

**ESTRUCTURACIÓN DE UNA BASE DE DATOS CON INFORMACIÓN RELEVANTE
PARA LA EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE
MEDICOR LTDA.**

Jorman Arbey Castro Rivera

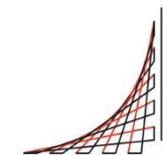
Práctica profesional

Tutor

**PhD Álvaro David Orjuela Cañón
Ing. Ottorino Walton Páez**



**Universidad del
Rosario**



**ESCUELA
COLOMBIANA
DE INGENIERÍA
JULIO GARAVITO**

**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
PROGRAMA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA
BOGOTÁ D.C.
2022**

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	6
1.1	Estado del Arte.....	7
1.2	Justificación.....	10
1.3	Planteamiento del problema.....	11
2	OBJETIVOS.....	12
	Objetivo General.....	12
2.1	Objetivos Específicos.....	12
3	METODOLOGÍA.....	13
3.1	Construcción de la base de datos.....	13
3.2	Análisis de la base de datos.....	20
3.3	Determinación de parámetros de interés.....	22
4	RESULTADOS.....	26
4.1	Base de datos.....	26
4.2	Informes del Análisis de la base de datos.....	28
4.3	Parámetros de importancia.....	32
5	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	38
6	RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	41
7	CONCLUSIONES.....	42
	REFERENCIAS.....	43

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Información de la Tabla de datos CLIENTES1.	26
Tabla 2. Información de formulario de mantenimientos. (1/2).....	27
Tabla 3. Información formulario de mantenimientos. (2/2).....	27
Tabla 4. Información de reportes de mantenimiento. (1/2)	27
Tabla 5. Información de reportes de mantenimiento. (2/2)	27
Tabla 6. Información de materiales usados en Mantenimiento.	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Menú principal del sistema contable Helisa [22].	15
Figura 2. Método de consulta de la información de registros y formularios.....	16
Figura 3. Organización por módulos del sistema SuiteOSS [23].	19
Figura 4. Esquema de relación de las tablas de base de datos.....	21
Figura 5. Diagrama del sistema de gestión de mantenimiento de Medicor Ltda.	25
Figura 6. Título de las 4 Tablas de la base de datos.	26
Figura 7. Informe de trazabilidad.	28
Figura 8. Variables de tiempos de Mantenimiento según Formulario.	29
Figura 9. Demora evaluada por tipos de Mantenimiento.	30
Figura 10. Variables de tiempos de Mantenimiento según Reporte.....	31
Figura 11. Demora evaluada por tipos de Mantenimiento.	32
Figura 12. Materiales usados en 23 campos generales de 200 gauss MG-204. (1/2).....	33
Figura 13. Materiales usados en 23 campos generales de 200 gauss MG-204. (2/2).....	33
Figura 14. Materiales usados en 23 Ozonizadores OM-01.....	34
Figura 15. Materiales usados en un mantenimiento de un Ozonizador OM-01...	34
Figura 16. Rendimiento del técnico según formulario.	35
Figura 17. Rendimiento del técnico según el Reporte.	36
Figura 18. Parámetros de evaluación del desarrollo del mantenimiento.....	37

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Inspección de las tablas y gráficas que se encuentran en el Dashboard de Trazabilidad de los equipos.	45
Anexo 2. Inspección de las tablas y gráficas que se encuentran en el Dashboard Tiempos de Mantenimiento según las fechas reportadas en los Formularios de Mantenimiento.	46
Anexo 3. Inspección de las tablas y gráficas que se encuentran en el Dashboard Tiempos de Mantenimiento según las fechas registradas en los Reportes de Mantenimiento.	47
Anexo 4. Algunas de las funciones implementadas en Microsoft Power BI.	50

1. INTRODUCCIÓN

Medicor Ltda. es una microempresa filial del grupo Corpas fundada en el año de 1994 por el señor José Fernando Piñeros Ricardo, bajo la orden del Doctor Jorge Piñeros Corpas, creador de la Fundación Universitaria Juan N. Corpas (FUJNC) [1].

El objetivo principal de la creación de Medicor Ltda. fue cubrir la alta demanda que se produjo del primer “Diplomado audiovisual de Terapias No Farmacológicas o Alternativas”. Dicho programa que fue ofertado a médicos por la Escuela de Medicina de la FUJNC tuvo que ser impartido por la naciente empresa, debido a que la infraestructura de la Escuela no se encontraba en condiciones de soportar la gran acogida que el programa recibió por parte de la comunidad médica [1].

Para el año de 1995, los médicos que se encontraban registrados en el “Diplomado audiovisual de Terapias No Farmacológicas o Alternativas”, consideraron necesario la adquisición de implementos requeridos para el desarrollo del componente práctico del programa. Es por esto que, a partir del mencionado año, Medicor Ltda. concentró sus esfuerzos en la producción de más diplomados en formato audiovisual, así como de los implementos que se pudieran requerir en el desarrollo del componente práctico de estos, entre los cuales se distinguen, complejos equipos biomédicos y softwares de homeopatía [1].

En la actualidad, la empresa se ha enfocado en el desarrollo, producción y mantenimiento de equipos biomédicos utilizados en Terapias Alternativas, siendo su objetivo principal, la oferta de productos y servicios de calidad que cubran las necesidades particulares expresadas por el cliente [1].

Teniendo en cuenta el enfoque expuesto anteriormente, se evidenció que el funcionamiento interno de Medicor Ltda. esta principalmente conformado por cuatro áreas, las cuales son; área administrativa, área comercial, área de control y gestión de calidad y área técnica. Cada una de las cuales se encarga respectivamente de: la gestión del personal y administración de los recursos de la empresa, publicidad y ventas de los equipos biomédicos producidos en Medicor Ltda., garantía de buenas prácticas y cumplimiento de la normatividad legal vigente que rige en cada uno de los procesos que se llevan a cabo en la empresa, y el desarrollo, producción y mantenimiento de equipos biomédicos.

Para el segundo semestre del año 2022, se realizaron actividades en el área técnica, como la elaboración de documentos que ilustran la información técnica, los componentes, los procesos de producción, mantenimiento, disposición final y el funcionamiento de los diferentes equipos biomédicos producidos en la empresa. De forma particular, se hace mención de la documentación elaborada de un diseño nuevo, que fue base en la estructuración de un expediente (documento con información técnica, en el que se demuestra que un equipo biomédico nuevo en Colombia es seguro para el paciente) que se presentó al Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos INVIMA, el cual luego de validar la información encontrada en el documento mencionado, concedió el registro sanitario para el nuevo diseño, permitiendo su comercialización [2]. Asimismo, se desarrollaron actividades prácticas en los procesos de mantenimiento y producción.

Ahora bien, se encontró que un concepto transversal a los procesos de mantenimiento y producción está definido en el Artículo 63 del Decreto 4725 de 2005, en el que se precisa qué la trazabilidad es un proceso que se realiza con el fin de identificar la información de un equipo biomédico que se encuentra en el mercado. Dicha información debe estar constituida como mínimo por “[...] *Nombre comercial del producto, modelo, serie y/o número de lote, fecha de adquisición, fecha de envío o suministro e identificación del primer cliente*”. De lo anterior se distingue que el dato de serie y/o número de lote es fundamental para realizar la trazabilidad, ya que a partir de este se puede consultar la información de los procesos que se llevaron a cabo antes, durante y después de la producción del equipo biomédico que identifica [2]. Teniendo origen dicho dato en el área administrativa y de producción, donde es generado y asignado a cada equipo biomédico, con el fin de codificarlo para su posterior facturación y realizar de forma diferenciada el seguimiento técnico de este durante sus años de vida útil.

De este modo el presente trabajo se orientó en el campo de mantenimiento de equipos biomédicos, los cuales según lo establecido en la resolución 2003 de 2014, deben estar sujetos a constantes revisiones de tipo preventivo, conforme al cronograma de mantenimiento encontrado en los manuales del respectivo equipo biomédico vendido, y a calibraciones realizadas siguiendo los protocolos de metrología determinados por Medicor Ltda. en este caso específico o en cualquier otro caso, al proveedor correspondiente del equipo biomédico. Así mismo, se establece en esta misma resolución, que cada uno de los procedimientos anteriormente mencionados, se deben encontrar registrados en la hoja de vida de cada equipo junto con los mantenimientos correctivos [3].

1.1 Estado del Arte

Ya que antes se mencionaron algunos tipos de mantenimiento. A continuación, se especifica cuantos tipos de mantenimiento existen y en que consiste cada uno de ellos:

- **Mantenimiento Predictivo:** Este tipo de mantenimiento, tiene por objeto la detección de fallas que puede presentar el equipo biomédico antes de que se produzcan, logrando evitar daños del equipo y detención de los servicios [4].
- **Mantenimiento Preventivo:** Consiste en la ejecución de acciones tales como, la calibración, verificación o inspección, pruebas de operatividad, limpieza, lubricación y pruebas de funcionamiento que tienen como objetivo, prolongar la vida útil de los equipos biomédicos. Asimismo, consiste en evitar que pequeñas averías que se pueden solucionar con cambios de accesorios o piezas no críticas del equipo, desencadenen en daños que lo dejen inoperativo, generando una detención o demora en la prestación de los servicios [4][5].
- **Mantenimiento Correctivo:** El objetivo de este tipo de mantenimiento es localizar las fallas o averías que el equipo presenta e implementar acciones

de reparación que permitan que el equipo vuelva a operar con la misma eficiencia con que funcionaba antes de presentarse la falla [5][6].

Se encontró que estos tipos de mantenimiento están inmersos en sistemas de gestión, que tienen como objetivos: evitar que el equipo biomédico empleado en la prestación del servicio de salud se detenga por un periodo de tiempo prolongado, aumentando su disponibilidad; disminuir los costos que puedan acarrear los mantenimientos correctivos y la inoperatividad del equipo biomédico, teniendo como base un buen sistema de gestión de mantenimientos preventivos; y garantizar la seguridad del paciente al evitar fallas imprevistas de los equipos biomédicos durante su funcionamiento [7].

En algunos estudios se estableció que dichos sistemas deben iniciar con la elaboración e implementación de una base de datos de inventario a partir de la cual se determine la cantidad de equipos biomédicos, piezas de repuesto, equipos de calibración y herramientas empleadas en la elaboración de los mantenimientos, con que se cuenta. Lo anterior permite establecer a tiempo la falta de repuestos, herramientas y dispositivos de validación del funcionamiento de los equipos biomédicos (equipos de medida) o la vigencia de sus certificados de calibración. Destinando presupuesto y realizando las respectivas compras de forma oportuna, con el fin de evitar retrasos en la realización de los mantenimientos [7][8].

Luego, se encontraron trabajos relacionados en los que se evidenció la necesidad de establecer los distintos protocolos de mantenimiento para cada equipo, los cuales permiten conocer los elementos que se requieren para la elaboración de los diferentes mantenimientos. En algunos casos, dichos protocolos se especifican a un sistema de gestión de mantenimiento computarizado, el cual se encarga de establecer la indumentaria necesaria que se debe asignar para cada mantenimiento, teniendo en cuenta los requerimientos expuestos por el cliente en la solicitud de servicio y el protocolo de mantenimiento que se relaciona con esta [8][9]. Por otro lado, se halló que uno de los sistemas ilustrados en la literatura, emplea los mencionados protocolos como una variable usada en el cálculo y la asignación de prioridad de cada mantenimiento [8].

A partir de lo anterior se establecen los requerimientos de cada mantenimiento. Sin embargo, es importante establecer el orden en el que estos deben ser atendidos. Encontrando que generalmente la asignación de prioridad de mantenimiento de un equipo biomédico está relacionada con el análisis de riesgo de este, el cual debe estar fundamentado en el análisis de normas técnicas de seguridad como la IEC 60601-1. Mediante lo anterior se determinó una implicación de proporcionalidad directa entre la frecuencia de revisión y el nivel de riesgo determinado para cada equipo [8]-[11]. No obstante, en un trabajo consultado, se realiza dicha priorización a partir del cálculo de un parámetro llamado "*equipment maintenance number*" cuyo valor se encuentra entre 0 y 20 y se determina mediante la suma de la puntuación que un sistema de gestión de mantenimiento computarizado asigna a cada una de las siguientes características, luego de que son analizados los requerimientos del cliente [8]:

- Criticidad de la función que cumple el equipo (puntaje de 2 a 10)

- Riesgo que representa el uso del equipo sobre el paciente (puntaje de 1 a 5)
- Complejidad de las tareas de mantenimiento que se deben ejecutar (puntaje de 1 a 5)
- Frecuencia de falla del equipo (rango de -2 a +2).

Además, se establece que luego de asignada la prioridad del mantenimiento, se debe generar una orden de trabajo que se entrega a un técnico de mantenimiento. Siendo importante en este caso, el seguimiento de la orden, tanto para medir el rendimiento del técnico, como para realizar el control de los diferentes elementos que se utilizan en el mantenimiento. Asimismo, el histórico de las ordenes de trabajo, da una idea de la cantidad de mantenimientos que un equipo recibe en cierto tiempo, logrando establecer a partir de esto un posible patrón o modelo de predicción de fallas y del mismo modo un cronograma de mantenimiento del equipo, adecuado para evitar estas [8].

El trabajo de grado que fue realizado por una estudiante de una universidad de Bogotá, en el cual se desarrolló una aplicación web llamada “*BIOMEDYSOFT*” que tenía como objetivo facilitar el almacenamiento y en consecuencia la consulta de la información consignada en registros e informes realizados después de elaborar el mantenimiento de equipos biomédicos, implementó cada uno de los pasos establecidos con anterioridad a partir de los diferentes estudios. Logrando el diseño de un sistema que pretendía, además de la funcionalidad de almacenamiento y consulta ya mencionadas, mejorar los procesos de análisis de la información referida y garantizar la seguridad de esta, teniendo en cuenta que los datos relacionados eran confidenciales, puesto que correspondían a información del rendimiento de una empresa [9][12].

Ahora bien, cada uno de los sistemas de gestión de mantenimiento de equipos biomédicos planteados, debe tener como objetivo la constante mejora, que se obtiene a partir del análisis de variables y estadísticos calculados, conocidos como indicadores de mantenimiento, los cuales dan una idea del rendimiento, la eficacia y la calidad de dicho sistema, así como de los puntos de falla y por tanto de mejora de este. Estos son evaluados con el fin de reducir los costos y tiempos sin servicios por fallas no previstas de los equipos.

Encontrando que la anterior idea esta basada en el modelo de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) que para el caso específico de mantenimiento de equipos biomédicos se conoce como manejo de la tecnología de la salud (HTM), término que fue acuñado por Ridgway en 2009 [11][13].

Es así como se presentan los siguientes estudios en los que se realiza el análisis de indicadores de mantenimiento con el fin de establecer costos, disponibilidad de los equipos biomédicos y tiempos de integración de información de equipos biomédicos de diferentes instituciones, a una única base de datos.

Para ejemplo del primer caso se encontraron dos estudios. El primero fue el análisis correlacional, a partir de regresión lineal entre diferentes variables que

podían influir en el costo anual de los mantenimientos realizados en una clínica. Dichas variables se encontraban distribuidas en 3 grupos; recursos, clientes y mantenimiento. Estos grupos estaban conformados respectivamente por las variables de infraestructura, equipos y personal de enfermería; servicios de salud que se pueden prestar y, número de fallas por año, tiempo promedio de resolución y costo de resolución de cada falla. La correlación de los datos se evaluó a partir del valor R^2 y se encontró que dicho costo y adicionalmente el número de fallas de un equipo estaba correlacionado con las variables de recursos; infraestructura, en las categorías número de camas y salas de operación, y personal de enfermería; el valor de adquisición del equipo biomédico y las variables de clientes; número de admisiones, intervenciones quirúrgicas y días de permanencia de los usuarios en la clínica [14].

El segundo estudio tenía por objeto el cálculo del costo que requería la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en un hospital, para lo cual se estableció en primera instancia la criticidad de cada equipo y como segunda medida, se realizó el cálculo de indicadores de disponibilidad, tales como, *“la disponibilidad de cada equipo (es el tiempo que el equipo se mantiene en operación), el tiempo medio entre fallas (frecuencia de fallas del equipo) y el tiempo medio de reparación (tiempo que dura en mantenimiento el equipo)”*, a partir de los cuales se pudo evaluar la disponibilidad de los diferentes equipos del hospital. Ambas medidas se obtuvieron con la finalidad de establecer la prioridad, la frecuencia y los implementos requeridos en los mantenimientos preventivos que se debían realizar, siendo estos los principales datos de determinación del costo, sumado al valor de capacitaciones, subcontrataciones y guías de usuario [15][16].

Finalmente, para establecer el tiempo de integración de equipos que se encuentran en diferentes establecimientos que conforman una institución prestadora de servicios de salud en Bogotá, se realiza el cálculo de los siguientes indicadores: *“Antigüedad del equipo, Porcentaje de cumplimiento de mantenimientos correctivos, Porcentaje de cumplimiento de calibraciones y Porcentaje de cumplimientos de mantenimientos preventivos por proveedor”*. Lo anterior con el fin de unificar la información que se registra para la institución en general, permitiendo la gestión de dicha base de datos y el análisis en conjunto que permite conocer el rendimiento de los diferentes establecimientos [17].

1.2 Justificación

Lo expuesto antes demuestra que la estructuración de un sistema de mantenimiento que procure una buena gestión es de suma importancia considerando que los diferentes tipos de mantenimientos realizados de forma oportuna garantizan que la vida útil del equipo biomédico sea la especificada inicialmente al cliente. No obstante, en caso de que los mantenimientos no sean realizados a tiempo, pueden comprometer el estado del equipo, existiendo la posibilidad de que se produzca un deterioro que puede ocasionar la disfuncionalidad de este [18] y, en consecuencia, la inconformidad del cliente.

Así mismo, un mantenimiento mal elaborado o las fallas técnicas de los equipos biomédicos no corregidas a tiempo, pueden llegar a comprometer la vida o

integridad de los usuarios por el mal funcionamiento de este, configurándose eventos o incidentes adversos que deben ser reportados en el programa nacional de Tecnovigilancia del INVIMA en concordancia con lo expuesto en la Resolución 4816 de 2008, donde se define dicho programa como un sistema de “*identificación, recolección, evaluación, gestión y divulgación de los eventos o incidentes adversos*”, implementado con el fin de proteger la salud y seguridad de los usuarios que interactúan con dispositivos médicos [7][19]. Implicando lo anterior, la posibilidad de pérdidas económicas para la empresa, en caso de que el INVIMA, como medida de seguridad para proteger los usuarios, emita una orden de retiro de un lote de equipos biomédicos del mercado.

1.3 Planteamiento del problema

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó el estudio del sistema que se encuentra implementado en la empresa y se determinó que hay una oportunidad de mejora en el seguimiento de la gestión de mantenimientos elaborado por Medicor Ltda. ya que el sistema actual no permite establecer a la empresa la cantidad de veces que ha ingresado a mantenimiento un equipo, tampoco si hay mantenimientos pendientes por elaborar. Esto representa problemas, debido a que puede darse una sobrecarga de responsabilidad de programación del mantenimiento al usuario, hecho que no está bien si se tiene en cuenta la obligatoriedad de responsabilidad compartida entre el proveedor y el propietario, relacionada con el funcionamiento óptimo del equipo, que se establece en el decreto 4725 de 2005 [2]. Así mismo, se encuentra que la trazabilidad del equipo no está digitalizada, aspecto que podría contribuir a optimizar el tiempo de búsqueda a partir de solo un dato relacionado con el equipo, ahorrando tiempos de consulta entre toda la documentación histórica de procesos de la empresa. Es por esto que la presente propuesta está planteada en la integración de información y la creación de una base de datos que se requiere para llevar la trazabilidad del equipo y determinar los parámetros (indicadores o mediciones) que permitan mejorar los procesos de gestión de mantenimiento llevados a cabo en Medicor Ltda.

2. OBJETIVOS

Objetivo General

Establecer una base de datos creada a partir de la información relacionada con los mantenimientos de los equipos biomédicos que se encuentra en formato digital y analizarla con ayuda de la herramienta Power BI, siendo posible realizar tareas de gestión de mantenimiento de equipos biomédicos asociados a la compañía Medicor Ltda.

2.2 *Objetivos Específicos*

1. Estructurar una base de datos con variables encontradas en los formularios y reportes de mantenimiento diligenciados en formato digital en la plataforma de gestión documental que maneja la empresa.
2. Analizar la base de datos creada, a partir de mediciones de tiempos relacionados con rendimiento y eficacia de los procesos de gestión de mantenimiento reportados en la compañía.
3. Determinar los parámetros de interés que están relacionados con atrasos en el desarrollo de los mantenimientos de equipos biomédicos de la compañía.

3. METODOLOGÍA

3.1 *Construcción de la base de datos.*

Es importante aclarar que la información que se registró en la base de datos se limitó a la encontrada en los formatos de Formularios y Reportes de mantenimiento que están diligenciados en la plataforma KAWAK®. Este límite en términos de tiempo representó el periodo comprendido entre septiembre de 2021 y septiembre de 2022. Teniendo en cuenta que el sistema de gestión documental KAWAK®, se implementó en la empresa a partir de septiembre de 2021 y el levantamiento de la información consignada en los registros de mantenimiento se realizó iniciando el mes de octubre del año 2022.

Dicha plataforma es un software de gestión documental y de calidad basado en estándares ISO [20]. Esta permite la creación de los documentos que se encuentran relacionados a los distintos procesos que tienen lugar en la empresa (administrativos, comerciales, de calidad y técnicos). Los dos grandes grupos de documentación elaborada son los documentos de consulta y los documentos de diligenciamiento. Los documentos de consulta reciben el nombre de documentos y los documentos de diligenciamiento reciben el nombre de formatos. En los documentos se encuentra consignada la descripción de procesos, equipos, componentes y formatos (instructivos de diligenciamiento) y los formatos corresponden a plantillas o formularios con espacios por diligenciar.

En el momento de la creación de los documentos, el sistema permite determinar un flujo de trabajo en el que se asigna la responsabilidad de elaborar, revisar y aprobar el documento, a las personas que se desempeñan en el área o las áreas que se encuentran relacionadas al proceso o los procesos que vincula la información consignada en dichos documentos. Para el caso de los formatos, además de determinar el flujo de trabajo ya mencionado para los documentos, se determina quien debe diligenciar y quien debe aprobar el formato. Dicha aprobación se realiza de forma secuencial, luego de que el formato ha sido diligenciado completamente. Así mismo el software permite asignar un tiempo de vigencia, tanto a los documentos como a los formatos.

Con el fin de caracterizar en términos de tiempo el desempeño de cada una de las partes involucradas en el flujo de trabajo mencionado antes, el sistema registra la fecha en la que se crea, se elabora, se revisa y se aprueba el documento o el formato. Del mismo modo, en caso de ser necesaria la corrección de la información consignada en la documentación que se encuentra en elaboración, el software cuenta con un espacio de control de cambios en el que se registran cada uno de los comentarios de corrección y la fecha en que estos son realizados, así como la respuesta a dichas correcciones con su respectiva fecha. Para el caso de los formatos, el sistema también registra la fecha en la que se inicia el diligenciamiento del formato y las fechas en las que cada una de las partes vinculadas en el flujo de aprobación, dan el visto bueno del mismo.

Posterior a la creación de documentos o formatos, el sistema asigna un número identificador de 3 o 4 cifras (ID) a cada documento creado. A su vez, muestra el número de días de vigencia restantes de la documentación creada, asignando el color rojo a la cuenta de días de los documentos vencidos que deben ser actualizados y verde a los documentos que se encuentran vigentes. Lo anterior propicia la revisión constante de la documentación y la actualización pertinente de la información y por lo tanto de los procesos de la empresa ya mencionados.

Ahora bien, se determinó que los registros de mantenimiento que se mencionaron al inicio de esta sección corresponden a formatos donde se encontró consignada la información detallada del desarrollo de los mantenimientos que se realizaron a cada equipo, de cada cliente que solicitó el servicio durante el periodo de tiempo especificado. Estando a cargo del diligenciamiento de estos, el Técnico de Mantenimiento de Equipo Biomédico y del flujo de aprobación en el orden de cargos mencionados a continuación; Técnico de Mantenimiento de Equipo Biomédico, Director Técnico y Jefe de Gestión y Control de Calidad.

Para la construcción de la base de datos, se clasificó la información en cuatro Tablas de datos de Microsoft Excel®, cuyas características o atributos corresponden a información de la misma variable (columnas) y sus instancias corresponden a la información de un mismo registro (filas). Estas tablas permitieron la normalización de los datos, que fue el proceso que se realizó con el fin de evitar la redundancia de estos [21]. Correspondiendo el orden de construcción de Tablas presentado a continuación, al nivel de relación de la información que se registró en la base de datos.

- **Identificación de los materiales requeridos en el mantenimiento (Tabla Salida de Materiales)**

El dato por diligenciar, que se encontró en el formato de Formulario de mantenimiento, llamado “*Número de salida de materiales para mantenimiento*”, estaba generalmente asociado con tres números o en algunas ocasiones más. Estos números identificaban la documentación del listado de materiales que se solicitaba para la elaboración de mantenimientos, los respectivos traslados de piezas de repuesto de la bodega de materia prima a la bodega de mantenimiento y las ordenes de servicios o salidas de materiales que correspondían a la totalidad tanto de piezas de repuesto, como de consumibles que habían sido utilizados para cada mantenimiento.

La información de las variables que se asociaron a esta Tabla de datos se consultó a través de una base de datos suministrada por el departamento de contabilidad que hace parte del área administrativa y adicionalmente, mediante la opción “*Exportar Importar parámetros Utilitarios*” del menú principal del sistema Helisa mostrado en la Figura 1. Este sistema permite la organización de la información contable de la empresa y brinda la seguridad requerida de los datos a partir de la técnica de confirmación de usuario, la restricción del sistema a servidores especificados por la empresa y a una interfaz de red que identifica la dirección IP que el servidor registra en el momento de instalación del programa [22].



Figura 1. Menú principal del sistema contable Helisa [22].

La Tabla Salida de Materiales, que se construyó a partir de las fuentes de información que se reportaron antes, cuenta con los tres atributos o características listadas a continuación:

- Número de Salida.
- Concepto de la Salida. Se relaciona con las piezas o insumos de repuesto necesarios en el mantenimiento de los equipos.
- Cantidad. Dicho valor corresponde a la cantidad utilizada de los diferentes materiales empleados en la elaboración de cada mantenimiento.

Los datos que se consideraron en esta Tabla permitieron evidenciar la cantidad y el tipo de materiales que se usaron en el mantenimiento de un conjunto de equipos del mismo modelo y a partir de esto, se pudo establecer cuáles eran los materiales que se empleaban con mayor frecuencia en los mantenimientos. Lo anterior, se tuvo en cuenta dada la posibilidad de determinar un modelo predictivo para la realización de compras de repuestos, con la finalidad de evitar demoras en los servicios de mantenimiento por la falta de estos.

La información de esta tabla se relacionó con la Tabla Formularios Salidas a partir del dato Número de Salida. Lo anterior permitió establecer cuáles eran los materiales usados por servicio, sin necesidad de repetir cada registro o instancia del Formulario de mantenimiento, por cada material que se encontró asociado al dato número de salida que se reportaba en estos.

- **Información de los Reportes y Formularios de Mantenimiento (Tabla de datos Reporte y Tabla de datos Formulario Salidas).**

Como se mencionó antes, los registros de Reportes y Formularios fueron consultados en la plataforma de gestión documental KAWAK® siguiendo el procedimiento indicado por el diagrama de flujo de la Figura 2, donde además se listo la totalidad de información que se encontró en estos dos tipos de registro de

mantenimiento, en los cuales se relacionaban las características de cada uno de estos. Siendo de importancia los siguientes datos.

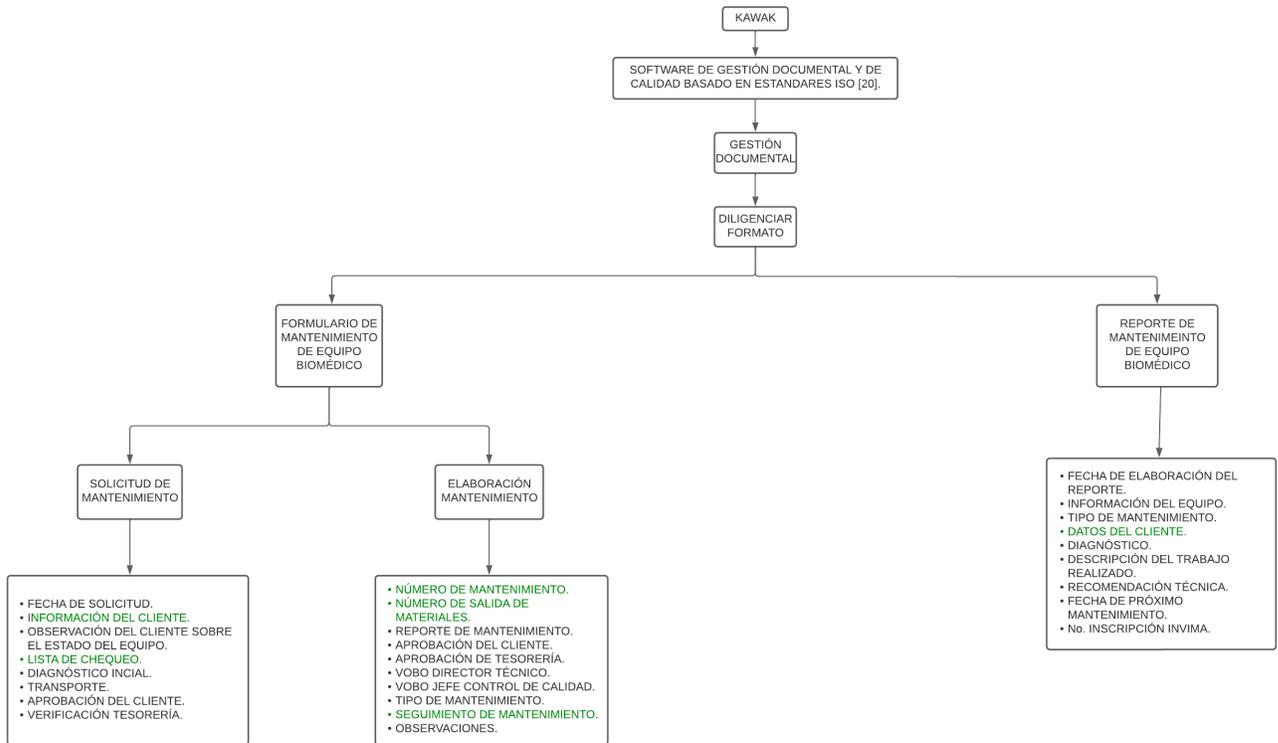


Figura 2. Método de consulta de la información de registros y formularios.

En el caso de los Reportes de Mantenimiento se extrajo y estructuró en la tabla de datos llamada Reporte, la siguiente información característica de este formato:

- Nombre del cliente.
- Teléfono del cliente.
- Nombre del equipo.
- Serial del Equipo.
- Tipo de mantenimiento.
- Fecha de comienzo del mantenimiento (FCM).
- Fecha de finalización del mantenimiento (FFM).
- Fecha de creación del reporte (FCR).
- Fecha de aprobación del reporte (FAR).
- Estado de aprobado del reporte.
- Siguiete Fecha de Mantenimiento.

En el caso de los Formularios de Mantenimiento se extrajo y estructuró en la tabla de datos llamada Formulario Salidas, la siguiente información característica del formato:

- Nombre del cliente.

- Ciudad donde se encuentra el cliente con el equipo.
- Dirección donde se encuentra el cliente con el equipo.
- Celular del cliente.
- Nombre del equipo.
- Serial del Equipo.
- Número de salida de Materiales para mantenimiento.
- Tipo de mantenimiento.
- Fecha de solicitud del mantenimiento (FSM).
- Fecha de finalización del mantenimiento (FFMf).
- Fecha de creación del formulario (FCF).
- Fecha de aprobación del formulario (FAF).
- Estado de aprobado del Formulario.

Las características como Teléfono/Celular, dirección, ciudad del cliente y siguiente fecha de mantenimiento, que se configuraron en formato texto, se incluyeron teniendo en cuenta que esta base de datos se planteó como fundamento para el desarrollo de un plan de mantenimientos programados.

Por otro lado, el nombre del equipo y el serial del equipo, que correspondían a variables de tipo texto, se incluyeron con el fin de distinguir cual era el modelo y por lo tanto las características operacionales del equipo. Seguido del Tipo de mantenimiento que era común a los dos formatos y se incluyó con el fin de caracterizar estos en términos de tiempo tal como es observado más adelante en la sección de resultados. Así mismo se incluyó el dato Estado aprobado del Formulario y el Reporte, con el fin de identificar si existían registros sin aprobación. Finalmente, los datos de fecha se incluyeron teniendo en cuenta que a partir de estos se podía establecer los días que el equipo permanecía en el área de mantenimiento, los días de retraso debido a que no se aprobaban los registros de mantenimiento y el total de días que reporto de demora la empresa, en dar respuesta a un servicio de mantenimiento.

Ahora bien, el dato de Número de salida de Materiales que se encontró incluido en el formato de Formulario de Mantenimiento es un atributo de la Tabla de datos Formulario Salidas, que se configuró como variable de tipo entero. Dicho dato hacía referencia al consecutivo de los documentos en los que se encontraban listados los materiales que se utilizaron en cada uno de los mantenimientos cuyo Formulario contaba con este espacio diligenciado.

La información de estas tablas se relacionó entre sí por medio del dato Número de Serial, a la Tabla CLIENTES1, la cual cuenta con el registro de cada uno de los clientes que requirieron el servicio de mantenimiento durante el periodo de septiembre de 2021 y septiembre de 2022.

- **Información de Trazabilidad (Tabla CLIENTES1).**

El levantamiento de la información mínima que se requirió para realizar la trazabilidad de cada equipo que se encontró relacionado en los registros de mantenimiento, se dividió en tres etapas:

- **Consulta del sistema Helisa.** Esta etapa consistió en la revisión de facturación electrónica existente del periodo comprendido entre enero de 2017, fecha en que se implementó el sistema de contabilidad en la empresa, hasta octubre de 2022. Dicha información fue consultada a partir de la visualización de los documentos de Facturas de Venta y Facturas de Venta Electrónica que se encontraron en la opción “*Exportar Importar parámetros utilitarios*” resaltada en color verde en la Figura 1.
- **Consulta del sistema SuiteOSS (registros de venta de 2012 – 2015).** Al igual que Helisa, SuiteOSS es un sistema de contabilidad que cuenta con los módulos correspondientes a los recuadros azules del diagrama observado en la Figura 4, por medio de los cuales se ordena la información contable de la empresa. Los módulos referidos pueden ser consultados, siendo de interés en este caso la consulta de la opción de Finanzas, Cuentas por Cobrar, de donde se extrajo el consecutivo de la Factura de Venta y luego la consulta de la opción del módulo Ventas, Facturación *CleanInvent*, donde se encontraron los productos relacionados al consecutivo de la Factura de Venta que había sido consultado antes [23].

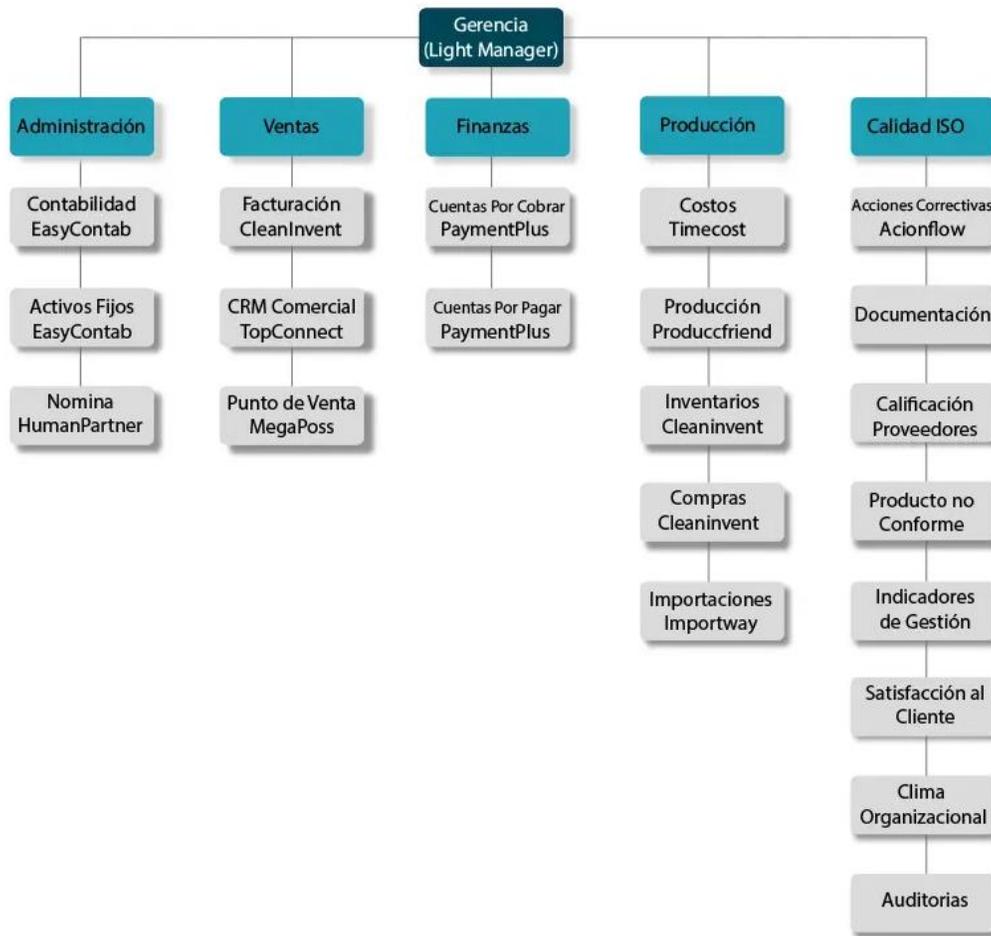


Figura 3. Organización por módulos del sistema SuiteOSS [23].

- **Consulta de los registros de facturación que se encontraron, desde el año 2005 hasta el año 2016.** Se hizo la revisión de las carpetas de contabilidad relacionada con la venta de equipos en el periodo mencionado.

Las variables incluidas en esta tabla de datos se determinaron mediante la resolución 4816 de 2008 [19], donde se establece que la información mínima correspondiente a la trazabilidad de un equipo biomédico es:

- Nombre del primer cliente.
- Nombre y modelo del equipo.
- Lote o número de serie del equipo.
- Fecha de adquisición (FA) y Fecha de envío.

Esta información se estableció con el objetivo de determinar la vida útil del equipo a partir de la Fecha de adquisición, que en este caso también correspondía a la fecha de envío, y por lo tanto el fin del periodo de los mantenimientos en caso de que los equipos se encontraran obsoletos. Además, los datos relacionados,

Nombre del primer cliente, nombre y modelo del equipo y el número de serie, se registraron con el fin de caracterizar cada uno de los equipos que se encontraron en los registros de mantenimiento. Sin embargo, es importante mencionar que no se logró identificar la fecha de adquisición de 46 equipos, de los cuales 8 no contaban con el número de serie y 38 números de serie no fueron encontrados en ningún registro de facturación.

La relación de esta Tabla de datos, con los Reportes y Formularios de mantenimiento, permitió la consulta del historial de mantenimientos de cada equipo mediante su número de serial, dato que regía cada instancia o registro de las Tablas de datos mencionadas.

3.2 *Análisis de la base de datos.*

Teniendo en cuenta el objetivo del proyecto de realizar análisis de variables de tiempo relacionadas con el rendimiento y la eficacia del sistema de gestión de mantenimiento que rige en Medicor Ltda. y habiendo tenido un acercamiento con la herramienta Microsoft Power BI antes del planteamiento de este, se decide ahondar en las características operativas de dicha herramienta, con la finalidad de determinar si era óptima para la consecución de los objetivos 1 y 2. Encontrando qué si lo es ya que permitió traducir la información de diferentes bases de datos en gráficas, formulas sencillas o “patrones poco visibles”, facilitando el análisis de los datos, la determinación de conclusiones y la toma de decisiones respecto a la información que fue analizada. Otra de las virtudes de esta herramienta y que se consideró una característica importante en este proyecto, es la posibilidad que ofrece de relacionar las diferentes Tablas de datos a partir un parámetro común, así como la actualización en tiempo real de las gráficas inmediatamente después de que se actualiza la información de las Tablas que constituyen la base de datos [24].

Como se mencionó antes, la herramienta Microsoft Power BI facilitó la relación de las diferentes tablas, siendo en este caso el eje central de la base de datos la Tabla CLIENTES1. A esta Tabla se relacionó la información de las Tablas Reporte y Formulario Salidas, mediante el dato serial del equipo. Esta última a su vez se relacionó con la Tabla Salida de Materiales, mediante el dato Número de Salida.

El anterior fue el conjunto de datos (Figura 4) para el que se planteó el cálculo de métricas de tiempo del sistema de gestión de mantenimiento, tales como; el tiempo que se demora en dar respuesta la empresa a las solicitudes de mantenimiento realizadas por los clientes, el tiempo que se encuentra en el área de mantenimiento el equipo biomédico y el tiempo que tardan en aprobar los formatos de mantenimiento en el sistema de gestión documental KAWAK®. La aprobación de dichos documentos en el sistema de gestión documental se ha hecho recientemente con la finalidad de realizar el control de calidad de los diferentes mantenimientos que se elaboran a equipos biomédicos en la empresa.

Los indicadores anteriores, se midieron en cantidad de días de tardanza, teniendo en cuenta que los datos con los que se contó eran fechas. Adicionalmente se realizó la caracterización de obsolescencia de los equipos biomédicos, a partir del cálculo del indicador de la vida útil del equipo o años del equipo, la cual se midió en años y sirvió como base para determinar cuáles de los equipos biomédicos que recibieron mantenimiento durante el periodo especificado antes, debían ser dados de baja.

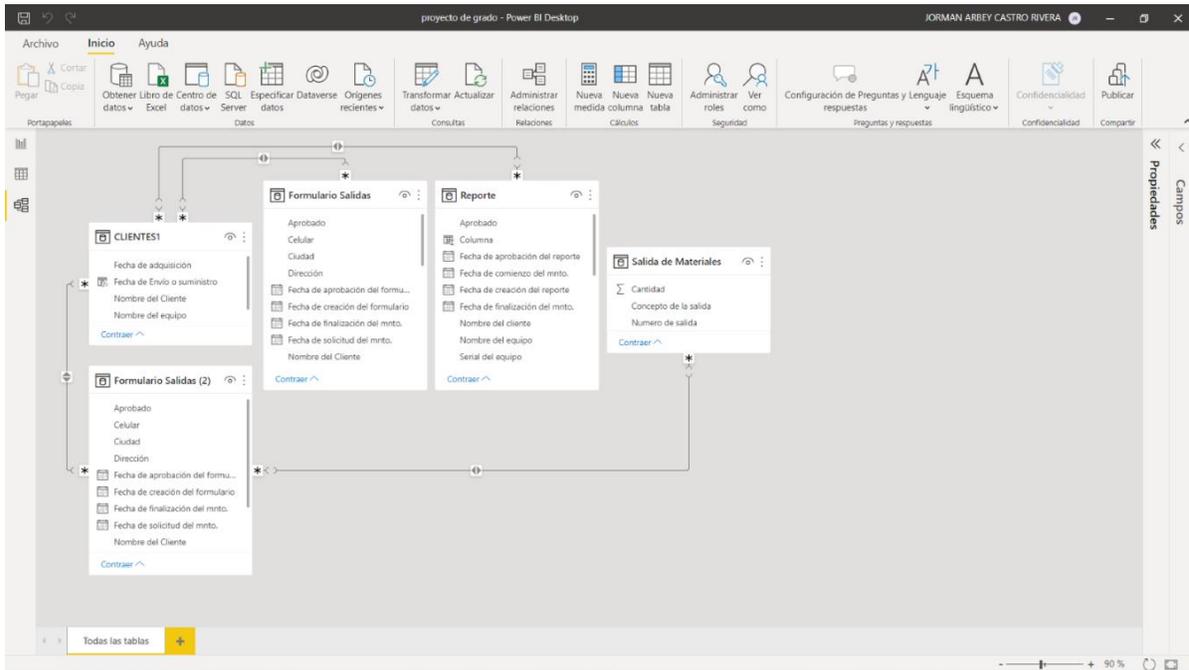


Figura 4. Esquema de relación de las tablas de base de datos.

A continuación, se presentan las fórmulas que se programaron en Microsoft Power BI para realizar el cálculo de las variables de tiempo: **Años del equipo hasta el último mantenimiento reportado en Formulario (AEF)**, **Años del equipo hasta el último mantenimiento informado en Reporte (AER)**, **Tiempo de aprobación Formulario (TAF)**, **Tiempo de aprobación Reporte (TAR)**, **Tiempo de Equipo en Mantenimiento (TEM)**, **Tiempo de Equipo en Mantenimiento según Reporte (TER)**, **Tiempo de Respuesta según Formulario (TRF)** y **Tiempo de Respuesta según Reporte (TRR)**.

$$AEF = (FAF - FA)/365 \quad (1)$$

$$AER = (FAR - FA)/365 \quad (2)$$

$$TAF = FAF - FCF \quad (3)$$

$$TAR = FAR - FCR \quad (4)$$

$$TEM = FFMf - FSM \quad (5)$$

$$TER = FFM - FCM \quad (6)$$

$$TRF = FAF - FSM \quad (7)$$

$$TRR = FAR - FCM \quad (8)$$

Las funciones que se plantearon anteriormente son una diferencia de fechas transformadas a días (Ecuaciones (3)-(8)), que dieron como resultado los valores de los indicadores en dicha unidad de tiempo (ver Anexo 4).

Ahora bien, el cálculo de las variables de tiempo incluyó un condicional, ya que a los registros que no contaban con fecha de aprobación o con fecha de finalización del mantenimiento, se les asignó un valor de cero en dicho dato. Sin embargo, los datos mencionados eran atributos cuyo tipo de variable estaba configurada como fecha, por lo que los valores de cero asignados en estos eran correspondientes al dato 00/01/1900. Este dato de fecha al ser evaluado en las funciones programadas dio resultados negativos inferiores a -40000 que afectaban la resolución de las gráficas relacionadas a estas variables, por lo que se decidió, a partir de un condicional, asignar valores del rango entre [-100, 0] dependiendo del ajuste realizado a la resolución de las gráficas (ver Anexo 4).

Por otro lado, para el cálculo de las variables de tiempo de vida útil **Años del equipo (hasta el último mantenimiento reportado en Formulario) y Años del equipo (hasta el último mantenimiento informado en Reporte)** fue necesario dividir el valor de días resultante de la diferencia de fechas en 365 (Ecuaciones (1) y (2)), obteniendo un dato preciso del número de años, que fue evaluado a partir de la función **Media**, la cual permitió realizar la caracterización de obsolescencia que se mencionó antes (ver Anexo 4).

Por otra parte, se planteó el desarrollo de tablas resumen que permitieran visualizar la información de trazabilidad de los equipos y variables de tiempo calculadas, así como gráficas que aportaran información del estado de la trazabilidad, el comportamiento de los tiempos calculados y los tipos de mantenimiento en función de los tiempos.

3.3 Determinación de parámetros de interés.

A partir del análisis del diagrama encontrado en la Figura 5, se evidenció que el flujo de servicio de mantenimiento en Medicor Ltda. es repetitivo, extenso y por lo tanto presenta múltiples puntos de decisión que implican demora en el desarrollo del mantenimiento. Se estableció que a partir de los datos que fueron extraídos de los formularios y reportes de mantenimiento, era posible realizar el cálculo de dos parámetros que se encontraban directamente relacionados con

posibles demoras en los servicios de mantenimiento. Dichos parámetros tenían relación con el tiempo de demora en el área de mantenimiento y el tiempo de demora que se podía presentar debido al flujo de aprobación del Reporte o Formulario de mantenimiento, que es implementado en el sistema de gestión documental con el fin de efectuar un control de calidad del servicio realizado. Lo anterior, evidenció que el sistema depende de terceros, que para el caso fueron identificados como personas que no estaban directamente involucradas en la elaboración del mantenimiento, pero podían generar demoras en el desarrollo de este.

El parámetro **tiempo promedio de retraso en el área de mantenimiento (TPAM)** permitió evaluar el tiempo medio que un equipo biomédico podía permanecer en el área de mantenimiento, donde como se ve en el diagrama de la Figura 5 se encontraron relacionados los eventos de una primera cotización que depende del técnico, la primera aprobación del cliente que incluye el tiempo que se tardan en contactar al cliente y el tiempo que este demora en responder, la solicitud de materiales que depende del técnico, la aprobación de dicha solicitud la cual depende de la administración y de la disponibilidad de piezas de repuesto, la elaboración del mantenimiento y la segunda cotización que depende directamente del técnico y por último, la aprobación final del cliente.

El cálculo de este consistió en la sumatorio de los tiempos de mantenimiento que se calcularon según las fechas de los reportes dividido en la cantidad de reportes que hay. Adicionando el cociente anterior, al resultado de la sumatoria de los tiempos de mantenimiento que se calcularon según las fechas encontradas en los formularios, sobre la cantidad de formularios existentes. Finalizando con la división de dicha adición, entre dos.

$$TPAM = \frac{\left(\frac{\sum TER}{\sum Reportes} + \frac{\sum TEM}{\sum Formularios} \right)}{2} \quad (9)$$

Por otra parte, se realizó el cálculo del **retraso por el sistema de gestión documental (RSGD)** o el tiempo medio de aprobación de los registros, que abarca el tiempo que se tardó el director técnico y el jefe de control y gestión de calidad en dar su visto bueno tanto del mantenimiento como de la información diligenciada. Siendo el cálculo de este a partir de la suma del cociente resultante de la división entre la sumatoria de los Tiempos de aprobación del Reporte y la cantidad de reportes aprobados, y el resultado de dividir la sumatoria de los Tiempos de aprobación del Formulario y la cantidad de formularios aprobados. Finalizando con la división por dos del resultado de la anterior suma.

$$RSGD = \frac{\left(\frac{\sum TAR}{\sum Reportes aprobados} + \frac{\sum TAF}{\sum Formularios aprobados} \right)}{2} \quad (10)$$

Ahora bien, a pesar de que no fue medible el tiempo que se tardaban en realizar la aprobación y la entrega de los repuestos necesarios en el mantenimiento, se hizo un análisis de los materiales más utilizados en las dos

poblaciones de equipos más grandes con las que se contó, con el fin de establecer si había un producto que se cambiara con mayor frecuencia, para de la misma forma determinar su compra a tiempo. Lo anterior con el fin de evitar posibles demoras en los servicios de mantenimiento. Asimismo, se elaboró la gráfica de los días que se encontró el equipo biomédico en el área de mantenimiento. Dando sustento al parámetro calculado de Tiempo promedio de Retraso en el área de mantenimiento.

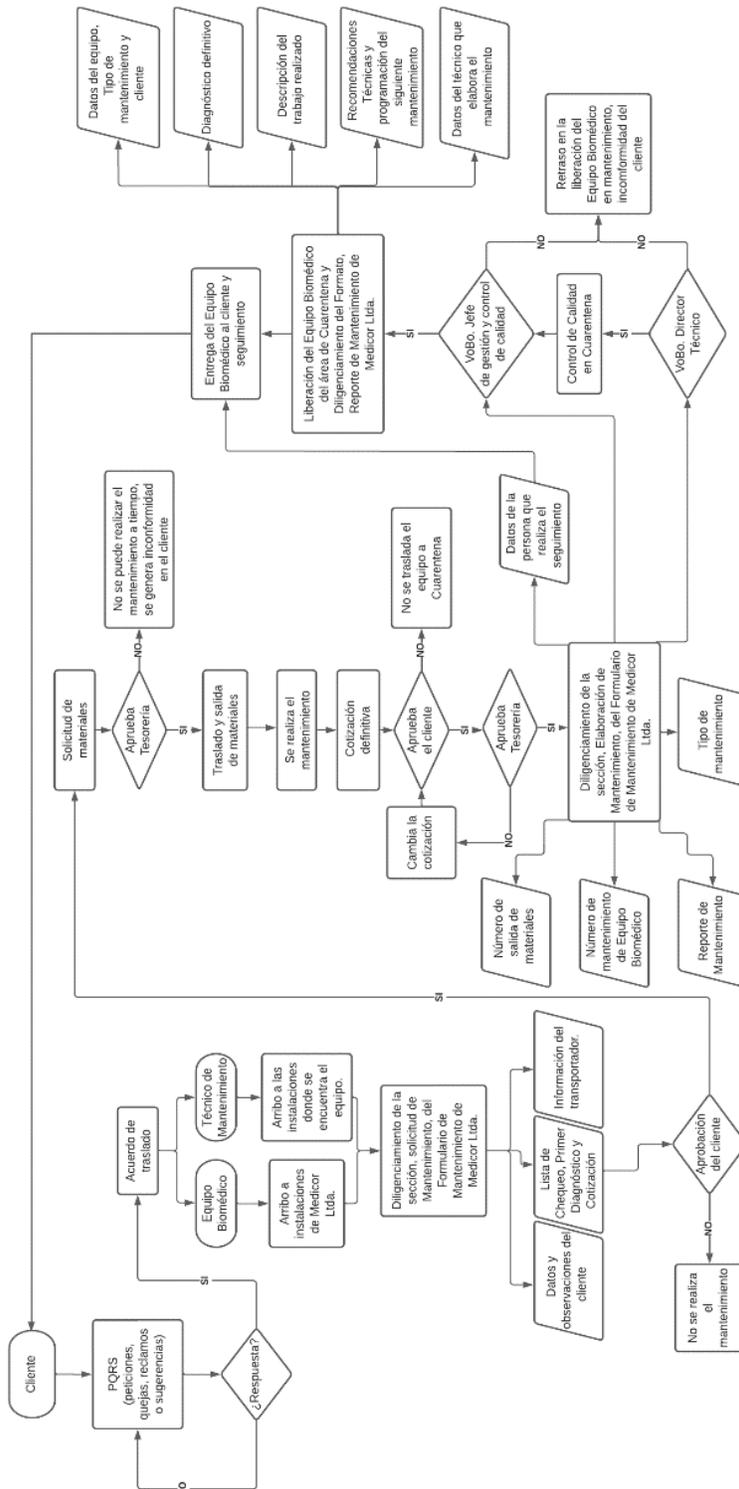


Figura 5. Diagrama del sistema de gestión de mantenimiento de Medicor Ltda.

4. RESULTADOS

Los resultados que se obtuvieron en base a la metodología y los objetivos planteados son las siguientes Tablas de base de datos e informes en los que resumió tanto la información consignada en los reportes, formularios, salidas de materiales y datos de trazabilidad, como la información que fue aportada por las nuevas variables de tiempo calculadas a partir de la información que se encontró en estos y los parámetros de interés determinados.

4.1 Base de datos.

CLIENTES1	Reporte	Formulario Salidas	Salida de Materiales
------------------	---------	--------------------	----------------------

Figura 6. Título de las 4 Tablas de la base de datos.

Se observa en la Figura 6 las 4 Tablas que constituyeron la base de datos. Cada una de las cuales se presenta a continuación de forma detallada. Es de suma importancia mencionar que el resultado de esta base de datos fue la estructuración y el orden de informes de mantenimiento basado en el listado de clientes. Permitiendo esto la consulta de la cantidad de mantenimientos que contaban con Reporte, Formulario y los materiales asociados a este, que estaban relacionados a un determinado equipo y cliente.

Ahora bien, en la Tabla 1 se observa la Tabla de datos construida CLIENTES1 o información mínima requerida para poder realizar la trazabilidad de un equipo, que se conformó con 4 atributos, 125 instancias y la cual se presenta de primera, teniendo en cuenta que es el inicio de la información que se registró en la etapa de posventa del equipo, que es finalmente la fase en la que, la gestión de mantenimientos es fundamental, ya que garantiza que el equipo esté funcionando correctamente y evita de esta forma el reporte de incidentes o eventos adversos.

Nombre del Cliente	Nombre del equipo	Serial del equipo	Fecha de adquisición
ROSSEMBERG DELGADO ALZATE	CAMPO LOCAL ML-104	200062205	1/09/2022
LEIDY CAROLINA CLEVES BELTRAN	CAMPO MANUAL MM-104	197042205	7/06/2022
LAURA VIVIANA LASSO GONZALEZ	CAMPO LOCAL ML-104	190122102	13/12/2021
CENTRO INTEGRAL DEL SER	CAMPO GENERAL 200 GAUSS MG-204	189112103	6/12/2021
CENTRO INTEGRAL DEL SER	CAMPO GENERAL 200 GAUSS MG-204	189112104	6/12/2021
CLAM COLOMBIA SAS	CAMPO GENERAL 200 GAUSS MG-204	177022102	6/08/2021
CLAM COLOMBIA SAS	CAMPO GENERAL 200 GAUSS MG-204	183072101	15/07/2021
CLAM COLOMBIA SAS	CAMPO GENERAL 200 GAUSS MG-204	183072102	15/07/2021
CLAM COLOMBIA SAS	CAMPO GENERAL 200 GAUSS MG-204	181062101	8/07/2021

Tabla 1. Información de la Tabla de datos CLIENTES1.

Luego se presentan dos Tablas (Tabla 2 y Tabla 3) en las que se pudo observar la información encontrada en las Tablas de datos construidas Formulario Salidas y Formulario Salidas (2), las cuales tienen una pequeña diferencia respecto al orden presentado del dato número de salidas de materiales, siendo

Formulario Salidas (2) una Tabla de datos auxiliar que permitió la correcta gestión y relación de los datos del Formulario y la Tabla de datos Salida de Materiales.

Dicha diferencia entre tablas se evidenció a partir de la cantidad de instancias de cada una de estas, puesto que las dos cuentan con 13 atributos, pero la Tabla Formulario Salidas tiene 122 instancias y la Tabla Formulario Salidas (2) tiene 388.

Nombre del Cliente	Ciudad	Dirección	Celular	Nombre del equipo	Serial del equipo
ADOLFO ESTEBAN PARDO BEJARANO	CHOACHÍ	CRAM A # 3 - 33 SUR	3022814133	Ozonizador OM-01	9909403
Holomedical Centers SAS	Bogotá	CALLE 120A N° 7-36 OFICINA 301 EDIFICIO 120	0	Ozonizador OM-01	1A901E+11
MEDICOR LTDA	BOGOTÁ	AV CORPAS KM5 SUBA	6866920	Campo Local ML-104	1911220101
LAURA VIVIANA LASSO GONZALEZ	BOGOTÁ	CRAJA N°148-67 APTO 501	3013366930	Campo Local ML-104	190122102
CENTRO INTEGRAL DEL SER	FACATATIVA	CRA 9 # 13A-118	3118442505	CAMPO 200 GAUSS MG-204	189112104
CENTRO INTEGRAL DEL SER	FACATATIVA	CRA 9 # 13A-118	3118442505	CAMPO 200 GAUSS MG-204	189112103
CLAM COLOMBIA SAS	BOGOTÁ	CALLE 104 # 14-20	3143698976	CAMPO 200 GAUSS MG-204	183072102
CLAM COLOMBIA SAS	BOGOTÁ	CALLE 104 # 14-20	3143698976	CAMPO 200 GAUSS MG-204	183072101
CLAM COLOMBIA SAS	BOGOTÁ	CALLE 104 # 14-20	3143698976	CAMPO 200 GAUSS MG-204	183072101

Tabla 2. Información de formulario de mantenimientos. (1/2)

Número de salida de Materiales para mantenimiento	Tipo de mantenimiento	Fecha de solicitud del mnto.	Fecha de finalización del mnto.	Fecha de creación del formulario	Fecha de aprobación del formulario	Aprobado
301/542/392	Preventivo postgarantía	2/08/2022	3/08/2022	3/08/2022	10/08/2022	SI
0	Correctivo postgarantía	25/10/2021	25/10/2021	25/10/2021	0	NO
320/559/081	Correctivo garantía	9/09/2022	9/09/2022	9/09/2022	12/09/2022	SI
293/87/534	Preventivo garantía	30/06/2022	11/07/2022	7/07/2022	29/07/2022	SI
287/527/86	Preventivo garantía	13/06/2022	13/06/2022	13/06/2022	17/06/2022	SI
287/527/86	Preventivo garantía	13/06/2022	13/06/2022	13/06/2022	17/06/2022	SI
0	Preventivo garantía	4/04/2022	4/04/2022	4/04/2022	5/04/2022	SI
0	Preventivo garantía	4/04/2022	4/04/2022	4/04/2022	5/04/2022	SI
250/260/504/505/365	Preventivo garantía	4/04/2022	20/04/2022	20/04/2022	21/04/2022	SI

Tabla 3. Información formulario de mantenimientos. (2/2)

Seguidamente se presentan dos Tablas (Tabla 4 y Tabla 5) con los datos de interés extraídos del formato reporte de mantenimiento. Estas dos Tablas contienen información de 116 registros y fue necesario dividir sus 11 atributos con el fin de tener una mejor visualización del conjunto de variables que conformaron la Tabla de datos Reporte.

Nombre del cliente	Teléfono	Nombre del equipo	Serial del equipo	Tipo de mantenimiento
MEDICOR LTDA	6866920	CAMPO LOCAL ML-104	1911220101	Correctivo
ROSSEMBERG DELGADO ALZATE	3166367734	CAMPO LOCAL ML-104	200062205	Preventivo
LEIDY CAROLINA CLEVES BELTRAN	3118600351	CAMPO MANUAL MM-104	197042205	Preventivo
LAURA VIVIANA LASSO GONZALEZ	3013366930	CAMPO LOCAL ML-104	190122102	Preventivo
CENTRO INTEGRAL DEL SER	3118442505	CAMPO GENERAL 200 GAUSS MG-204	189112104	Preventivo
CENTRO INTEGRAL DEL SER	3118442505	CAMPO GENERAL 200 GAUSS MG-204	189112103	Preventivo
CLAM COLOMBIA SAS	3143698976	CAMPO GENERAL 200 GAUSS MG-204	183072102	Preventivo
CLAM COLOMBIA SAS	3143698976	CAMPO GENERAL 200 GAUSS MG-204	183072101	Preventivo
CLAM COLOMBIA SAS	3143698976	CAMPO GENERAL 200 GAUSS MG-204	181062102	Preventivo

Tabla 4. Información de reportes de mantenimiento. (1/2)

Fecha de comienzo del mnto.	Fecha de finalización del mnto.	Fecha de creación del reporte	Fecha de aprobación del reporte	Aprobado	Siguiente Fecha de Mantenimiento
9/09/2022	10/09/2022	9/09/2022	12/09/2022	SI	No Reporta
29/09/2022	30/09/2022	29/09/2022	3/10/2022	SI	Marzo 2023
29/09/2022	30/09/2022	29/09/2022	3/10/2022	SI	Marzo 2023
11/07/2022	13/07/2022	11/07/2022	14/07/2022	SI	No Reporta
13/06/2022	17/06/2022	13/06/2022	17/06/2022	SI	Diciembre 2022
13/06/2022	17/06/2022	13/06/2022	17/06/2022	SI	Diciembre 2022
4/04/2022	4/04/2022	4/04/2022	5/04/2022	SI	No Reporta
20/04/2022	20/04/2022	20/04/2022	21/04/2022	SI	No Reporta
4/04/2022	4/04/2022	4/04/2022	5/04/2022	SI	No Reporta

Tabla 5. Información de reportes de mantenimiento. (2/2)

La Tabla 6 muestra un ejemplo de la información que se puede encontrar en la Tabla de datos Salida de Materiales. La cual esta constituida por 3 atributos y 1977 instancias.

Numero de salida	Concepto de la salida	Cantida
1	UNION TEE UNION 6 mm T	1
1	MANGUERA ATOXICA POLIURETANO 6 mm TRANSP	1,5
1	ABRAZADERAS GRANDES (AMARRAS)	4
1	ABRAZADERAS PLASTICAS PEQUEÑAS	2
1	ANTIRRETORNO SILICONADO 6 MM(OZONIZADOR)	2
1	ACOPLE RECTO MACHO POLIPROPILENO (ELECTR	1
1	ACOPLE RECTO 1/4 NPT a 6mm	1
2	LED 3MM CHORRO VERDE	1

Tabla 6. Información de materiales usados en Mantenimiento.

4.2 Informes del Análisis de la base de datos.

En este tablero (Figura 7) que se elaboró a partir de la información encontrada en CLIENTES1, se presentó el informe de datos mínimos requeridos para realizar la trazabilidad de un equipo en la tabla relacionada. Por otro lado, se observan dos gráficas, una de las cuales tiene la cantidad de veces que fue encontrado un número de serie en la tabla mencionada antes y la otra, la frecuencia del dato fechas de adquisición, que permitió visualizar la cantidad de veces que se encontró en la tabla CLIENTES1 una misma fecha de este atributo en las diferentes instancias.

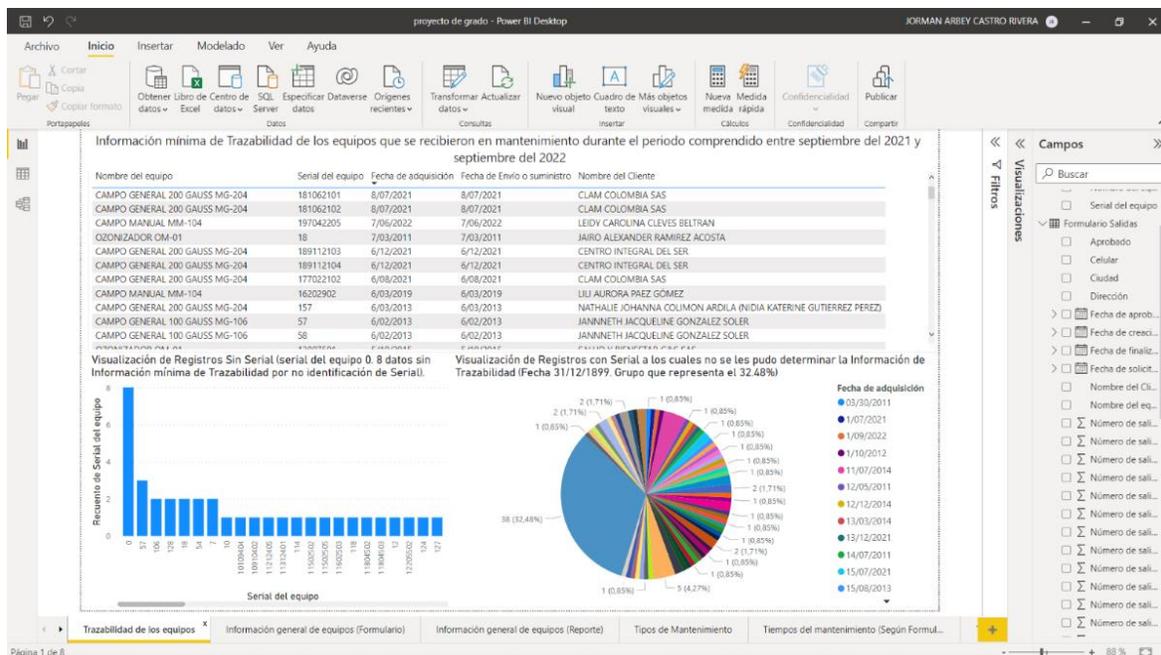


Figura 7. Informe de trazabilidad.

En el Informe presentado en la Figura 8, se relacionaron las variables de tiempo calculadas y se presentaron las gráficas de área simple o gráficos de

densidad en los que se pudo observar los tiempos estimados de cada uno de los eventos, Mantenimiento, aprobación y respuesta. En estos gráficos se relacionaron las variables, nombre del equipo, nombre del cliente, serial y fecha de inicio del mantenimiento en el eje X con el fin de distinguir cada uno de los tiempos de mantenimiento, aprobación o respuesta que se registraron para cada equipo, y en el eje Y se relaciona la variable de tiempo calculada **Tiempo de aprobación Formulario, Tiempo de Equipo en Mantenimiento o Tiempo de Respuesta según Formulario.**

Al inspeccionar cada una de las gráficas del informe (ver Anexo 2), se estableció que el mayor tiempo que ha permanecido un equipo en mantenimiento según la información de los formularios es 243 días, la cantidad de tiempo que más se han tardado en aprobar un formato de Formulario de Mantenimiento en el sistema de gestión documental es 214 días y finalmente el peor tiempo de respuesta que ha tenido la empresa respecto a la solicitud de mantenimiento de un cliente es de 334 días.

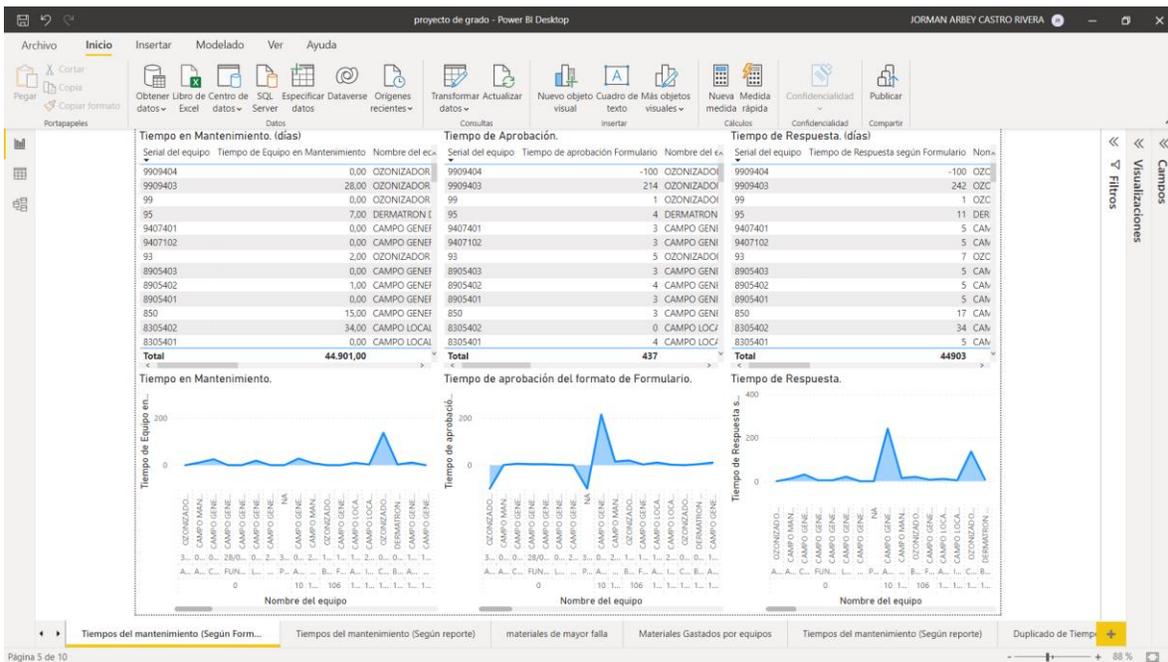


Figura 8. Variables de tiempos de Mantenimiento según Formulario.

La grafica mostrada en la Figura 9 relacionó los diferentes tiempos calculados de mantenimiento en el eje X y la cantidad de veces que se repetía dicho tiempo de mantenimiento en el eje Y, diferenciando la información graficada a partir de los tipos de mantenimiento elaborados. Obteniendo de este modo la caracterización en términos de tiempo de los tipos de mantenimiento que se elaboraron en la empresa.

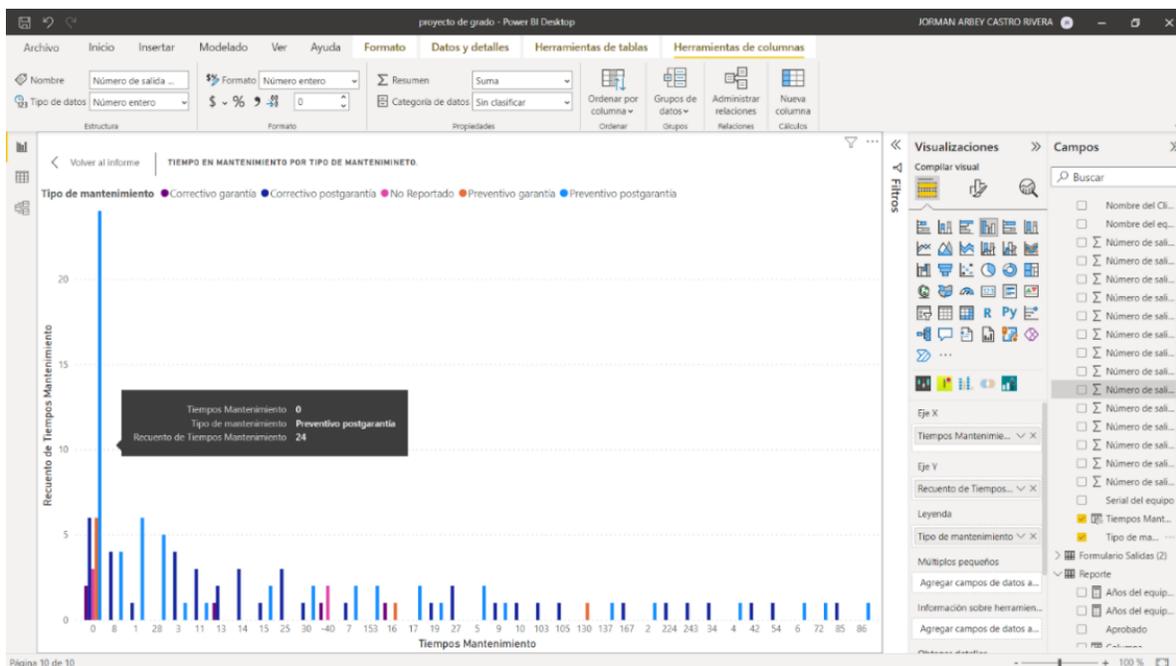


Figura 9. Demora evaluada por tipos de Mantenimiento.

En el siguiente informe de la Figura 10 se presentaron las gráficas de área y la gráfica de líneas que resultaron de los parámetros de tiempo calculados y su relación con cada serial, equipo, cliente y respectiva fecha de comienzo del mantenimiento. Asimismo, se encuentran las tablas en las que se pudo observar el número de días calculado, que están relacionados con el tiempo que tarda en desarrollarse cada uno de los eventos de mantenimiento, aprobación y respuesta según las fechas que se encontraron en los Reportes de mantenimiento.

Ahora bien, al observar de manera independiente las gráficas encontradas en el informe presentado en la Figura 10, se hallaron dos valores atípicos en la gráfica de tiempo en mantenimiento según reporte, que evidenció una demora de 961 días y 595 días de permanencia del equipo en el área de mantenimiento. Sin embargo, la mayor cantidad de tiempo que un equipo estuvo en el área de mantenimiento, luego de estos dos datos atípicos reportados, es de 187 días (ver Anexo 3). Por otro lado, se estableció que el registro de tiempo más alto en el proceso de aprobación de un Reporte de Mantenimiento es de 84 días y el tiempo calculado de la variable de respuesta de la empresa a los servicios de mantenimiento solicitado por los clientes, según las fechas del formato Reporte de mantenimiento, evidenció una demora de 48 días.

Por otro lado, el gráfico de barras llamado Equipos Obsoletos, se obtuvo luego de clasificar cada equipo que se encontró en la base de datos CLIENTES1, en obsoleto o no obsoleto (1 o 0, respectivamente), al evaluar su tiempo de vida en la función **Media** (ver Anexo 4). Mediante la cual se determinó la asignación de 1 a

un número de serie cuando el equipo que corresponde a este ha superado los 10 años de funcionamiento, que es el tiempo que especifica Medicor Ltda. de vida útil para los equipos que produce. Encontrando que 51 equipos, solo podrían recibir mantenimientos preventivos, a sabiendas de que la realización de un mantenimiento correctivo implicaría el repotenciamiento de estos, o en su defecto deben ser dados de baja [2].

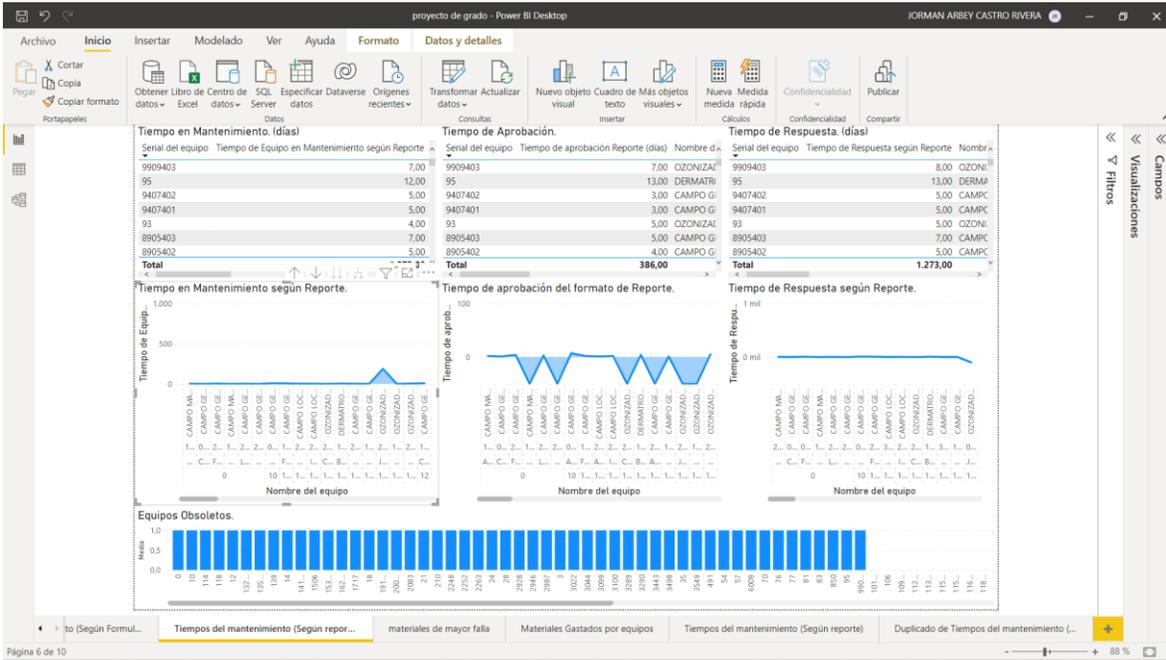


Figura 10. Variables de tiempos de Mantenimiento según Reporte.

La última grafica de esta sección ilustrada en la Figura 11, relacionó los tiempos de mantenimiento calculados según las fechas de comienzo y finalización del mantenimiento que se registraron en la Tabla de datos Reporte, la cantidad de veces que se repitió el número de días que tardó el mantenimiento y los tipos de mantenimiento elaborados. De nuevo se realiza una caracterización de los tipos de mantenimiento a partir de los tiempos calculados según las fechas encontradas en los Registros de Reporte de Mantenimiento.

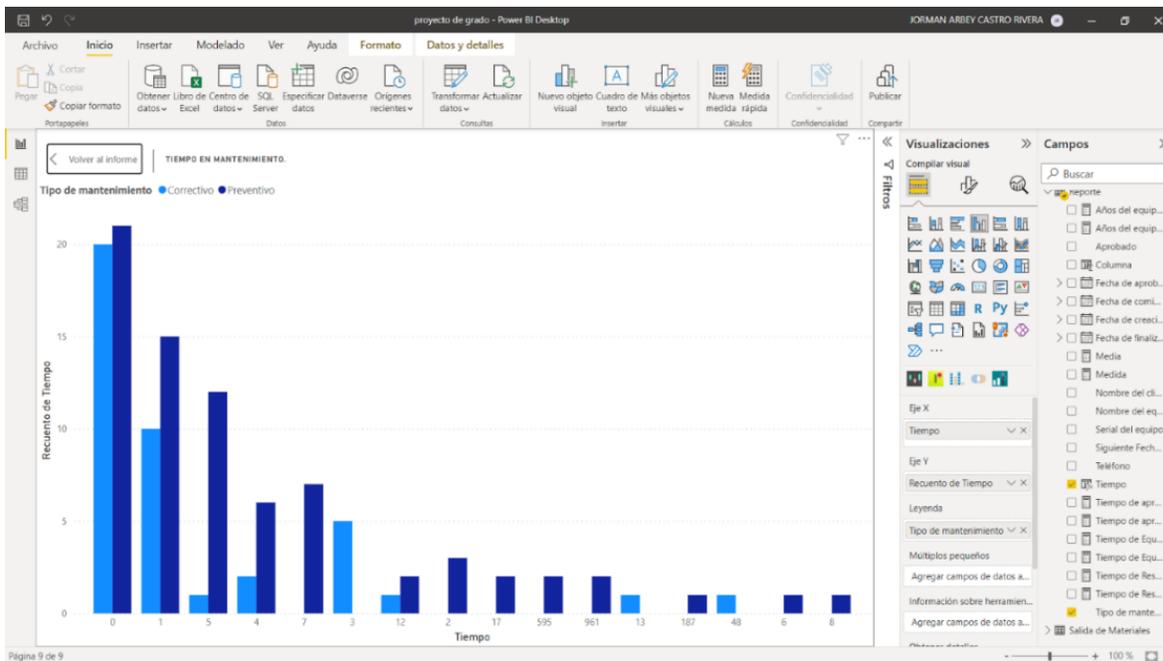


Figura 11. Demora evaluada por tipos de Mantenimiento.

4.3 Parámetros de importancia.

En los siguientes informes se presentó la tabla resumen de los materiales que se emplearon en cada uno de los mantenimientos que se realizaron durante el periodo de tiempo comprendido entre septiembre de 2021 y septiembre de 2022, en cuyo formato de formulario se encontraron relacionados los consecutivos de los documentos de Salida de Materiales, los cuales estaban vinculados en la información de la Tabla de datos Formulario Salidas.

De forma particular, el tablero de segmentación incluyó los nombres de los diferentes modelos de equipos, los seriales que se encontraban relacionados a estos nombres y el número de los documentos donde se especificaban los materiales que se utilizaron en el mantenimiento de estos. Por su parte, el gráfico de barras mostró la cantidad que se utilizó de cada material en un conjunto de equipos, como se evidenció en las Figuras 12 y 13, en las cuales se observó la cantidad de materiales que se gastaron para el mantenimiento de 23 campos generales de 200 gauss MG-204 (Equipos que producen campos magnéticos) o como se observó en la Figura 14 en la que se presentan los materiales que se gastaron para 23 Ozonizadores (Equipos que generan Ozono). Así mismo se presentaron los materiales empleados en el mantenimiento de un solo equipo, los cuales se podían visualizar en la Figura 15 donde se mostró los materiales usados para el mantenimiento de un ozonizador. Lo anterior se logra al relacionar los nombres del material utilizado en el eje X del gráfico y el total del material usado en el eje Y.

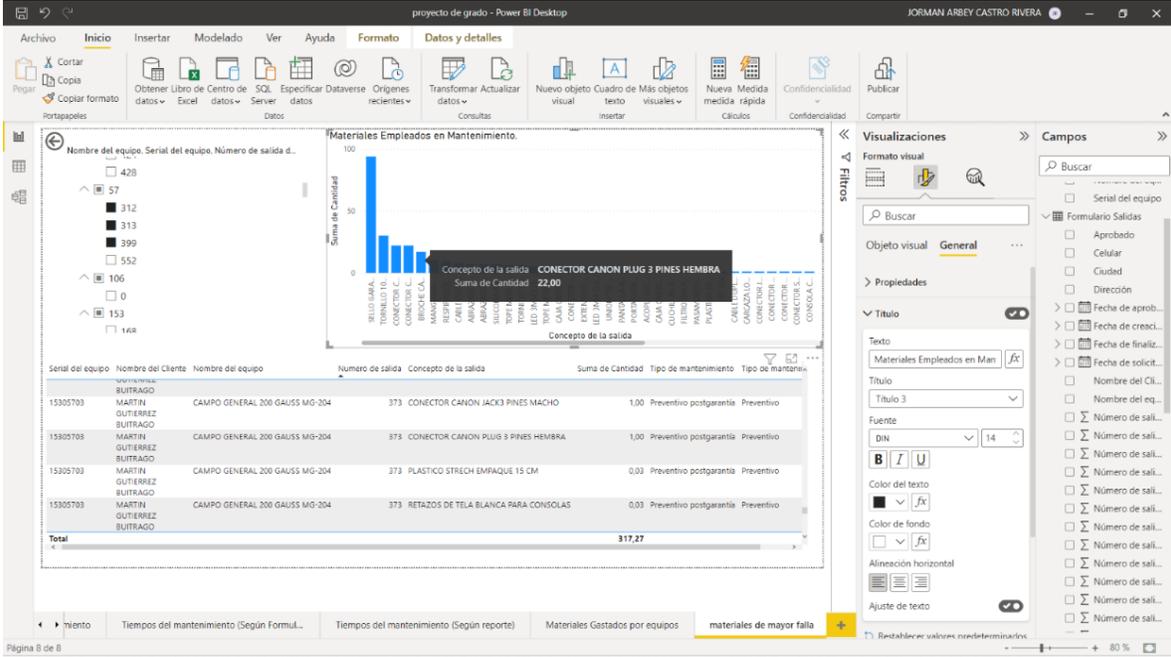


Figura 12. Materiales usados en 23 campos generales de 200 gauss MG-204. (1/2)

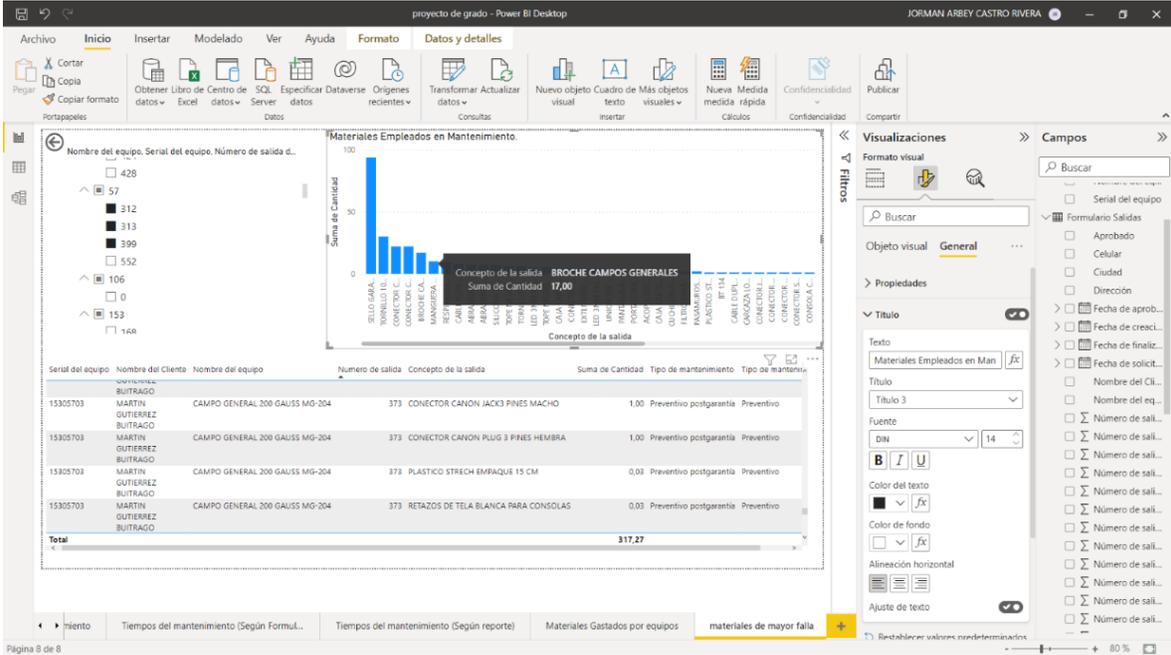


Figura 13. Materiales usados en 23 campos generales de 200 gauss MG-204. (2/2)

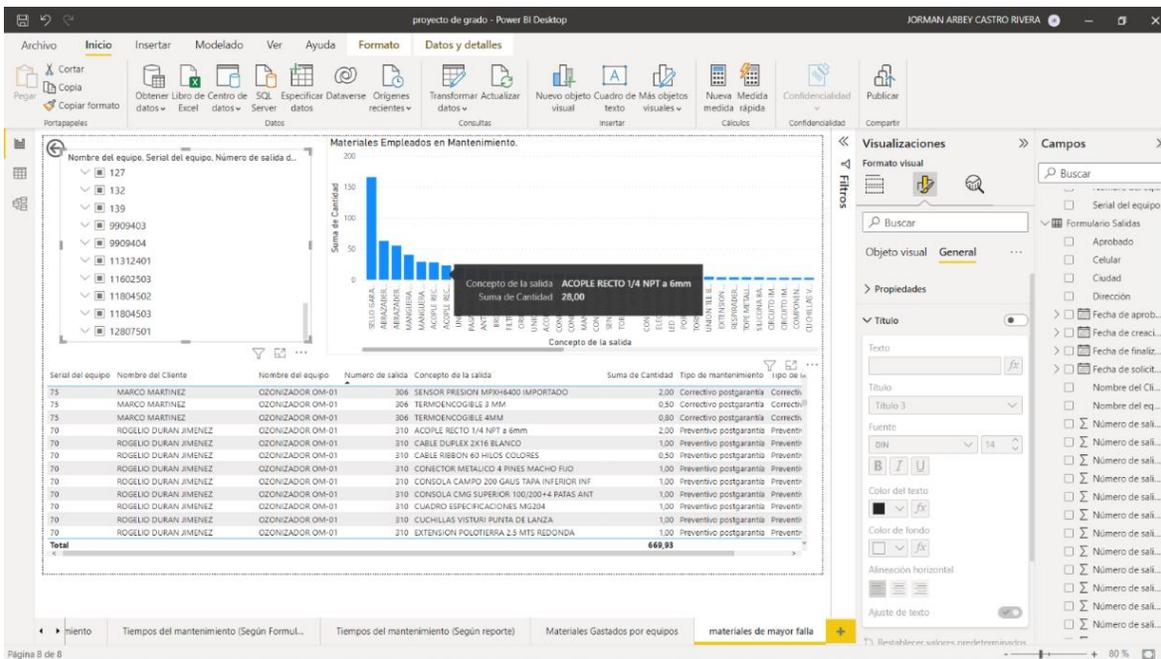


Figura 14. Materiales usados en 23 Ozonizadores OM-01.

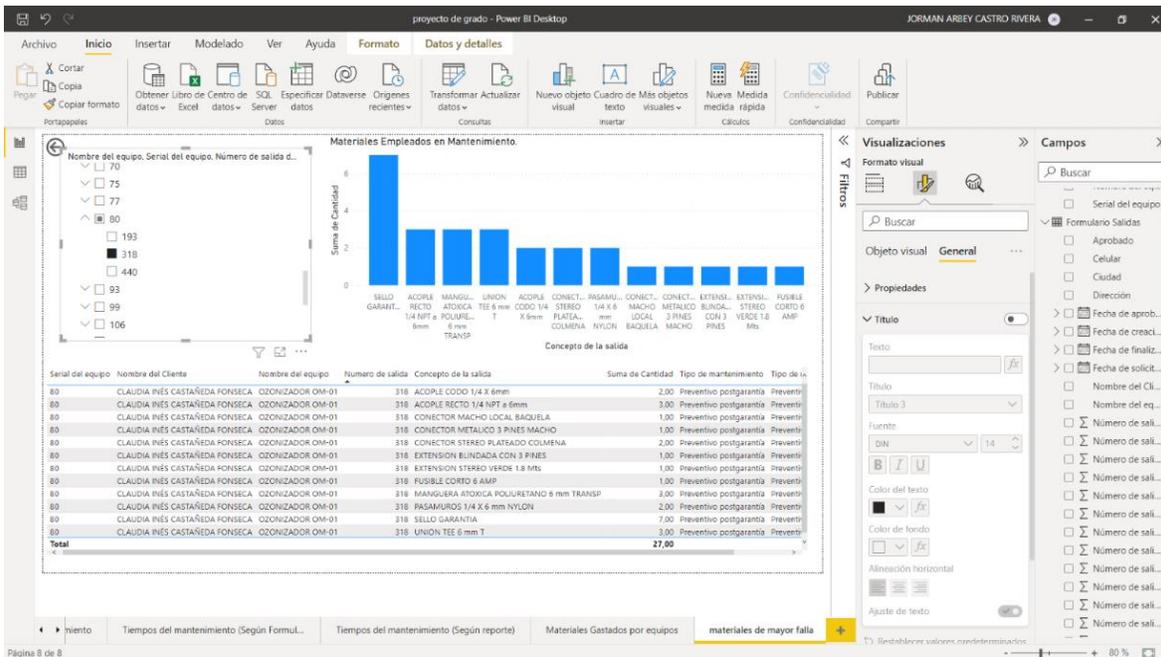


Figura 15. Materiales usados en un mantenimiento de un Ozonizador OM-01.

Otra gráfica de importancia que tiene relación con las variables de tiempo calculadas y puede ser potencialmente una evaluación del rendimiento del técnico de mantenimiento, se presenta en la Figura 16. Esta gráfica relacionó la fecha de solicitud del mantenimiento y la cantidad de veces que esta aparecía en el Formulario Salidas, diferenciando los valores obtenidos mediante los tiempos de

mantenimientos calculados. Observando en la gráfica que el mejor dato indicó que se elaboraron 7 mantenimientos durante un mismo día.

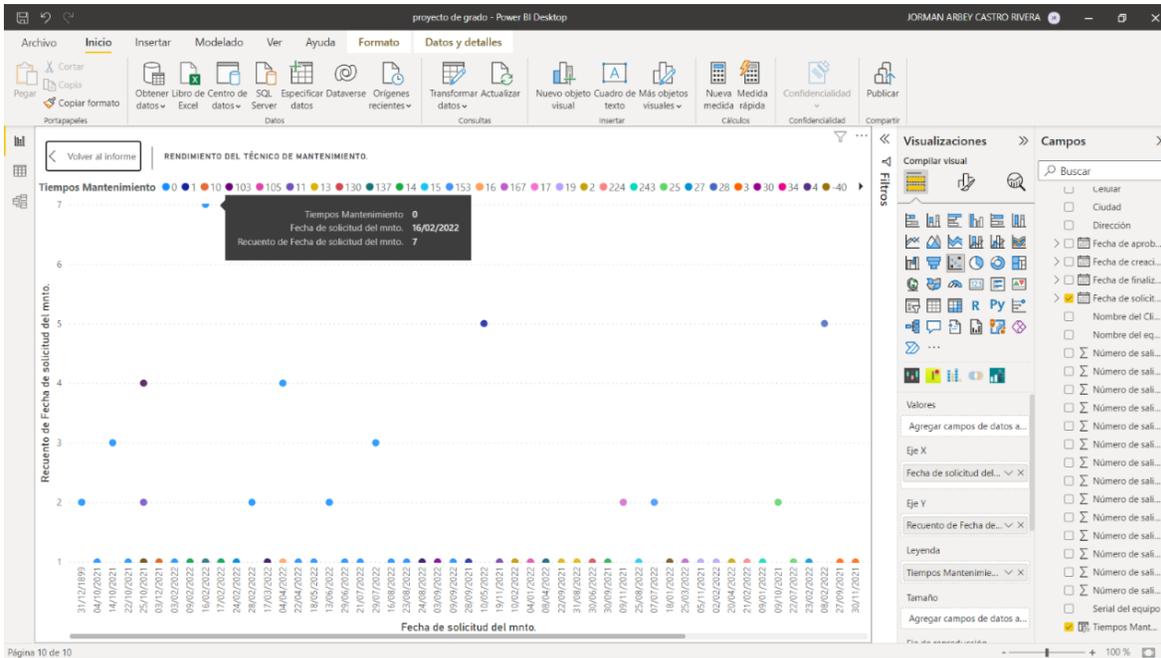


Figura 16. Rendimiento del técnico según formulario.

En la Figura 17 se encuentra una gráfica relacionada con la anterior, la cual se diferenció de esta, ya que se obtuvo a partir de los tiempos relacionados con las fechas informadas en los reportes de mantenimiento. En esta se evidencia que en un mismo día se logró realizar 4 servicios de mantenimiento.

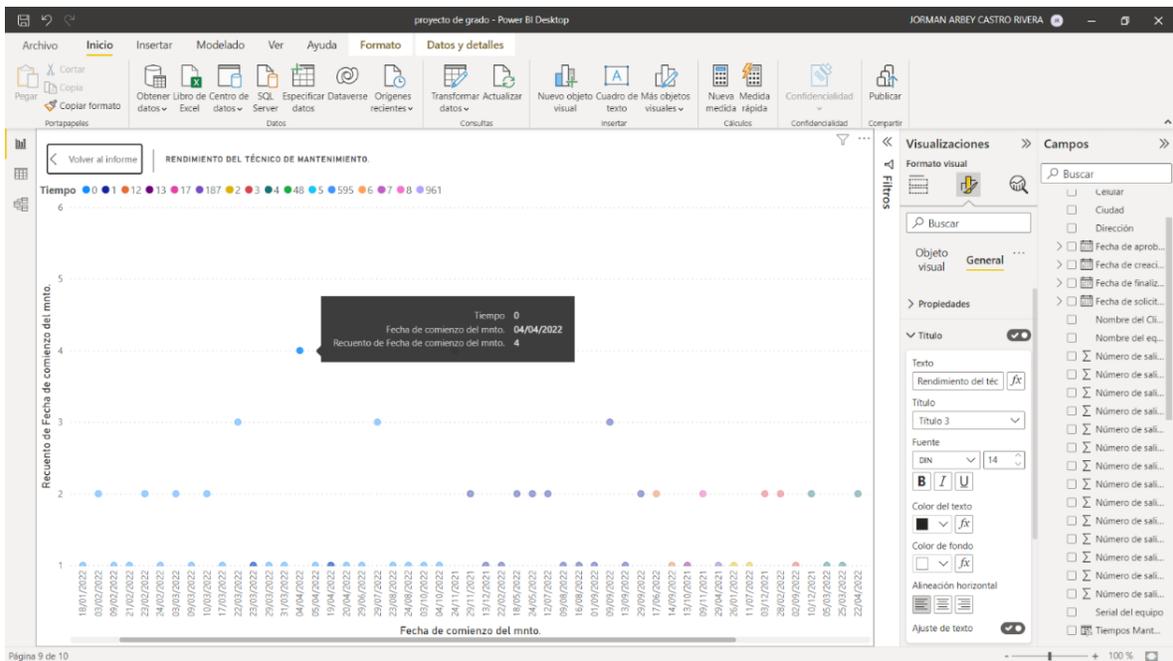


Figura 17. Rendimiento del técnico según el Reporte.

Finalmente se reporta el cálculo de parámetros a partir de las variables de tiempo calculadas, dando como resultado los valores mostrados en el informe de la Figura 18. Es complejo, sin embargo, establecer un umbral, al menos, respecto al dato de mantenimiento puesto que como se evidenció, el sistema implementado es bastante particular y debe ser caracterizado de la misma para determinar en cuál de las diferentes posibilidades de decisión se presenta una mayor demora. Ahora bien, respecto al dato de demoras por la aprobación requerida en el sistema de gestión documental, se puede establecer que el umbral de dicha aprobación debe considerarse negativo si el tiempo promedio reportado es mayor a 5, significando esto la demora de una semana de trabajo, para realizar la aprobación de dos documentos con una extensión de no más de dos páginas.

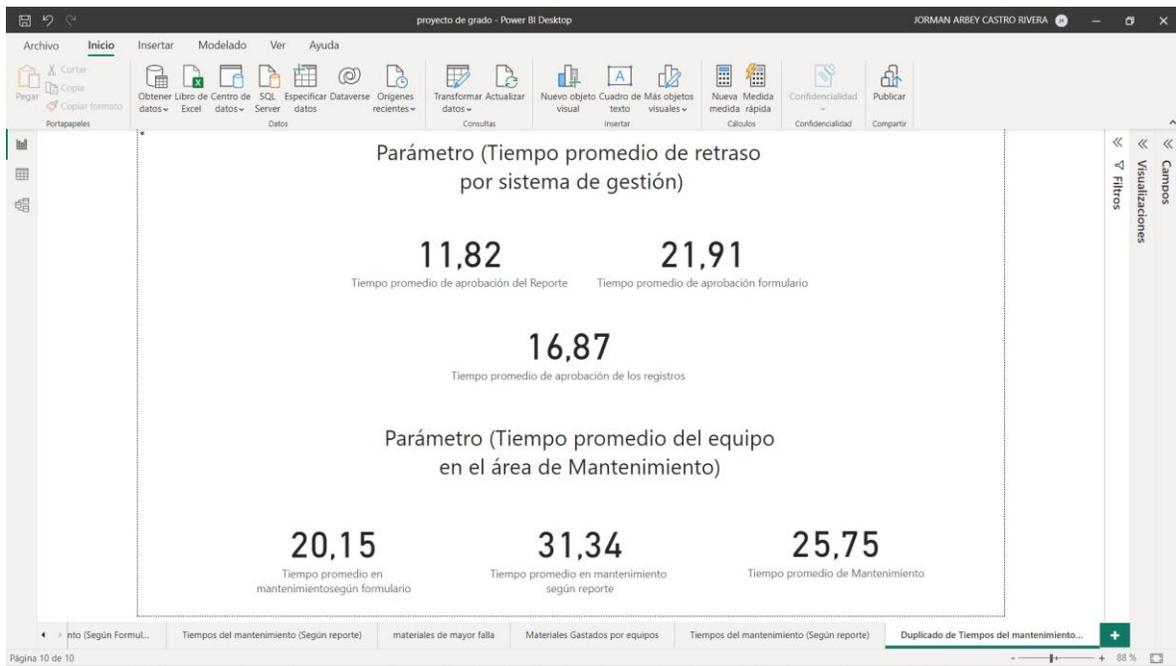


Figura 18. Parámetros de evaluación del desarrollo del mantenimiento.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La construcción de las Tablas de datos fue una tarea laboriosa y esto obedeció a la falta de sistematización de la información tanto de mantenimiento como del inventario de equipos vendidos. Lo anterior se sustenta en el hecho de que la construcción de la Tabla de datos CLIENTES1, requirió de la consulta de tres fuentes diferentes como se evidenció en la metodología. Siendo necesario esto, debido a que los equipos para los cuales existe un registro de mantenimiento entre septiembre de 2021 y septiembre de 2022 pudieron haber sido adquiridos desde que Medicor Ltda. inicio con las actividades de producción de equipos.

Asimismo, se evidenció que, en la construcción de las Tablas de datos Formulario Salidas y Reporte, debía ser consultado cada registro de mantenimiento en la plataforma KAWAK®, para extraer información de interés que consignada en bases de datos como las propuestas en el presente trabajo, permitieron verificar de forma eficiente a partir de métricas de tiempo puntuales como las reportadas y gráficos como los obtenidos, las características de los mantenimientos realizados, así como los materiales usados, verificando a partir de esta información que ajustes se han realizado al equipo, tipos de mantenimiento, cantidad de veces que el equipo ha estado en mantenimiento y por lo tanto, su historial.

Respecto a la construcción de la Tabla de datos Salida de Materiales, la información que suministró el departamento de contabilidad, deja ver que estos cuentan con inventarios organizados, lo cual no es solo de interés para la presente sección de la base de datos sino además para la Tabla CLIENTES1, teniendo en cuenta que de la misma forma que tienen una base de datos organizada con el inventario de los materiales gastados, deben tener una semejante con el listado de clientes que han adquirido equipos, durante el periodo que ellos se han encargado de la contabilidad (2017-2022). Siendo esto obligatorio para ellos puesto que dicho inventario es con el que se alimenta el sistema Helisa [22]. Sin embargo, la información es confidencial y obtenerla es compleja, siendo cierto este enfoque debido a que para el área técnica no debería ser de interés la información financiera de la empresa.

De los informes presentados, se debe decir primero que fue necesario el cálculo de métricas de tiempo y la obtención de graficas de las Tablas de datos de Formulario Salidas y Reporte por separado, debido a que en la construcción de estas se evidenció mediante la diferencia del número de instancias, una cantidad mayor de Formularios y menor de Reportes de mantenimiento, lo cual evidenció una falla en la gestión documental que da soporte al mantenimiento, pues no debería existir un Formulario sin Reporte o un Reporte sin Formulario. Sin embargo, esto puede obedecer al tiempo de adaptación del personal al sistema de gestión documental KAWAK®.

En cuanto al análisis de la información encontrada en el informe de Trazabilidad, se determinó, como se menciona en la metodología, que de los 125 equipos que

solicitaron servicios de mantenimiento en el periodo de tiempo desde septiembre de 2021 hasta septiembre de 2022, hay 46 a los cuales no se les pudo establecer la información mínima requerida para poder realizar trazabilidad. Lo anterior se estableció al encontrar que 8 equipos no tenían serial (valor de 0) y 38 equipos tenían un valor de fecha de 31/12/1899 que corresponde en Microsoft Power BI al valor de fecha que en las tablas de datos se encuentra como 00/01/1900. La razón por la que no se pudo determinar fechas para algunos seriales, se debió a que, durante la búsqueda, no se encontró este dato en ninguno de los dos sistemas mencionados y en los registros de facturación física se evidenció facturación de equipos nuevos sin serial durante el periodo de 2009-2014, en los cuales podría encontrarse algunos de los seriales faltantes. Ahora bien, teniendo en cuenta lo anterior, se entiende el porqué de los cambios de sistema de contabilidad y se justifica como un plan de mejora ya que, en los últimos cinco años, la facturación del equipo ha registrado el número de serie.

Teniendo valores tan altos en la cantidad de tiempo que tardaron en realizar un mantenimiento, en aprobar un documento y en dar respuesta a la solicitud del cliente, se realizó el cálculo de los parámetros de Retraso por el sistema de gestión y el promedio de la permanencia del equipo en el área de mantenimiento. A partir de los parámetros encontrados se estableció que hay demora en la aprobación de los registros, lo cual se generó debido a que el flujo de aprobación del documento cambiaba, quedando relacionado a algún usuario de la plataforma que no se encontraba ya en la empresa. Sin embargo, como se mencionó en algún momento, recientemente se está realizando este proceso de aprobación con la finalidad de hacer un control de calidad del mantenimiento realizado. Por otra parte, el parámetro relacionado con el tiempo de mantenimiento no es concluyente puesto que abarca diferentes puntos de decisión en el sistema de gestión de la empresa. Siendo complejo establecer si las demoras se generan por la aprobación del cliente, la compra de materiales faltantes o el rendimiento del técnico.

Con el objetivo de evaluar a que tipos de mantenimiento correspondían los diferentes periodos de tiempo calculados, para así tener una idea del rendimiento de la empresa en la elaboración de mantenimientos, se encuentra que generalmente no se tarda más de un día en realizarlos. Sin embargo, en la Figura 15 se observó que hay mantenimientos preventivos que demoran 137 días o en la Figura 18 se observó que hay mantenimientos preventivos que tardan 187 días, siendo la única posibilidad de que esto suceda, la demora de la aprobación del cliente, porque de no ser así, se debe empezar a evaluar la gestión de compras de la empresa, ya que en los mantenimientos preventivos no se requiere el cambio de piezas críticas, las cuales pueden llegar a ser más complicadas de conseguir.

Por último, se evidenció que en el Formulario de Mantenimiento no hay información que permita determinar cuándo una pieza se cambia por falla o por protocolo de mantenimiento, siendo esto de suma importancia, para establecer la frecuencia con la que fallan los componentes y adquirir con tiempo, los repuestos necesarios, para evitar posibles demoras en la gestión de compras. Además, que de esta forma se daría validez a las tendencias como las encontrados en el Informe Materiales de Mayor Falla, al ser

posible diferenciar si los materiales que se observan en las gráficas con mayor frecuencia de cambio corresponden a materiales que presentan falla o que son cambiados por protocolo de mantenimiento.

6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Como se observó al inicio del sistema de gestión de mantenimientos (Figura 5), el formato para realizar las solicitudes de mantenimiento es un formato de peticiones, quejas, reclamos y sugerencias, por lo que se hace necesario el desarrollo de un formato que sirva específicamente para realizar dichas solicitudes. Asimismo, se deben incluir en el Formulario de Mantenimiento campos que permitan diferenciar las piezas cambiadas por fallas y las piezas que son cambiadas por protocolo de mantenimiento.

Por otro lado, es bueno que se considere el establecimiento de tarifas fijas del costo de mantenimiento de los equipos, ahorrando el proceso de doble consulta al cliente.

Respecto a la base de datos, es imperativo que se conserve y se alimente con información nueva con el objetivo de tener un inventario de clientes y un historial de mantenimiento de los equipos, evitando la consulta de la información financiera de la empresa y logrando encontrar con facilidad la información relacionada a un dato que distinga a cada equipo, tal como el número de serie. Permitiendo lo anterior establecer no solo políticas de mantenimiento eficaces a partir de la evaluación y análisis de nuevos indicadores, sino además de políticas de garantía de los equipos, puesto que, si el historial de mantenimiento registra el ingreso de un mismo equipo repetidas veces en un periodo corto de tiempo, se podría establecer que el daño o el mal funcionamiento se debe a un mal manejo dado por el cliente.

Caracterizar de forma particular el sistema, con el cálculo de tiempos que tardan en realizarse las compras luego de que se presenta la solicitud de materiales con los que no se cuenta para realizar un determinado mantenimiento y el tiempo que tarda en aprobar el cliente el inicio de la elaboración del mantenimiento.

Iniciar la construcción de un programa de gestión a partir de la información de la base de datos creada en este trabajo, que incentive al cliente a realizar mantenimientos de los equipos de forma frecuente, teniendo en cuenta la clasificación de riesgo de estos, su evaluación de fallas a partir de la frecuencia con que se reciba en mantenimiento y el cumplimiento del protocolo de mantenimiento que se encuentra en el manual de cada equipo. Involucrando activamente a Medicor Ltda. en la conservación del funcionamiento óptimo del equipo, tal como lo exige la ley en el Decreto 4725 de 2005 [2].

7. CONCLUSIONES

La condensación en bases de datos de la información encontrada en formularios y reportes de mantenimiento permite la consulta fácil de esta y una gestión igualmente sencilla que da como resultado, métricas de tiempo puntuales que permiten realizar una evaluación del sistema de mantenimiento en términos de días de demora en los tres procesos mencionados en este trabajo.

La revisión de facturación no debe ser la única forma de consulta que permita establecer la información que se requiere para la construcción de una base de datos con información que permita realizar la trazabilidad de los equipos. Teniendo en cuenta que no es necesario que el área técnica conozca el rendimiento financiero de la empresa para cumplir con este objetivo.

A partir del análisis en conjunto de la base de datos creada, se determina que el serial es el número de identificación y diferencial de un equipo, que permite la consulta del historial del manejo dado a este durante su vida útil. Encontrando esta idea sustento, en algunos seriales en los que se evidenció cambio de dueño, puesto que la persona que solicitó el mantenimiento no es la misma que se encontró en el registro de facturación del equipo.

Los indicadores de tiempo calculados en el presente trabajo dejan entredicho la eficacia del sistema de gestión de mantenimientos que realiza Medicor Ltda. pues a pesar de que son pocos el número de mantenimientos que tiene un registro de tiempo alto a saber 130 días, estos dejan ver que la gestión no depende solo de la empresa, tal como debería ser y reflejan la dependencia de múltiples aprobaciones del cliente.

A pesar de implementarse como un modo de control de calidad del servicio y de establecer que una de las posibles razones de demora en la aprobación de registros se debe a que el flujo no siempre fue el mismo, se concluye que a partir del parámetro calculado Retrasos por sistema de gestión documental, esta no es una medida efectiva dentro del desarrollo del mantenimiento.

El tiempo de mantenimiento debe depender exclusivamente del desarrollo de una orden de trabajo, lo cual implica que no haya obstáculos en la evaluación del rendimiento de la persona encargada de los mantenimientos.

REFERENCIAS

- [1] Medicor.com.co. 2022. *Nosotros | Medicor | Terapias No Farmacológicas*. [online] Available at: <<https://medicor.com.co/nosotros/>>.
- [2] MINISTERIO DE LA PRTECCIÓN SOCIAL, "DECRETO 4725 DE 2005", 2005.
- [3] MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, "RESOLUCIÓN 2003 DE 2014", 2014.
- [4] Á. C. Q. J. C. J. C. E. Luís Alberto Tena Aguilar, "PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL EQUIPAMIENTO BIOMÉDICO". 2009. [online] Available at: <http://www.hospitalsjl.gob.pe/ArchivosDescarga/Transparencia/PlanMantenimiento.pdf>.
- [5] J. Guduri, Y. V. Ramana, and P. Sreedevi, "Biomedical Equipment Maintenance & barrier diagnosis, a systematic infection control practice," *PARIPEX INDIAN JOURNAL OF RESEARCH*, vol. 9, no. 9, Sep. 2020. [online] Available at: https://www.researchgate.net/publication/346229200_BIOMEDICAL_EQUIPMENT_MAINTENANCE_BARRIER_DIAGNOSIS_A_SYSTEMATIC_INFECTION_CONTROL_PRACTICE
- [6] ANDREA SÁNCHEZ y DIANA NEME, "TIPOS DE MANTENIMIENTOS DE EQUIPOS BIOMÉDICOS UTILIZADOS EN SERBIOMED AMBULANCIAS LTDA," Informe de pasantía como opción de grado para optar el título de Tecnólogas en Mantenimiento de Equipos Biomédicos - Electromedicina, UNIVERSIDAD ECCI, BOGOTÁ D.C., 2021.
- [7] M. M. Noor, I. A. Magray, and S. Chawla, "Integration of Healthcare System with its Experts for Improving the Life Expectancy of Medical Devices: A Review," *IJSRST162210*, vol. 2, no. 2, Apr. 2016. [online] Available at: https://www.researchgate.net/publication/303806050_Integration_of_Healthcare_System_with_its_Experts_for_Improving_the_Life_Expectancy_of_Medical_Devices_A_Review
- [8] H. Almomani, "Using Computerized Maintenance Management System (CMMS) in Healthcare Equipments Maintenance Operations", 2020, [Online]. https://www.researchgate.net/profile/Hesham-Almomani/publication/342707011_Using_Computerized_Maintenance_Management_System_CMMS_in_Healthcare_Equipments_Maintenance_Operations/links/5f02a5bd299bf18816039c4b/Using-Computerized-Maintenance-Management-System-CMMS-in-Healthcare-Equipments-Maintenance-Operations.pdf
- [9] N. Mendes, F. Coutinho and J. T. Farinha, "Maintenance of Electromedicine Equipment: A Case Study Based on Outsourcing," 2019 IEEE 6th Portuguese Meeting on Bioengineering (ENBENG), 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/ENBENG.2019.8692574.
- [10] V. Umbelino, F. Coutinho, I. Fonseca and I. Monteiro, "Standards about Medical Equipment Maintenance – A Survey," 2019 IEEE 6th Portuguese Meeting on Bioengineering (ENBENG), 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/ENBENG.2019.8692460.
- [11] E. B. Sloane and R. J. Silva, "Maintenance of complex, converged, and interoperable medical device/information systems," *Clinical Engineering Handbook*, pp. 638–643, 2020.
- [12] D. Patiño, "Aplicación Web Para Administrar Los Servicios De Mantenimiento De Equipos Biomédicos De Medytech - Biomedysof," tesis, Fundación Universitaria Los Libertadores, Bogotá D.C., 2019.
- [13] M. Arregui, "Reducción del Riesgo en Equipos Biomédicos y en Instalaciones Eléctricas de Entornos Clínicos", *Rev. mex. ing. biomédica* [online]. 2019, vol.40, n.1, e201822. ISSN 2395-9126. <https://doi.org/10.17488/rmib.40.1.3>
- [14] J. Auni6n-Villa, M. G6mez-Chaparro, and J. Garc3a Sanz-Calcedo, "Assessment of the maintenance costs of electro-medical equipment in Spanish hospitals," *Expert Review of Medical Devices*, vol. 17, no. 8, 2020.

- [15] H. Yangua, J. Paolo, T. Ramos, A. Huamán, V. Hugo, “Programa de mantenimiento preventivo de equipos biomédicos para el hospital Octavio Mongrut Muñoz – Cercado de Lima”, 2021, [Online]. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2827>
- [16] “Universidad Nacional del Callao - Repositorio Institucional Digital.” [Online]. Available: <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5127/FLORES%20SANCHEZ%20FIME%202019.pdf>.
- [17] C. Cristancho, M. Lozano, “Desarrollo de un sistema de gestión de bases de datos en la nube para la optimización del proceso de integración de información de tecnología médica y validación a través de indicadores de cumplimiento”, tesis de grado, ingeniería biomédica, ECI, Bogotá, 2020. [Online]. <https://repositorio.escuelsaing.edu.co/bitstream/handle/001/1158/Cristancho%20Lenis%20%20Carolina-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [18] A. M. Cruz, in *Gestión tecnológica hospitalaria. Un enfoque sistémico*, Bogotá, D.C.: Editorial Universidad del Rosario, 2010.
- [19] MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. DIRECCIÓN DE DISPOSITIVOS MÉDICOS Y OTRAS TECNOLOGÍAS “RESOLUCIÓN 4816 DE 2008”, 2008.
- [20] “Software para sistemas de gestión de calidad: Kawak,” *KAWAK Software para Sistemas de Gestión ISO*, 16-Nov-2022. [Online]. Available: <https://www.kawak.net/>.
- [21] “Microsoft,” *Soporte técnico de Microsoft*. [Online]. Available: https://support.microsoft.com/es-es/office/conceptos-b%C3%A1sicos-sobre-bases-de-datos-a849ac16-07c7-4a31-9948-3c8c94a7c204#__toc257378517.
- [22] Ncontrerasn, “Inicio,” *Helisa*. [Online]. Available: <http://fce.unal.edu.co/unidad-de-informatica/proyectos-de-estudio/contaduria/helisa#:~:text=Helisa%20es%20un%20software%20dise%C3%B1ado,e%20informes%20de%20las%20transacciones>.
- [23] Suiteoss, “Software ERP Para Gestión de Costos producción: Software erp contable,” *Software y consultoría en costos y producción*, 11-Jul-2022. [Online]. Available: <https://suiteoss.com/>.
- [24] “¿Qué es power bi?: Deloitte España,” *Deloitte Spain*, 19-Oct-2020. [Online]. Available: <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/que-es-power-bi.html>.

ANEXOS

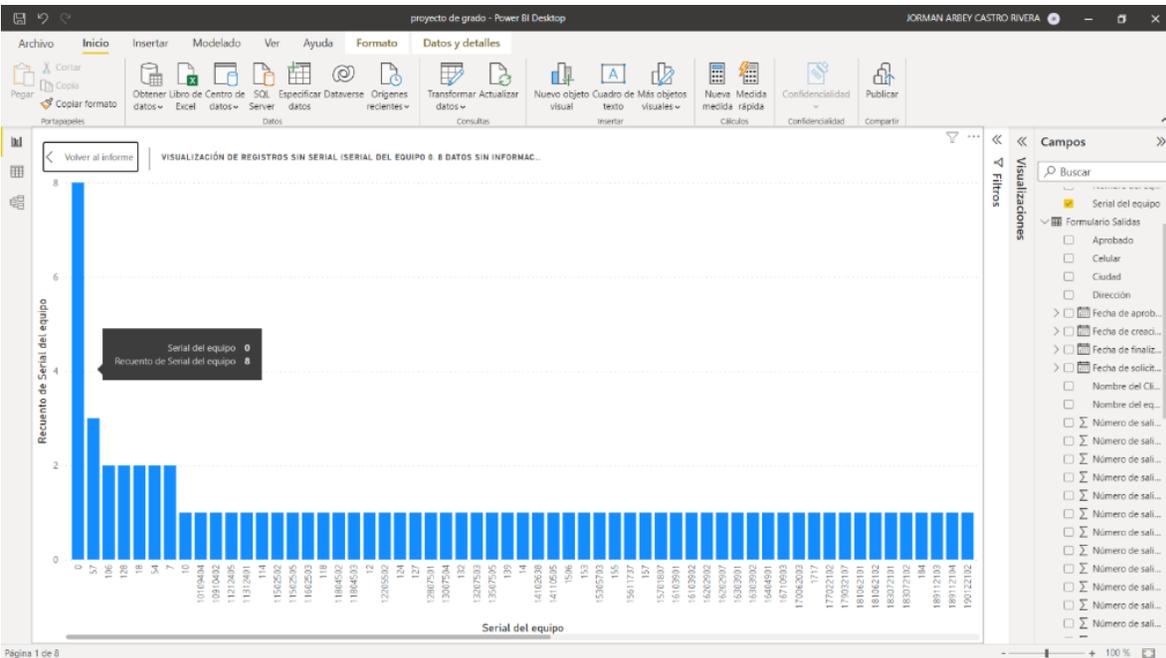
Anexo 1. Inspección de las tablas y gráficas que se encuentran en el Dashboard de Trazabilidad de los equipos.

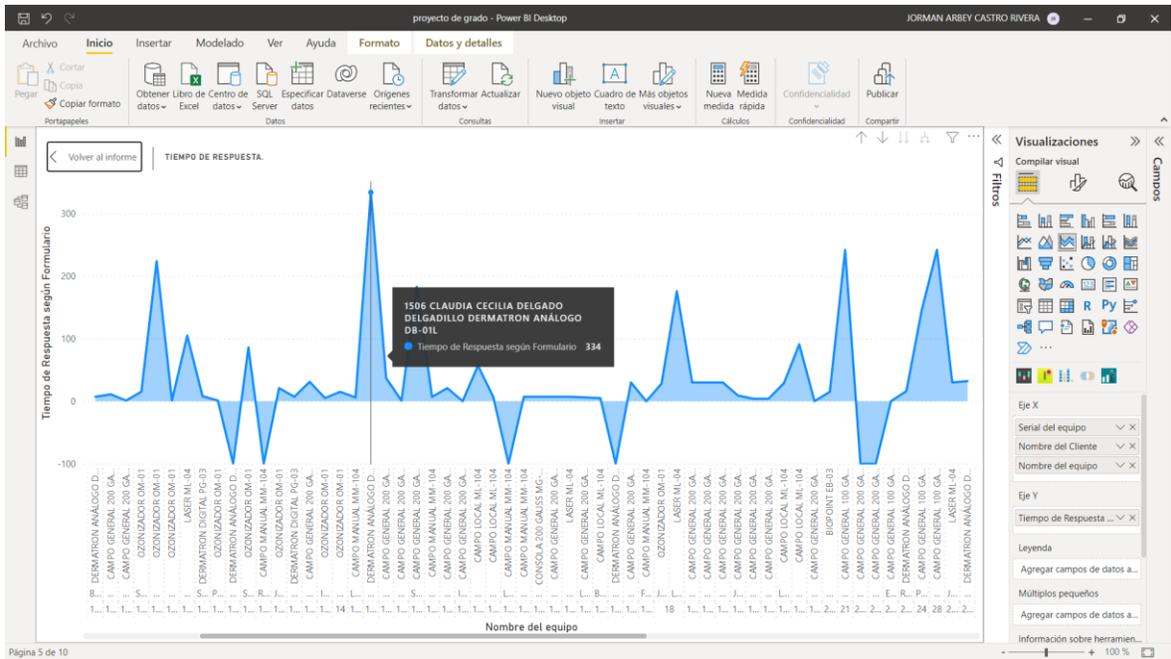
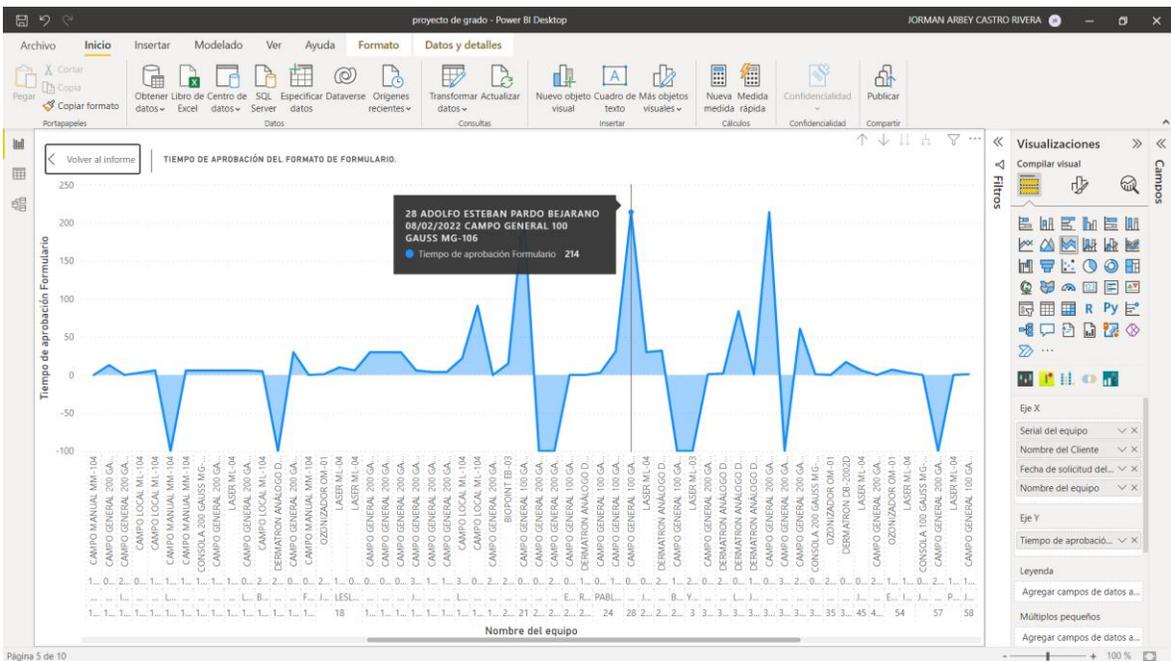
proyecto de grado - Power BI Desktop JORMAN ARBEY CASTRO RIVERA

Archivo Inicio Insertar Modelado Ver Ayuda Formato Datos y detalles

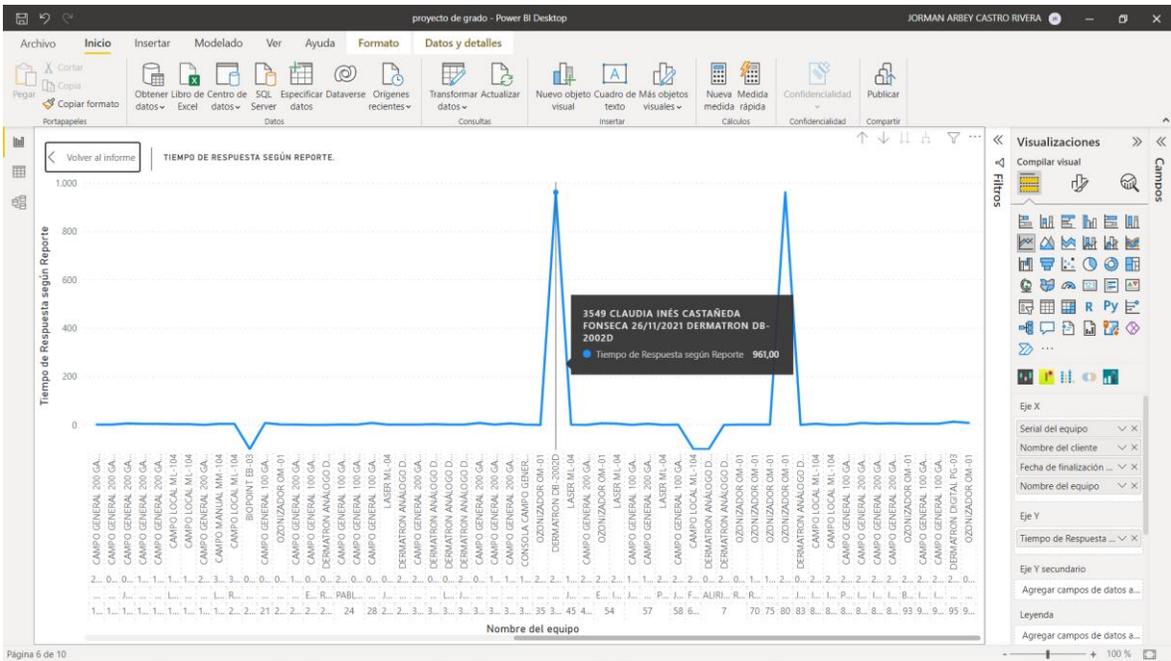
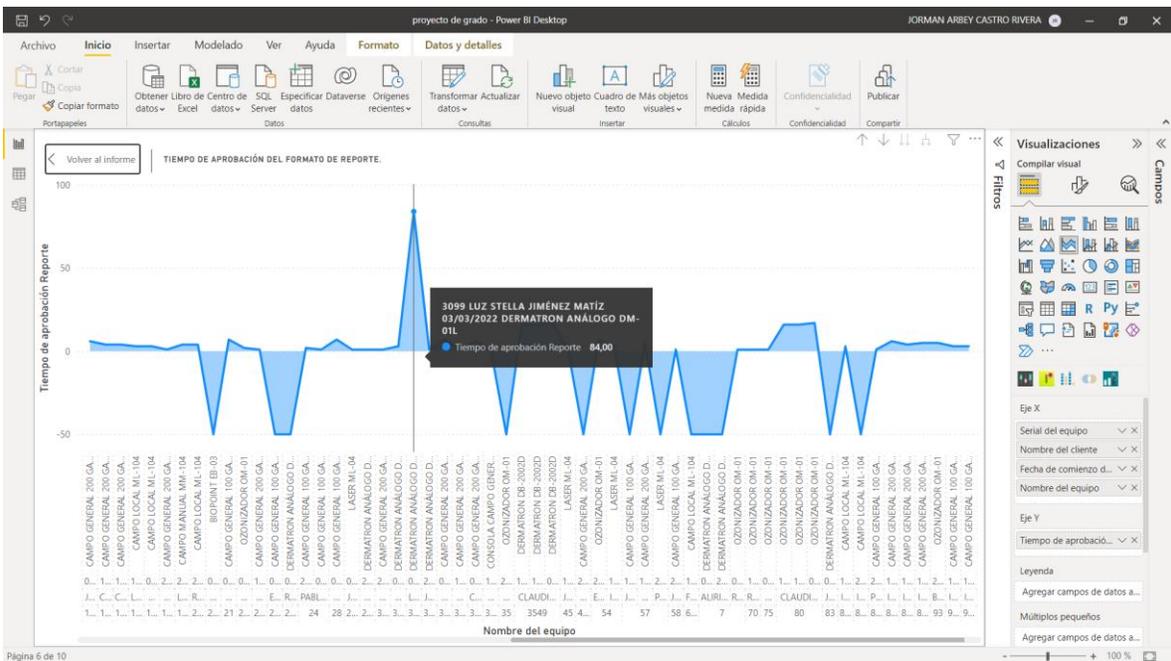
Nombre del equipo	Serial del equipo	Fecha de adquisición	Fecha de Envío o suministro	Nombre del Cliente
CAMPO GENERAL 200 GAUSS MG-204	181062101	8/07/2021	8/07/2021	CLAM COLOMBIA SAS
CAMPO GENERAL 200 GAUSS MG-204	181062102	8/07/2021	8/07/2021	CLAM COLOMBIA SAS
CAMPO MANUAL MM-104	197042205	7/06/2022	7/06/2022	LEIDY CAROLINA CLEVES BELTRAN
OZONIZADOR OM-01	18	7/03/2011	7/03/2011	JAIRO ALEXANDER RAMIREZ ACOSTA
CAMPO GENERAL 200 GAUSS MG-204	189112103	6/12/2021	6/12/2021	CENTRO INTEGRAL DEL SER
CAMPO GENERAL 200 GAUSS MG-204	189112104	6/12/2021	6/12/2021	CENTRO INTEGRAL DEL SER
CAMPO GENERAL 200 GAUSS MG-204	177022102	6/08/2021	6/08/2021	CLAM COLOMBIA SAS
CAMPO MANUAL MM-104	16202902	6/03/2019	6/03/2019	LILI AURORA PAEZ GÓMEZ
CAMPO GENERAL 200 GAUSS MG-204	157	6/03/2013	6/03/2013	ITHALIE JOHANNA COLIMON ARDILA (INDIA KATERINE GUTIERREZ PEREZ)
CAMPO GENERAL 100 GAUSS MG-106	57	6/02/2013	6/02/2013	NNNETH JACQUELINE GONZALEZ SOLER
CAMPO GENERAL 100 GAUSS MG-106	58	6/02/2013	6/02/2013	JANNETH JACQUELINE GONZALEZ SOLER
OZONIZADOR OM-01	12807501	5/10/2015	5/10/2015	SALUD Y BIENESTAR G&S SAS
CAMPO MANUAL MM-104	15611737	4/09/2018	4/09/2018	VIANNY ROSARIO ROSERO NIÑO
CAMPO LOCAL ML-104	16103901	4/04/2019	4/04/2019	MIGUEL ANGEL SARMIENTO YANGUAS
DERMATO ANALOGO DM-02	128	4/02/2013	4/02/2013	ANA MILENA LOZANO MONTILLA (PIÑEROS CORPAS PHARMA)
BIOPOINT EB-03	2083	31/12/1899	31/12/1899	ALIRIO ANTONIO ZAPATA OROZCO
CAMPO GENERAL 100 GAUSS MG-103	2252	31/12/1899	31/12/1899	EDGAR NEVARDO ZAMBRANO SANCHEZ
CAMPO GENERAL 100 GAUSS MG-105	2987	31/12/1899	31/12/1899	BIOMEDIC FARMACIAS HOMEOPATICAS SAS
CAMPO GENERAL 100 GAUSS MG-106	10	31/12/1899	31/12/1899	ADOLFO ESTEBAN PARDO BEJARANO
CAMPO GENERAL 100 GAUSS MG-106	12	31/12/1899	31/12/1899	CESAR AUGUSTO MONSALVE RIVERA
CAMPO GENERAL 100 GAUSS MG-106	21	31/12/1899	31/12/1899	ADOLFO ESTEBAN PARDO BEJARANO
CAMPO GENERAL 100 GAUSS MG-106	24	31/12/1899	31/12/1899	PABLO MONROY SEGURA
CAMPO GENERAL 100 GAUSS MG-106	28	31/12/1899	31/12/1899	ADOLFO ESTEBAN PARDO BEJARANO
CAMPO GENERAL 100 GAUSS MG-106	850	31/12/1899	31/12/1899	PABLO MONROY SEGURA
CAMPO GENERAL 200 GAUSS MG-2002	2248	31/12/1899	31/12/1899	ÁLVARO ORESTE DONADIO COPELLO
CAMPO GENERAL 200 GAUSS MG-2002	3022	31/12/1899	31/12/1899	MARTHA PATRICIA LEANDRO MARIÑO
CAMPO GENERAL 200 GAUSS MG-203	3290	31/12/1899	31/12/1899	MARIA YANETH RINCON ARIAS
CAMPO GENERAL 200 GAUSS MG-203	3443	31/12/1899	31/12/1899	CLAUDIA PATRICIA IFAI ARIAS

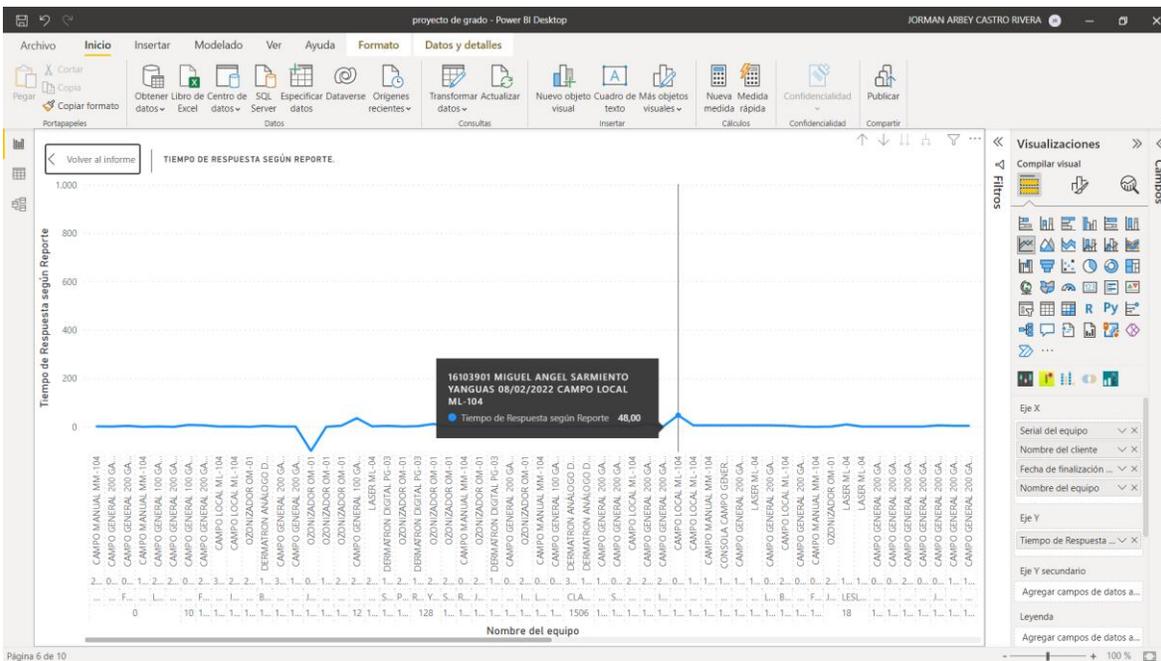
Página 1 de 8



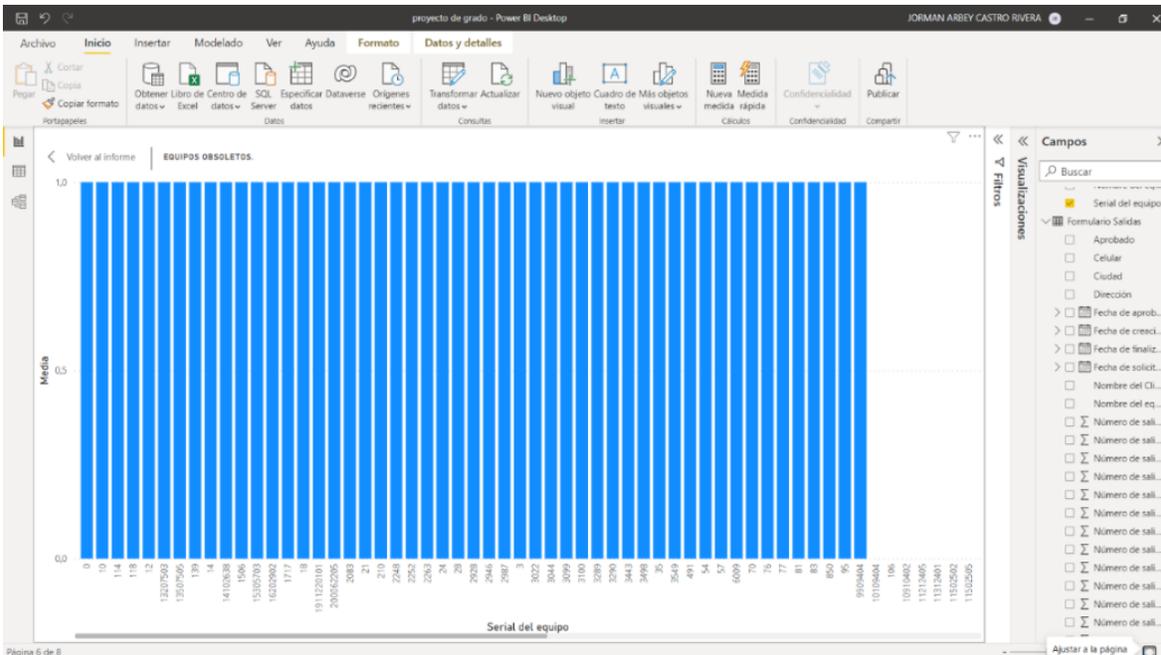


Anexo 3. Inspección de las tablas y gráficas que se encuentran en el Dashboard Tiempos de Mantenimiento según las fechas registradas en los Reportes de Mantenimiento.





Página 6 de 10



Página 6 de 8

Anexo 4. Algunas de las funciones implementadas en Microsoft Power BI.

- $\text{Tiempo de aprobación Reporte} = \text{IF}(\text{((VALUE}(\text{MAX}(\text{'Reporte'}[\text{Fecha de aprobación del reporte}])) - \text{VALUE}(\text{MIN}(\text{'Reporte'}[\text{Fecha de creación del reporte}]))) < 0, 200, \text{VALUE}(\text{MAX}(\text{'Reporte'}[\text{Fecha de aprobación del reporte}])) - \text{VALUE}(\text{MIN}(\text{'Reporte'}[\text{Fecha de creación del reporte}])))$

- Años del equipo (hasta el último mantenimiento reportado en Formulario) =
`(VALUE(MAX('Formulario Salidas'[Fecha de aprobación del formulario]))-
VALUE(MIN(CLIENTES1[Fecha de adquisición])))/365`
- Media = `IF(('Reporte'[Años del equipo (hasta el último mantenimiento reportado)]
>= 10 || 'Reporte'[Años del equipo (hasta el último mantenimiento reportado)] <=
0.1) && ('Reporte'[Años del equipo (hasta el último mantenimiento reportado en
Formulario)] >= 10 || 'Reporte'[Años del equipo (hasta el último mantenimiento
reportado en Formulario)] <= 0.1), 1, 0)`