de componentes disponibles como las herramientas preventivas, se realizó un diagnóstico de criticidad de los componentes para el mantenimiento preventivo de los equipos.

Para el desarrollo del diagnóstico se realizó un inventario de los equipos odontológicos y componentes necesarios para el mantenimiento, teniendo en cuenta la hoja de vida de los equipos y la información recolectada mes a mes desde enero de 2017

hasta noviembre de 2018, a partir de esta información se realiza un índice de criticidad aplicado a diez (10) ingenieros – técnicos en mantenimiento con más de 3 años de experiencia en la labor profesional, los cuales hacen parte de del talento humano contratado pro Asisto Ingeniería, la aplicación se realizó de manera individual y privada, los resultados fueron promediados con el fin de identificar los equipos con mayor grado de criticidad que afectan los servicios y el mantenimiento, posterior a esto, se tomaron los cuatro (4) equipos con mayor criticidad y ser realizo el análisis de los componentes frente a las mismas variables:

- Ocasiona la interrupción del servicio
- Su falla causa problemas ambientales
- Genera desperdicio de energía
- Ocasiona demora en el servicio
- Requiere cambio frecuente
- Es de fácil adquisición

Para la realización del análisis de criticidad en los equipos odontológicos y sus respectivos componentes se usó del modelo factores ponderados basado en el concepto de riesgo, donde se tuvo en cuenta la probabilidad de ocurrencia de las fallas con sus consecuencias.

- **Frecuencias de Falla:** son el número de repeticiones en un periodo de tiempo de una alteración del cumplimiento satisfactorio de un proceso, sistema, maquina o pieza. (Hernández, Santos, Del Valle, 2014).

- **Impacto Operacional:** porcentaje de producción que se perjudica cuando aparece una falla. (Hernández, Santos, Del Valle, 2014).

Para obtener el nivel de criticidad se tomaron los valores totales individuales de cada uno de los factores principales evaluados: frecuencia e impacto operacional o consecuencias, y se ubican en la matriz de criticidad, la cual permite jerarquizar los niveles en tres áreas como se demuestran a continuación:

- **Equipos no críticos:** Son los equipos que en el caso de fallar no repercuten de manera importante en el servicio.
- **Equipos semi críticos:** Son los equipos que en el caso de fallar afectan levemente el servicio, pero permite lapsos relativamente largos para reparar la avería.
- **Equipos críticos:** Son aquellos que al fallar ocasionan una interrupción del servicio por lo tanto su reparación es de carácter urgente

Estrategia de mantenimiento

Una vez analizada la criticidad de equipos y componentes, los datos arrojados por ERP y los diferentes análisis realizados en grupos de estudio con los profesionales de mantenimiento de la empresa Asisto Ingeniería, se dio inicio a la revisión de los numero de servicios de mantenimiento correctivos de algunas clínicas escogidas procurando que existiera el mayor número de similitud entre las instituciones y servicios ofrecidos,

reiterando las variables que afectaron de manera significativa la disponibilidad de los equipos. La estrategia adiciona a las variables convencionales que se deben tener en cuenta en el plan de mantenimiento, variables que de acuerdo con el estudio realizado desde la empresa Asisto, se han determinado como factores importantes para tener en cuenta tales como ubicación geográfica, frecuencia y disponibilidad de los equipos deseada por el cliente.

Posteriormente, se procedió a realizar una aplicación en una clínica escogida en la ciudad de Bogotá, para dar inicio al desarrollo de la propuesta, se identificaron dos clínicas “LAGO” y “CALLE 95” las cuales cuentan con el mayor número de características similares, es decir, se encuentran ubicadas, en la misma ciudad, en el mismo sector, las dos clínicas son consultorios privados con promedios equivalentes en número de pacientes y profesionales que operan los equipos de la salud oral.

En la clínica “LAGO”, se aplicó el protocolo de mantenimiento convencional de la Empresa Asisto Ingeniería, a continuación, se presenta el protocolo de mantenimiento convencional aplicado por la empresa en los equipos identificados con mayor criticidad:

ASISTO INGENIERIA		INSTRUCTIVO TEMPORARIO		Version 1 FC-018	
Tipo Servicio:	Preventivo	Duracion Estimada:	0	Tipo ot:	Externo
Periodo Horas:	0	Periodo Dias:	360	Defiende equipos:	Si
Codigo	MantCompr	Descripcion	Mantenimiento compresor		
DETALLE TEMPORARIO					
		Codigo	Cantidad Estandar	Cantidad Tropicalizada	
Sin Sistema					
Actividades					
Inspección de las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo	InspAmb		1	0	
Limpieza integral externa	LimExt		1	0	
Inspección externa del equipo	InspExt		1	0	
Drene el tanque o reservatorio de aire	Drenar		1	0	
Comprobar el estado de los cables	cables		1	0	
Lubricación y engrase	LubEng		1	0	
Prueba de fugas	Fugas		1	0	
Pruebas de funcionamiento	Pruebas		1	0	
PROCEDIMIENTO DE ACTIVIDADES					
cables	Comprobar el estado de los cables	Comprobar el estado de los cables del equipo ?? Inspeccione visualmente el cable de red, el conductor de protección, los cables de control y los cables de datos. Si el cableado está dañado externamente ?? Sustituya el cable en cuestión.			
Drenar	Drene el tanque o reservatorio de aire	Conecte la manguera al registro de drenaje y abra lentamente el registro para drenarlo, cuando termine el proceso asegurese que el registro quede bien cerrado. La frecuencia del drenaje depende de las condiciones de ambiente en que se encuentra el compresor y el tiempo de operación; es usual drenarlo cada 2 o 3 días.			
LimExt	Limpieza integral externa	Eliminar cualquier vestigio de suciedad, desechos, polvo, moho, hongos, etc., en las partes externas que componen al equipo, mediante los métodos adecuados según corresponda. Esto podría incluir: • Limpieza de superficie externa utilizando limpiador de superficies líquido, lija, limpiador de superficies en pasta (robbin), etc. • Limpieza de residuos potencialmente infecciosos utilizando sustancias desinfectantes como bactericidas y virucidas no residuales ni corrosivas en equipos como centrifugas, microcentrifugas, bombas de infusión, analizador de gases sanguíneos. Ejemplos específicos: • En el gasómetro, limpie con cloro casero al 15%, luego un trapo humedecido con agua no ionizada. Limpieza del recipiente de desperdicios. Para esta tarea el técnico deberá utilizar los medios de protección necesarios (Por ejemplo: guantes, mascarilla, gavacha, etc.) De preferencia aquellos equipos que presentan en el mantenimiento del operador esterilización, deben ser recibidos por el personal de mantenimiento sólo cuando ya se haya realizado este procedimiento.			

Figura 3. Protocolo de mantenimiento – compresor

ASISTO INGENIERIA		INSTRUCTIVO TEMPARIO		Version 1 FC-018	
Tipo Servicio:	Preventivo	Duración Estimada:	0	Tipo de:	Externo
Periodo Horas:	0	Periodo Dias:	90	Detiene equipos:	Si
Codigo:	Mant/Aut	Descripcion:	Mantenimiento Autoclave		
DETALLE TEMPARIO					
		Codigo	Cantidad Estandar	Cantidad Tropicalizada	
Sin Sistema					
Actividades					
Inspección de las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo	InspAmb		1	0	
Limpieza integral externa	LimExt		1	0	
Inspección externa del equipo	InspExt		1	0	
Limpieza junta de la puerta	LimJunPuer		1	0	
Limpieza integral interna	LimpInt		1	0	
Inspección interna	InspInt		1	0	
Limpieza de valvulas	LimValv		1	0	
Limpieza de la camera	LimCam		1	0	
Comprobar el estado de los cables	cables		1	0	
Verificación contactos electricos	Contact		1	0	
Pruebas de funcionamiento	Pruebas		1	0	
Ajuste y Calibración	Calibracion		1	0	
Limpieza y Desinfección	LimpDes		1	0	
PROCEDIMIENTO DE ACTIVIDADES					
LimValv	Limpieza de valvulas	Abrir las valvulas de paso y realizar limpieza para eliminar los residuos de agua y verificar el sistema de accionamiento y funcionamiento.			
cables	Comprobar el estado de los cables	Comprobar el estado de los cables del equipo ?? Inspecciona visualmente el cable de red, el conductor de protección, los cables de datos y los cables de datos. Si el cableado está dañado externamente: ?? Sustituye el cable en cuestión			
LimpDes	Limpieza y Desinfección	<p>Cuando en la utilización de productos de desinfección, es importante observar las prescripciones de utilización suministradas por el fabricante de los mismos y las determinaciones de los órganos públicos de salud. Existen en el mercado diversos productos de desinfección con diferentes índices de concentración. Cuando en su selección deben ser considerados los siguientes factores con relación al equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Naturaleza de la superficie a ser desinfectada y si la misma puede sufrir corrosión o ataque químico. - Grado de contaminación y su forma de eliminación. - Calidad del agua utilizada y su influencia en la desinfección. - Método de desinfección. - Seguridad en la manipulación y uso. <p>Recomendamos desinfectantes a base de ácido peracético (4 g de ácido peracético + 26 g de peróxido de hidrógeno para cada 100 g de solución). La desinfección deberá ser realizada de la siguiente forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> - retirar el exceso de la carga contaminante, utilizando papel absorbente o paño. - Descartar este material en lugar apropiado; - Aplicar sobre el área afectada el desinfectante adecuado y dejar actuar el tiempo necesario. - Remover el desinfectante con un paño mojado. <p>Al realizarse la limpieza, se debe evitar la penetración de líquidos en el interior del equipo, ya que esto podrá producir daños en el mismo.</p>			

Figura 4. Protocolo de mantenimiento – auto clave

ASISTO INGENIERIA		INSTRUCTIVO TEMPARIO		Version 1 FC-018	
Tipo Servicio:	PREVENTIVO	Duracion Estimada:	1	Tipo de:	Externo
Periodo Horas:	0	Periodo Dias:	90	Defiende equipos:	SI
Codigo:	PRO005	Descripcion:	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PIEZA DE ALTA		
DETALLE TEMPARIO					
	Codigo	Cantidad Estandar	Cantidad Tropoicizada		
Sin Sistema					
Actividades					
Limpieza	Limpieza	1	1		
Control de condiciones	Turbina00	1	1		
Control visual	Turbina01	1	1		
Control sistema de sujecion	Turbina02	1	1		
Control Fuerza de retención axial	Turbina03	1	1		
Control Ruidos de marcha	Turbina08	1	1		
Control del numero de revoluciones	Turbina09	1	1		
Control de Hermeticidad	Turbina11	1	1		
Control Spray	Turbina12	1	1		
Limpieza y Desinfeccion	LimpDes	1	1		
Lubricacion	Lubricacion	1	1		
PROCEDIMIENTO DE ACTIVIDADES					
Turbina12	Control Spray	- Cantidad de agua como mínimo 50 ml/min - Controle si hay una pulverización normal. - El cono (los conos) de spray deben alcanzar la fresa de forma centrada.			
Turbina02	Control sistema de sujecion	- Pinza de sujeción por botón de presión para fresas FG: Controle la facilidad de sujeción y de extracción del mandril de ensayo. - Pinza de sujeción para fresas FG: Controle la sujeción y el empuje hacia fuera del mandril de ensayo. Controle mandril de ensayo y verificación de bolet, girando el mandril de ensayo. ¡ No ponga en marcha la turbina.			
Turbina09	Control del numero de revoluciones	370.000 ± 20.000 rpm para turbinas mini 310.000 ± 20.000 rpm para 898-LE 330.000 ± 20.000 rpm para TRAND HS y TE-95 y TE-98 350.000 ± 20.000 rpm para TA-98 y todos los otros modelos 390.000 ± 20.000 rpm para TE-96 / TA-97 2007 380.000 ± 20.000 rpm para TA-98 2007			
Turbina01	Control visual	Controle la impresión óptica general. a) Abolladuras en el cabezal o en el botón de presión b) Otros daños en la superficie c) Con turbinas de luz: LED, conductores de luz, contactos y lámpara			
LimpDes	Limpieza y Desinfección	Cuando de la utilización de productos de desinfección, es importante observar las prescripciones de utilización suministradas por el fabricante de los mismos y las determinaciones de los órganos públicos de salud. Existen en el mercado diversos productos de desinfección con diferentes índices de concentración. Cuando en su selección deben ser considerados los siguientes factores con relación al equipo: - Naturaleza de la superficie a ser desinfectada y si la misma puede sufrir corrosión o ataque químico. - Grado de contaminación y su forma de eliminación. - Calidad del agua utilizada y su influencia en la desinfección. - Método de desinfección. - Seguridad en la manipulación y uso. Recomendamos desinfectantes a base de ácido peracético (4 g. de ácido peracético + 25 g. de peróxido de hidrógeno para cada 100 g. de solución). La desinfección deberá ser realizada de la siguiente forma: - retirar el exceso de la carga contaminante, utilizando papel absorbente o paño. - Descartar este material en lugar apropiado; - Aplicar sobre el área afectada el desinfectante adecuado y dejar actuar el tiempo necesario. - Remover el desinfectante con un paño mojado. Al realizarse la limpieza, se debe evitar la penetración de líquidos en el interior del equipo, ya que esto podrá producir daños en el mismo.			

Figura 5. Protocolo de mantenimiento – instrumental rotatorio

		INSTRUCTIVO TEMPORIO		Version 1 FC-018	
Tipo Servicio:	Preventivo	Duración Estimada:	1	Tipo ot:	Externo
Periodo Horas:	0	Periodo Dias:	90	Detiene equipos:	SI
Codigo	ManiUnTr	Descripcion	Mantenimiento unidad de Tratamiento		
DETALLE TEMPORIO					
		Codigo	Cantidad Estandar	Cantidad Tropicalizada	
Sin Sistema					
Actividades					
Inspección de las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo	InspAmb		1	0	
Limpieza integral externa	LimExt		1	0	
Inspección externa del equipo	InspExt		1	0	
Limpieza integral interna	LimpInt		1	0	
Comprobar el estado de los cables	cables		1	0	
Lubricación y engrase	LubEng		1	0	
Verificaciones unidad de tratamiento	VerUnidTrat		1	0	
Prueba de fugas	Fugas		1	0	
Pruebas de funcionamiento	Pruebas		1	0	
Limpieza y Desinfección	LimpDes		1	0	
Recomendaciones Unidad Tratamiento	RecUnidTra		1	0	
PROCEDIMIENTO DE ACTIVIDADES					
RecUnidTra	Recomendaciones Unidad Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> - El usuario tiene que asegurarse antes de cualquier empleo del producto de la seguridad funcional y el estado correcto del aparato. - Está prohibido continuar con el trabajo con piezas funcionales dañadas. - No se puede pegar nada en los tubos flexibles de instrumentos. - La insuflación de aire de spray o de barrido en heridas abiertas en la zona de operación se tiene que evitar, porque de lo contrario existe el peligro de un embolia de aire o un enfisema de pulmón. - La carga máxima de 135 kg para el movimiento de elevación no se puede sobrepasar. - La carga máxima de 500g en la bandeja porta objetos no se puede sobrepasar. - Después de finalizar el tratamiento sacar los instrumentos rotatorios de las piezas de mano. - Depositar el aparato de eliminación de sarro nunca sin la llave de vaso – peligro de lesiones y de infección. - Después de la colocación de la punta y antes de iniciar el tratamiento, accionar la tecla de aire. De este modo se asegura que durante el tratamiento salga aire seco. - A causa de estancamiento se tienen que enjuagar o soplar conductos, que llevan spray, en aparatos de tratamiento a la hora de la primera puesta en marcha o después de periodos de parada (fin de semana, días festivos, vacaciones, etc.). - Sustituir los reservorios de agua del spray y Assepto Sys, en el momento del vencimiento de su plazo de validez, indicado en los mismos. 			

Figura 6. Protocolo de mantenimiento – unidad odontológica

Con el fin de dar aplicación a la nueva estrategia de manteniendo de equipos odontológicos, se llevaron a cabo los protocolos convencionales de mantenimiento en la Clínica “Calle 95” adicionando las variables:

- Tipo de cliente: IPS o consultorio privado
- Número de pacientes atendidos en el día
- Cantidad de profesionales que operan el equipo
- Zona / factores ambientales
- Disponibilidad deseada

Retomando la idea de Cabrera (2007) la confiabilidad humana vinculada vincula con el número de errores que se cometen en un tiempo igualmente determinado y nuevamente bajo específicas condiciones de trabajo, por ello la confiabilidad durante la operación suma los modos de fallo que ocurren por la interacción con la naturaleza en interacción con su ambiente como temperatura, humedad relativa, altura (las cuales llamaremos modos de fallo técnico) y aquellas determinadas por las personas (llamadas modos de fallo humanos o sencillamente errores).

Analizando la variable tipo de cliente, se planteó escoger si los clientes son IPS, red de clínicas particulares donde se aplica un porcentaje de mayor probabilidad en la existencia de fallas, dado que el trato, manejo y conocimiento de uso de los activos no es igual y el factor humano representa un porcentaje de confiabilidad muy alto.

Después de analizar las variables que afectan la disponibilidad dada aumenta la probabilidad de aparición de un daño, no significa que estos datos sean exactos, debido a que se hablan de probabilidad y no hechos ineludibles, aunque se trata de ajustarlos a patrones típicos de comportamiento de acuerdo con la información obtenida a través del Software de gestión de mantenimiento ERP.

Las probabilidades estimadas se están planteando a datos existentes y analizados por el grupo de ingenieros y técnicos pertenecientes a, grupo de mantenimiento de la empresa Asisto Ingeniería, por esta razón es posible predecir la ocurrencia de la falla, basándose en la probabilidad obtenida de los datos de ERP.

Luego de analizadas estas variables y generar una estrategia de mantenimiento para garantizar un porcentaje de disponibilidad estimado y seleccionado por el responsable del servicio, prestador de salud oral, se debe garantizar que los activos que realizan funciones vitales y sus modos de fallo generan consecuencias significativas para la seguridad del medio ambiente, la operación o el propio mantenimiento, se conoce críticos. Se debe identificar y evaluar la criticidad de los modos de fallo y de los sistemas donde ocurre.

Es por esta razón que la evaluación de criticidad realizada durante el diagnóstico, entrega a través de los resultados las pautas para estrategia, ya que los equipos que hacen parte de la propuesta son los catalogados como críticos y el estudio de confiabilidad serán jerarquizados de igual manera, los demás equipos con registro alto de fallas, serán analizados por sus componentes y se analizan a la luz de un diagrama de Pareto, para de esta forma determinar el nivel de disponibilidad de los activos.

Para determinar el proceso de deterioro gradual de los componentes de los equipos, estará determinado por el tiempo y el contexto operacional, según la técnica que se disponga existirá un punto donde el fallo potencial es detectable, pero este no es incipiente, al continuar avanzando el deterioro, existirá otro punto donde el fallo será inaceptable y es donde se determina que el fallo es funcional- El objeto de la matriz planteada con las variables adicionales, es detectar este punto y realizar el cambio del componente para garantizar de esta forma la disponibilidad del activo.

En la matriz se plantea diferentes porcentajes de disponibilidad de los equipos, este porcentaje es determinado por el responsable de los activos y están sujetos al presupuesto de la institución, ya que existen dos fuentes principales que generan costos para la confiabilidad, la primera y fundamental, son los costos de las consecuencias de los fallos y de los defectos crónicos tolerados, la segunda fuente son todas las acciones preventivas y de evaluación que se realizan para contrarrestar a la primera y mantener determinados valores de confiabilidad.

Al aplicar un mejoramiento de la eficacia del mantenimiento, reflejado en el incremento de disponibilidad de los activos, esto supone una mejora en los procesos definidos para el mantenimiento de los activos que se reflejan en la reducción de costos por fallas y defectos crónicos.

Es de resaltar que si el prestador del servicio de salud oral realiza una inversión para garantizar la disponibilidad de sus activos y realiza otra en la capacitación del personal reduce los costos por fallas y de esta forma garantiza la optimización de los

recursos de la organización ya que tendrá mayor disponibilidad de los equipos, no existirá personal cesante y aumentará su imagen ante los usuarios.

5. Resultados Y Análisis

5.1 Diagnóstico – criticidad de los equipos

A continuación, se presentan los resultados de la aplicación del índice de criticidad, donde se señalan con color rojo son los equipos que corresponden a los más críticos, los que están marcados con color naranja corresponden a los medianamente críticos, y aquellos que están en color amarillo son los que no afectan de manera importante el funcionamiento del servicio. Los equipos críticos y algunos de los medianamente críticos que son importantes para el adecuado funcionamiento del laboratorio y serán tenidos en cuenta para el estudio de confiabilidad.

Tabla 1.

Resultado de estudio de criticidad sobre equipos odontológicos

EQUIPOS	INTERRUPCIÓN DE SERVICIO	PROBLEMAS AMBIENTALES	DESPERDICIO DE ENERGIA	DEMORA EN EL SERVICIO	REQUIERE CAMBIO FRECUENTE	COMPONENTES FÁCIL ADQUISICIÓN	CRITICIDAD
COMPRESOR	5	4	4	5	4	3	4,17
AUTOCLAVE	5	2	4	5	4	3	3,83
INSTRUMENTAL ROTATORIO	2	2	1	3	5	4	2,83
UNIDAD ODONTOLOGICA	3	1	1	3	5	1	2,33
SCALER ULTRASONICO	2	2	1	2	3	3	2,17
RX PERIAPICAL	2	2	3	2	1	3	2,17
AMALGAMADOR	3	2	1	3	1	2	2,00
CAVITRON	2	1	1	3	2	2	1,83
LAMPARA FOTOCURADO	2	1	1	2	2	2	1,67
LAMPARA BLANQUEAMIENTO	2	1	1	2	2	2	1,67
CAMARA INTRA ORAL	2	1	1	1	2	3	1,67

INCUBADORA 1 1 1 1 1 1 1

A partir de estos resultados, se tomaron los cuatro equipos con mayor criticidad, es decir el compresor, la autoclave, el instrumental rotatorio y la unidad odontológica, los resultados obtenidos son coherentes a los procesos de mantenimiento realizados en Asisto, ya que se evidencia en especial que una falla en estos activos, ocasionan alteraciones en el servicio de salud oral de manera significativa, desde este punto, se realizó la evaluación frente a los componentes de los equipos, los resultados obtenidos, se presentan a continuación

5.2 Diagnóstico – criticidad de los componentes

Tabla 2.

Resultado de estudio de criticidad sobre componentes – compresor

COMPONENTE	INTERRUPCIÓN DE SERVICIO	PROBLEMAS AMBIENTALES	DESPERDICIO DE ENERGIA	DEMORA EN EL SERVICIO	REQUIERE CAMBIO FRECUENTE	COMPONENTES FÁCIL ADQUISICIÓN	CRITICIDAD
ACEITE DE COMPRESOR	4,67	3,67	2,00	4,67	4,00	4,67	4,63
CORREA DE COMPRESOR	5,00	1,67	1,33	5,00	2,67	4,33	4,20
KIT DE REPARACIÓN SCHULZ	4,33	1,67	3,00	4,00	2,00	3,00	3,57
ARRANCADOR	4,33	1,67	2,00	3,33	1,67	3,67	3,40
MOTOR DE COMPRESOR	4,33	1,67	3,33	3,33	1,33	3,00	3,33
VÁLVULA CHEQUE COMPRESOR	3,33	1,33	1,67	3,00	1,33	3,67	2,90
CABLE ENCAUCHETADO	2,33	1,33	2,67	2,33	1,33	5,00	2,83
ABRAZADERA METÁLICA	2,33	1,67	1,00	1,67	1,67	5,00	2,63
LLAVE DE PASO / LLAVE DRENAJE	2,33	1,33	1,33	1,33	2,00	4,67	2,57
VÁLVULA DE SEGURIDAD	2,33	1,33	1,33	2,00	1,33	4,67	2,57

ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS ODONTOLÓGICOS

41

FILTRO DE COMPRESOR	2,00	2,67	1,33	1,00	2,00	3,00	2,20
---------------------	------	------	------	------	------	------	-------------

Tabla 3.

Resultado de estudio de criticidad sobre componentes – autoclave

COMPONENTE	INTERRUPCIÓN DE SERVICIO	PROBLEMAS AMBIENTALES	DESPERDICIO DE ENERGIA	DEMORA EN EL SERVICIO	REQUIERE CAMBIO FRECUENTE	COMPONENTES FÁCIL ADQUISICIÓN	CRITICIDAD
RESISTENCIA AUTOCLAVE	5,00	2,00	4,00	5,00	5,00	4,00	4,17
RESISTENCIA AUTOCLAVE LARGA	5,00	2,00	4,00	5,00	3,00	4,00	3,83
EMPAQUE AUTOCLAVE	3,67	2,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,61
PRESOSTATO	4,33	1,33	2,67	3,33	1,33	4,00	2,83
MANGUERA 1/4 AMARILLA /AZULX-MTS	4,00	1,67	1,33	3,33	2,00	4,33	2,78
EMPAQUE DE AUTOCLAVE TUTTNAUER	3,67	2,00	2,33	2,33	2,33	4,00	2,78
ELECTROVÁLVULA CRISTOFOLI	3,67	1,67	2,33	2,33	2,67	3,33	2,67
TERMICO	3,67	1,33	1,67	2,67	2,00	4,33	2,61
EMPAQUE DE AUTOCLAVE DENTCLAVE 18LT	3,67	2,00	1,67	2,33	2,00	4,00	2,61
TRIAC	3,00	1,33	2,00	2,67	2,00	4,33	2,56
CABLE ENCAUCHETADO	2,33	1,33	2,67	2,33	1,33	5,00	2,50
TIMER AUTOCLAVE	3,67	1,33	1,67	3,00	1,67	3,67	2,50
ELECTROVÁLVULA	3,33	1,33	2,33	2,33	1,67	4,00	2,50
TEMPORIZADOR DE AUTOCLAVE	3,33	1,33	2,00	2,67	1,33	3,67	2,39
VALVULA DESAIREACION	2,67	1,00	1,00	2,67	2,33	4,00	2,28
PANEL DE CONTROL OLSOTEK	3,00	2,00	1,67	2,00	1,33	3,33	2,22
ABRAZADERA METÁLICA	2,33	1,67	1,00	1,67	1,67	5,00	2,22
LLAVE DE PASO / LLAVE DRENAJE	2,33	1,33	1,33	1,33	2,00	4,67	2,17

ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS ODONTOLÓGICOS

42

VÁLVULA DE SEGURIDAD	2,33	1,33	1,33	2,00	1,33	4,67	2,17
MANIJA AUTOCLAVE	3,00	1,67	1,33	2,33	1,33	3,00	2,11
RECTIFICACIÓN DE ROSCA MANIJA AUTOCLAVE	2,67	1,33	1,67	2,00	1,33	3,67	2,11
RESISTENCIA AUTOCLAVE CHAQUETA	2,67	1,33	1,00	2,67	1,67	2,67	2,00
PINTURA Y DESOXIDACIÓN AUTOCLAVE	1,00	1,67	1,00	2,00	1,67	4,00	1,89
VÁLVULA SEGURIDAD AUTOCLAVE	2,33	1,33	1,00	1,67	1,00	3,33	1,78

Sobre este análisis de criticidad se observan los componentes que por su mayor criticidad afectan en la interrupción y demora en el servicio, lo cual baja la disponibilidad del equipo y por tal razón la confiabilidad. Por otro lado, se presenta en este análisis, que los componentes del equipo compresor al igual que la autoclave se encuentran en los niveles críticos y semi críticos, razón por la cual, estos activos serán de gran observancia para el manejo del kit y de la aplicación de la estrategia propuesta con el fin de mejorar su disponibilidad y no permitir afectación en el servicio.

ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS ODONTOLÓGICOS

43

Tabla 4.

Resultado de estudio de criticidad sobre componentes – instrumento rotatorio

COMPONENTE	INTERRUPCIÓN DE SERVICIO	PROBLEMAS AMBIENTALES	DESPERDICIO DE ENERGIA	DEMORA EN EL SERVICIO	REQUIERE CAMBIO FRECUENTE	COMPONENTES FÁCIL ADQUISICIÓN	CRITICIDAD
CABEZAL DE CONTRAANGULO	3,33	1,33	1,33	3,00	3,00	3,67	3,20
TURBINA NSK ESTANDAR	3,00	1,00	1,00	2,67	2,67	4,33	3,03
TURBINA NSK MINI	3,00	1,00	1,00	2,67	2,67	4,33	3,03
ACEITE DIGIX PRAY 240CC PARA PIEZA	2,00	4,00	1,33	1,67	3,00	4,67	3,00
CAMBIA FRESA ESTÁNDAR	3,33	1,00	1,00	2,67	2,33	4,00	3,00
TURBINA PANAMAX	3,00	1,00	1,67	2,67	2,67	3,67	2,97
CAMBIA FRESA MINI	3,00	1,33	1,00	2,67	2,33	3,67	2,87
CHUCK PIEZA DE MANO	3,33	1,00	1,00	2,67	2,00	3,00	2,73
ASPAS DE MICROMOTOR	2,67	1,67	1,33	2,67	1,67	2,67	2,50
KIT ORING PIEZA DE MANO	2,00	1,67	1,33	2,00	2,00	3,33	2,37
KIT ORING SCALER	2,00	1,67	1,33	2,00	2,00	3,33	2,37
RODAMIENTOS X2 PUNTA RECTA	2,00	1,67	1,00	1,33	2,00	4,00	2,33
ROTO QUICK	2,00	1,33	1,67	2,33	1,67	3,00	2,30
CONVERTIDOR BORDEN A MIDWEST	2,67	1,00	1,00	2,67	1,00	2,67	2,27
KIT ORING PROPHYJET	1,67	1,67	1,33	1,67	2,00	3,33	2,20
RECTIFICACIÓN DE ROSCA INSTRUMENTAL	2,33	1,33	1,67	2,00	1,33	2,67	2,20
TAPA PIEZA DE MANO	2,00	1,00	1,00	2,00	1,33	2,67	2,00

ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS ODONTOLÓGICOS

44

Tabla 5.
Resultado de estudio de criticidad sobre componentes – unidad odontológica

COMPONENTE	INTERRUPCIÓN DE SERVICIO	PROBLEMAS AMBIENTALES	DESPERDICIO DE ENERGIA	DEMORA EN EL SERVICIO	REQUIERE CAMBIO FRECUENTE	COMPONENTES FÁCIL ADQUISICIÓN	CRITICIDAD
FUSIBLE	4,00	1,33	2,33	2,67	1,67	5,00	3,43
MANGUERA 1/4 AMARILLA /AZULX-MTS	4,00	1,67	1,33	3,33	2,00	4,33	3,43
INTERRUPTOR ON/OFF	4,00	1,67	2,33	2,33	2,33	4,33	3,40
MANGUERA PEDAL	4,00	2,00	1,33	3,33	2,00	4,00	3,40
ABRAZADERA PLÁSTICA 1/4	3,00	2,33	1,00	2,33	3,67	4,33	3,30
BOMBILLO 12V 55W H3	2,67	2,00	2,67	2,67	2,67	4,33	3,20
INTERRUPTOR 3 POSICIONES	3,00	1,67	2,33	2,33	2,67	4,33	3,17
TRANSFORMADOR 110V	3,67	2,00	2,67	2,67	1,67	3,67	3,17
INTERRUPTOR ON/OFF 6 PINES	3,67	1,67	2,33	2,33	1,67	4,00	3,10
INTERRUPTOR REVERSIBLE 3 POSICIONES	3,00	1,67	2,33	2,33	2,33	4,33	3,10
MANGUERA 1/8 AMARILLA /AZULX-MTS	4,00	1,67	1,33	2,00	1,33	4,33	3,03
INTERRUPTOR ON/OFF CIRCULAR	3,33	1,67	2,33	2,33	1,67	4,00	3,00
PORTAFUSIBLE	3,00	1,67	2,33	2,33	1,33	4,67	2,97
ESCUPIDERA PORCELANA NAL	3,00	3,00	1,67	2,00	2,00	4,00	2,97
ACOPLE BORDEN	2,67	1,67	1,00	3,00	2,33	4,00	2,93
BOQUILLA DE EYECTOR DE BAJA GRIS PLÁSTICA - PUNTA	2,33	3,00	1,33	2,00	3,33	3,67	2,93
CABLE DUPLEX	2,67	1,33	2,67	2,33	1,33	5,00	2,93
UNIDAD DE MANTENIMIENTO	3,00	1,67	1,00	2,33	1,67	4,67	2,90

ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS ODONTOLÓGICOS

45

VALVULA ON/OFF	3,33	1,67	1,33	2,00	2,33	3,67	2,90
BOQUILLA EYECTOR BAJA	2,33	3,00	1,33	2,00	3,00	3,67	2,87
CABLE ENCAUCHETADO	2,33	1,33	2,67	2,33	1,33	5,00	2,83
PEDAL UNIDAD ODONTOLOGICA	3,33	3,00	1,33	2,00	1,33	3,67	2,83
PULSADOR PISTOLA LAMPARA DE FOTOCURADO	3,33	1,00	1,33	2,33	1,00	4,67	2,83
VALVULA CAMBIA VIAS	3,00	1,33	1,33	2,33	2,33	3,67	2,83
CRUCETA TEE	3,00	1,33	1,33	2,33	2,00	4,00	2,83
MANGUERA EYECTOR DE ALTA FINAL DE CARRERA	3,00 2,67	3,00 1,33	1,33 2,00	2,33 2,00	1,33 2,00	3,67 4,33	2,80 2,80
HOLDER AUTOMATICO	2,67	1,67	1,67	2,67	2,00	3,67	2,80
FITTING 1/4	3,00	1,00	1,67	2,33	1,67	4,00	2,77
MANGUERA LISA DE PIEZA	2,67	3,00	1,33	2,67	1,33	3,67	2,77
ACOPLE RAPIDO HEMBRA PARA CAVITRON	2,67	1,33	1,33	3,00	2,00	3,33	2,73
ACOPLE RÁPIDO MACHO PARA CAVITRÓN	2,67	1,33	1,33	3,00	2,00	3,33	2,73
BOQUILLA DE EYECTOR DE BAJA METÁLICA	2,33	2,33	1,33	2,00	2,67	3,67	2,73
FITTING 1/8	3,00	1,00	1,33	2,33	1,67	4,00	2,73
JERINGA TRIPLE	2,67	1,67	1,67	2,33	2,00	3,67	2,73
MANGUERA JERINGA TRIPLE	3,00	1,67	1,33	2,67	1,33	3,67	2,73
PUENTE DE DIODOS TARJETA UNIDAD	3,00	1,33	1,67	2,33	1,33	4,00	2,73
VALVULA PILOTO	3,00	2,00	1,00	2,00	2,00	3,67	2,73
MANGUERA EYECTOR BAJA KIT DE ORING PARA JERINGA TRIPLE	3,00 2,33	2,00 1,67	1,33 1,33	2,33 2,33	1,33 2,67	3,67 3,33	2,70 2,67

ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS ODONTOLÓGICOS

46

ABRAZADERA METÁLICA	2,33	1,67	1,00	1,67	1,67	5,00	2,63
RELEVOS DE UNIDAD	2,67	1,33	1,67	2,00	1,00	4,67	2,63
BOQUILLA DE EYECTOR ALTA SIN BLOQUEO	2,33	2,33	1,33	2,00	2,00	3,67	2,60
MANGUERA CORAZA 3/4	2,67	1,67	1,00	2,33	1,33	4,00	2,60
VÁLVULA VENTURI BAJA	3,00	2,00	1,00	2,67	1,00	3,33	2,60
VÁLVULA VENTURI QUIRURGICA (ALTA)	3,00	2,00	1,00	2,67	1,00	3,33	2,60
CANULA JERINGA TRIPLE	2,67	2,00	1,00	2,00	1,67	3,67	2,57
TERMINALES FASTON HEMBRA GRANDE	2,00	1,00	1,33	2,00	2,00	4,67	2,57
TERMINALES FASTON HEMBRA PEQUEÑO	2,00	1,00	1,33	2,00	2,00	4,67	2,57
TERMINALES FASTON MACHO	2,00	1,00	1,33	2,00	2,00	4,67	2,57
TERMINALES FASTON OJO	2,00	1,00	1,33	2,00	2,00	4,67	2,57
FILTRO DE AGUA UNIDAD	2,67	2,00	1,00	2,00	1,00	4,33	2,57
UNIÓN DE 1/4	2,67	1,33	1,00	3,00	1,00	3,67	2,57
VALVULA REGULADORA DE AGUA	2,67	1,33	1,00	2,00	2,33	3,33	2,57
BOQUILLA EYECTOR ALTA	2,00	1,33	1,33	2,00	2,67	3,67	2,53
PULSADOR JERINGA TRIPLE	2,67	1,00	1,00	2,00	2,33	3,33	2,53
RODACHINES	2,00	1,33	2,00	2,00	2,00	4,00	2,53
HOLDER PIE DE AMIGO CRISTAL	2,33	1,67	1,33	2,00	1,67	3,67	2,47
REFLECTOR LAMPARA	2,67	1,67	1,33	2,33	1,00	3,33	2,43
HOLDER SENCILLO	2,33	1,67	1,00	2,00	1,67	3,67	2,43

ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS ODONTOLÓGICOS

47

UNIÓN MIXTA DE 1/4 A 1/8	2,67	1,33	1,00	2,00	1,00	4,00	2,43
SOCKET DE LÁMPARA	2,67	1,33	1,33	2,67	1,33	2,67	2,40
CABLE SILICONADO	1,67	1,33	2,67	1,67	1,00	4,67	2,37
TERMINALES FASTON UNION	2,00	1,00	1,33	2,00	1,33	4,33	2,37
UNIÓN DE 1/8	2,67	1,33	1,00	2,00	1,00	3,67	2,37
VÁLVULA UNIDIRECCIONAL	2,67	1,00	1,00	1,67	1,33	3,67	2,33
TEE 1/4, 1/8	2,33	1,00	1,00	1,67	1,33	4,00	2,30
RACOR	2,33	1,33	1,00	1,67	1,00	4,00	2,27
MOGOLLAS DE UNIDAD	1,33	2,33	1,00	2,67	1,00	3,67	2,20
TANQUE DE AGUA DE 1.0	1,67	1,67	1,00	1,67	1,67	3,33	2,10
CANASTILLA PLASTICA DE ESCUPIDERA	1,00	3,00	1,00	1,00	2,00	3,67	2,03
BUJE UNIDAD	1,67	1,67	1,00	1,33	1,67	3,33	2,03
TERMOENCOGIBLE	1,00	2,00	1,67	1,33	1,00	4,33	2,00
DOMO SENCILLO	1,00	1,67	2,00	1,00	1,33	3,67	1,87
MANGUERA CORAZA 1/2	1,33	1,67	1,00	1,00	1,00	3,67	1,80
MANGUERA DE CORAZA 1"	1,33	1,67	1,00	1,00	1,00	3,67	1,80
TAPÓN DE UNIDAD PLÁSTICO	1,00	1,67	1,00	1,33	1,00	3,67	1,77
MANÓMETRO REDONDO	1,00	2,33	1,00	1,00	1,33	3,00	1,70
BANDEJA PARA MÓDULO CON PESTAÑA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,67	1,63
BANDEJA PARA MÓDULO PLANA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,67	1,63
DISIPADOR DE LÁMPARA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,33	3,33	1,63
MANÓMETRO RECTANGULAR	1,00	1,67	1,00	1,00	1,67	2,00	1,50

Esta evaluación de criticidad realizada durante el diagnóstico, entrega a través de los resultados las pautas para la estrategia, ya que los equipos que hacen parte de la propuesta son los catalogados como críticos y el estudio de confiabilidad serán jerarquizados de igual manera, los demás equipos con registro alto de fallas serán analizados por sus componentes y se analizan a la luz de un diagrama de Pareto, para de esta forma determinar el nivel de disponibilidad de los activos. A continuación, se presentan los resultados obtenidos del Pareto determinado:

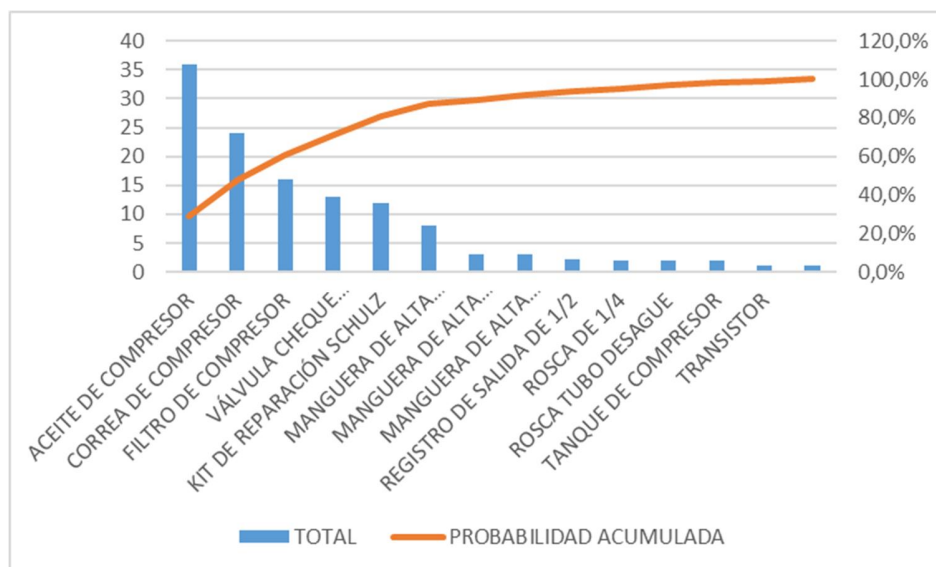


Figura 7. Pareto - compresor

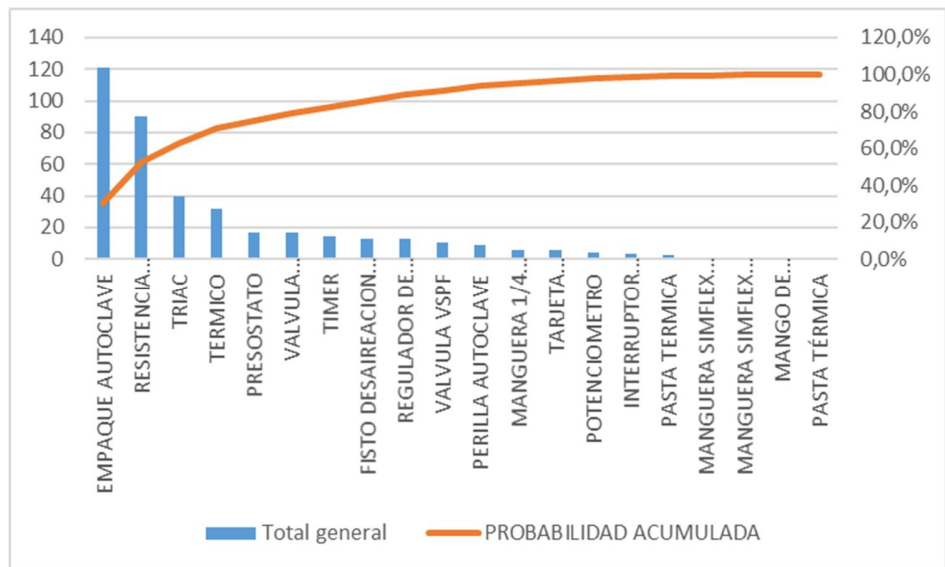


Figura 8. Pareto - autoclave

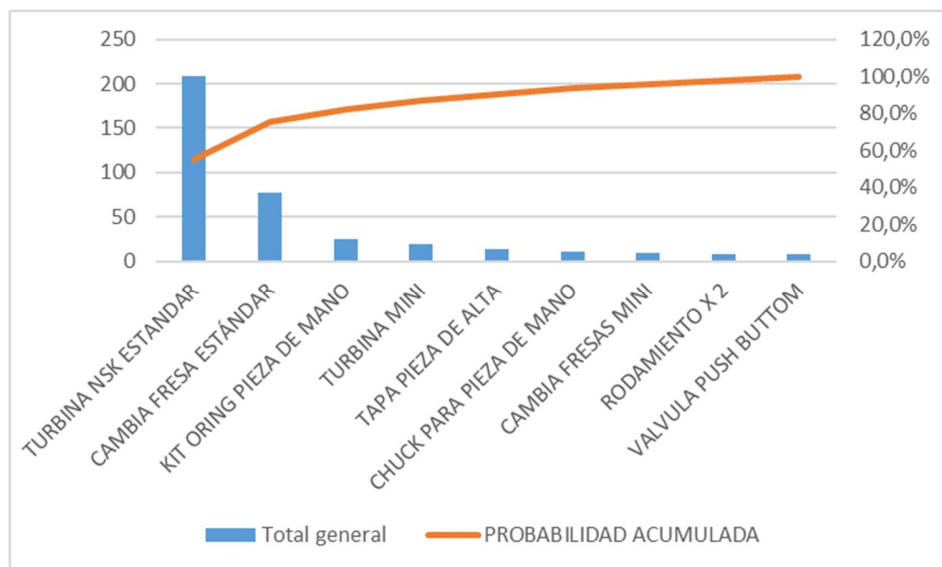


Figura 9. Pareto - instrumento rotatorio

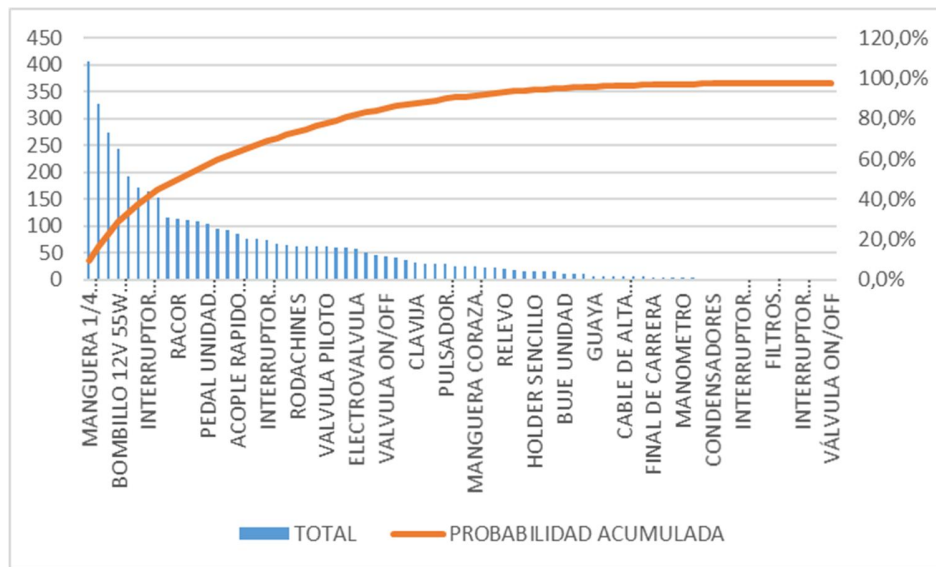


Figura 10. Parto - Unidad odontológica

5.3 Aplicación de Estrategia de mantenimiento de equipo odontológico

Una vez estudiado los diagnósticos obtenidos por ERP, el diagnóstico de criticidad y los grupos de estudio realizado con los profesionales en mantenimiento de la empresa Asisto Ingeniería, se dio inicio al diseño de la estrategia de mantenimiento para posteriormente realizar una aplicación en una clínica escogida en la ciudad de Bogotá, para dar inicio al desarrollo de la propuesta, se identificaron dos clínicas “LAGO” y “CALLE 95” cuentan con el mayor número de características similares, es decir, se encuentran ubicadas, en la misma ciudad, en el mismo sector, las dos clínicas son consultorios privados con promedios equivalentes en número de pacientes y profesionales que operan los equipos de la salud oral.

Tal como se indicó en el apartado de metodología, en la clínica “LAGO”, se aplicó el protocolo de mantenimiento convencional de la Empresa Asisto Ingeniería, y en la clínica “CALLE 95”, se aplicó el protocolo adicionando las variables: tipo de cliente: IPS o consultorio privado, número de pacientes atendidos en el día, cantidad de profesionales que operan el equipo, zona / factores ambientales y disponibilidad deseada. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

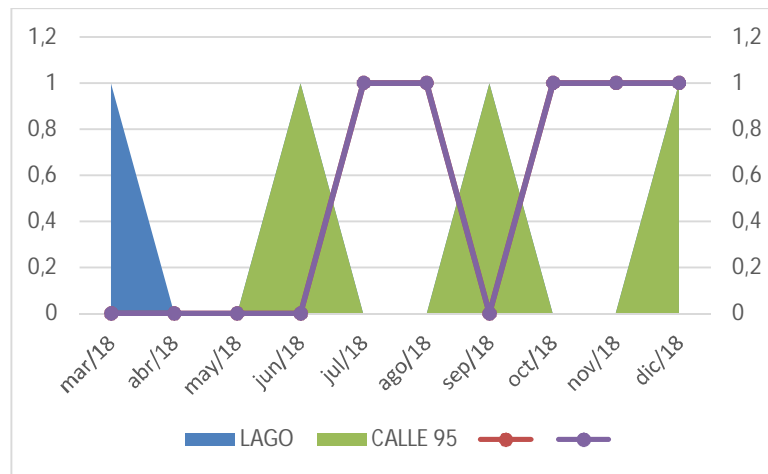


Figura 11. Mantenimientos preventivos y correctivos – compresor

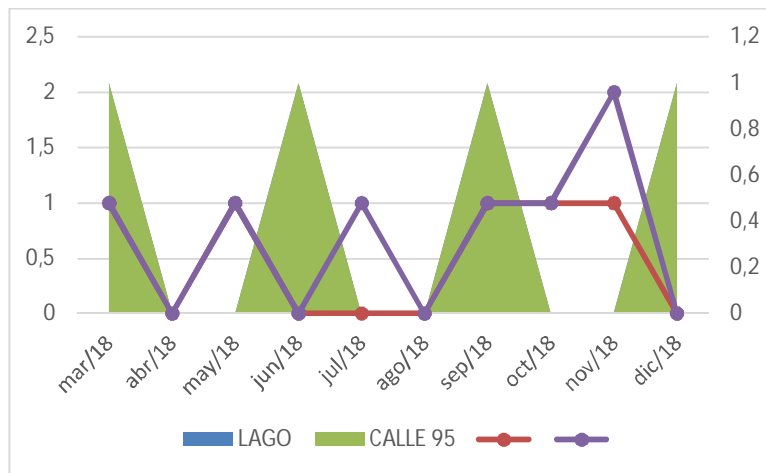


Figura 12. Mantenimientos preventivos y correctivos – autoclave

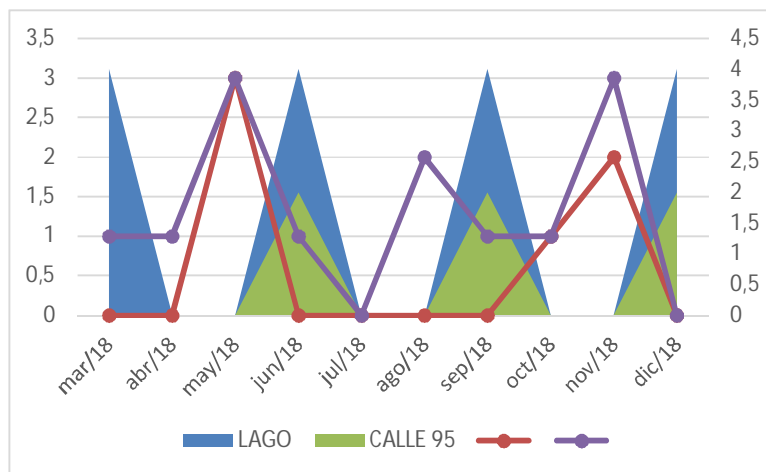


Figura 13. Mantenimientos preventivos y correctivos – instrumental rotatorio

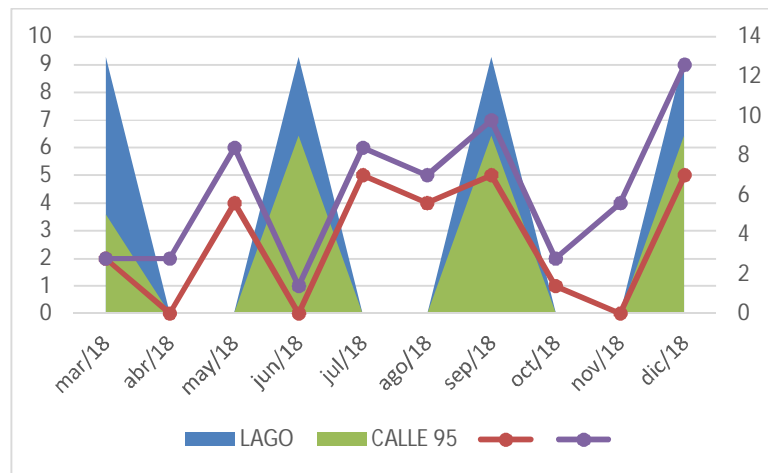


Figura 14. Mantenimientos preventivos y correctivos – unidad odontológica

6. Conclusiones y Recomendaciones

- La implementación de una estrategia que permita particularizar el mantenimiento en equipo odontológico favorece la disponibilidad, y optimiza el tiempo de trabajo de una empresa.
- El mantenimiento de Equipos Odontológicos indicado por el fabricante sugiere el cambio de componentes solo al momento de falla y por ende no lo determina de acuerdo a una periodicidad.
- La vida útil de un componente se establece de acuerdo a diferentes aspectos que son determinantes para el funcionamiento del mismo.
- Realizar cambios de los componentes periódicamente y de acuerdo a los resultados obtenidos permite tener un control de todas las actividades y de esta forma optimiza la gestión de mantenimiento.
- La aplicación de la matriz de criticidad en equipos de uso odontológico demostró que el compresor es el equipo más crítico, ya que de este depende el funcionamiento de otros equipos.
- La identificación de variables externas tales como la ubicación geográfica afectan la confiabilidad estimada y por ende permite establecer la disponibilidad de los equipos.
- El ERP permite llevar una trazabilidad de los equipos y establece la cantidad de mantenimientos preventivos necesarios para que los mismos tengan una alta tasa de disponibilidad.

- La aplicación de la matriz en otras ciudades permitiría ajustar las variables de acuerdo a los resultados obtenidos
- Complementar con más variables que afectan la disponibilidad de los equipos odontológicos y de esta forma aumentar la acertabilidad de la matriz en el mantenimiento de los mismos.

Referencias Bibliográficas

Arismendi, I.C. (2004) Modelo Gerencial para el mantenimiento de Equipo Biomédico. Especialización de Gerencia en Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.

Cabrera, L.F. (2007) La confiabilidad integral en el activo. Centro de Estudios en Ingeniería de Mantenimiento Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Ciudad de la Habana, Cuba.

Hernandez, AM; Santos, L.E; Del Valle, J.L. (2014) análisis de criticidad y plan de mantenimiento preventivo al sistema de aire acondicionado del edificio de investigaciones y equipos de laboratorios (difracción de rayos x, microscopía, gimba) del ptg. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia

Giraldo, B. (2016). ¿Cuál es la importancia del mantenimiento del equipo Biomédico? Comunidad Ingeniería Biomédica. Recuperado de <https://www.ingbiomedica.com/blog/cual-es-la-importancia-del-mantenimiento-del-equipo-biomedico/>

Gonzalez, C.R. (2007) Principios de Mantenimiento. Especialización de Gerencia en Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Cartagena, Colombia.

Perilla. M.E. (2005). Modelo de Evaluación de Gestión de Mantenimiento de equipo Biomédico de las IPS. Especialización de Gerencia en Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.

Smith, R. (2011). ¿Por qué su programa de mantenimiento preventivo no está funcionando? Revista virtual Reliabilityweb.com. recuperado de <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/por-que-su-programa-de-mantenimiento-preventivo-no-esta-funcionando/>

Rodríguez, E. (2003). Ingeniería Clínica. VII Congreso de la Sociedad Cubana de Bioingeniería, La Habana, Cuba, 2003. Recuperado de: <http://www.socbio.sld.cu/memorias>