



**Propuesta plan y programa de mantenimiento para los equipos de depilación láser de la
empresa Cuidado Corporal S.A.S**

Richard David Franco Ramírez

Informe de Semestre de Industria presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Mecánico

Asesor Interno Juan Carlos Orrego Barrera, Ingeniero Mecánico

Asesor Externo Andrés Felipe Londoño Palacio, Gerente Cuidado Corporal S.A.S

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Mecánica
Medellín, Antioquia, Colombia
2024

Cita	(Franco Ramirez, 2024)
Referencia Estilo IEEE (2020)	Franco Ramirez, R. “Propuesta plan y programa de mantenimiento para los equipos de depilación láser de la empresa Cuidado Corporal S.A.S” Trabajo de grado profesional, Ingeniería Mecánica, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 2024.



Ingeniería Mecánica, Semestre de industria



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

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

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/Director: Julio César Saldarriaga Molina

Jefe departamento: Pedro León Simanca

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

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	7
2. ABSTRACT.....	8
3. INTRODUCCIÓN	9
4. OBJETIVOS	9
4.1 Objetivo General:	9
4.2 Objetivos específicos:	10
5. CARACTERISTICAS DE LA EMPRESA.....	10
5.1 Razón social:	10
5.2 Sector:.....	10
5.3 Servicios que presta la empresa:	10
5.4 Organigrama:.....	11
5.5 Operario:.....	11
6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
7. MARCO TEÓRICO.....	13
7.1 Introducción a la depilación láser IPL:	13
7.2 Mantenimiento:	13
7.3 Mantenimiento correctivo:	14
7.4 Mantenimiento preventivo:	14
7.5 Mantenimiento predictivo	16
7.6 Mantenimiento programado:	16
7.7 Plan de mantenimiento:	16
7.8 Programa de mantenimiento:	18
7.9 PMO – Optimización del mantenimiento planeado:	18
7.9.1 Características del PMO:.....	19

7.9.2	Etapas para la implementación de un PMO:	19
8.	METODOLOGÍA	20
9.	CONTEXTO OPERACIONAL CUIDADO CORPORAL SAS.....	21
10.	FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA CUIDADO CORPORAL S.A.S BASADO EN LA OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PLANEADO PMO.....	27
10.1	Localización de las máquinas de la empresa.....	27
10.2	Recopilación de tareas plan de mantenimiento actual.....	28
10.3	Modos de falla.....	30
10.4	Análisis modos de falla (Clasificación y agrupación).....	35
10.5	Análisis funcional.....	36
10.6	Evaluación de las consecuencias.....	38
10.7	Definición de la política de mantenimiento	39
11.	RESULTADOS	45
12.	CONCLUSIONES	46
13.	REFERENCIAS	48

Lista de tablas

Tabla 1 Ubicación máquinas depilación láser IPL	28
Tabla 2 Histórico de fallas Cuidado Corporal S.A.S	29
Tabla 3 Modos de falla	30
Tabla 4 Clasificación modos de falla	36
Tabla 5 Análisis funcional	37
Tabla 6 Evaluación de consecuencias	38
Tabla 7 Tareas de mantenimiento propuestas	39

Lista de figuras

Ilustración 1 Organigrama Cuidado Corporal S.A.S	11
Ilustración 2 Costos vs Cantidad de mantenimiento.....	15

1. RESUMEN

Dada la necesidad de Cuidado Corporal S.A.S por ejercer un control efectivo, prolongar la durabilidad de los equipos, y prevenir interrupciones en la prestación del servicio de depilación láser se propone un plan y programa de mantenimiento preventivo basado en PMO.

Un equipo de depilación láser es un equipo que tiene como finalidad la reducción del vello en el cuerpo humano, para lograr estos efectos se deben realizar varias sesiones ya que estos tratamientos son periódicos y sus resultados dependen del número de sesiones realizadas.

Para lograr este propósito, se hizo un levantamiento de la información de los equipos de depilación láser IPL y los modos de falla que pueden presentar estos equipos con el fin de realizar la política de mantenimiento. La empresa tiene 14 sedes en 11 municipios de Colombia.

Lo anterior con el fin generar mayor efectividad de la empresa evitando fallos disminuyendo al máximo los imprevistos e incrementando la confiabilidad de la empresa y disponibilidad de los equipos.

2. ABSTRACT

Given the need for Care Corporal S.A.S to exercise effective control, prolong the durability of the equipment, and prevent interruptions in the provision of the laser hair removal service, a preventive maintenance plan and program based on PMO is proposed.

A laser hair removal device is a device whose purpose is to reduce hair on the human body. To achieve these effects, several sessions must be performed since these treatments are periodic and their results depend on the number of sessions performed.

To achieve this purpose, a survey of information on IPL laser hair removal equipment and the failure modes that these equipment may present was carried out in order to carry out the maintenance policy. The company has 14 headquarters in 11 municipalities in Colombia.

The above in order to generate greater effectiveness of the company, avoiding failures, minimizing unforeseen events and increasing the reliability of the company and availability of the equipment.

3. INTRODUCCIÓN

Cuidado Corporal S.A.S fundada el 1 de noviembre de 2019 por Andrés Felipe Londoño Palacio es una empresa líder en el sector de la estética especialmente en los servicios de depilación láser con presencia en 11 municipios de Colombia y 14 sedes en estos diferentes municipios.

La empresa Cuidado Corporal S.A.S ha prestado el servicio de depilación láser desde hace 4 años y a la fecha no cuenta con un plan y programa de mantenimiento formal establecido para los equipos de depilación láser; presentándose en su gran mayoría solo mantenimiento correctivo, en este caso, lo anterior resulta más costoso para la empresa a largo plazo. Debido a la alta demanda que tiene la empresa a nivel del mercado y en busca de reducir tiempos de para y fallas en los equipos, se opta por el levantamiento de información y la realización de una propuesta del plan y programa de mantenimiento basado en PMO para la empresa Cuidado Corporal S.A.S con el fin de ser entregado a gerencia para su respectiva revisión.

El PMO busca mejorar las tareas de mantenimiento que sean repetitivas o que no generen un impacto significativo en el proceso, de manera tal que se pueda enfocar toda la atención en las tareas que, por cada contexto operacional, sean más críticas para el proceso. Esta estrategia de mantenimiento hace uso de los conocimientos de las diferentes áreas de las compañías, motivando a todo el personal, mitigando la negligencia y reduciendo las fallas

Este trabajo tiene como objetivo proponer el plan y el programa de mantenimiento de la empresa Cuidado Corporal S.A.S con el fin de poder mejorar el flujo de clientes y las dificultades generadas por las paras de los equipos por falla.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General:

- Proponer un sólido Plan y Programa de Mantenimiento basado en la Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO) para un equipo de depilación láser, con el propósito de

garantizar la eficiencia operativa, prolongar la vida útil del equipo y asegurar la seguridad del personal y los clientes.

4.2 Objetivos específicos:

- Realizar un análisis exhaustivo del equipo de depilación láser para identificar y documentar los requisitos específicos de mantenimiento, considerando tanto los aspectos técnicos como las recomendaciones del fabricante.
- Incorporar los principios y prácticas de la Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO) en el diseño y ejecución del plan de mantenimiento, asegurando una gestión eficiente y alineada con los objetivos estratégicos de la organización.
- Crear procedimientos detallados para llevar a cabo el mantenimiento preventivo, estableciendo frecuencias, protocolos y responsables para garantizar el óptimo rendimiento del equipo.
- Diseñar e implementar programas de capacitación específicos para el personal involucrado en la ejecución del plan de mantenimiento, asegurando la comprensión y aplicación de los principios de la PMO.
- Proponer evaluaciones periódicas del desempeño de los equipos y del plan de mantenimiento propuesto, realizando ajustes y mejoras necesarias para asegurar su eficacia y eficiencia.

5. CARACTERISTICAS DE LA EMPRESA

5.1 Razón social:

- Cuidado Corporal S.A.S se conoce como marca en el mercado con el nombre de Cliniláser.

5.2 Sector:

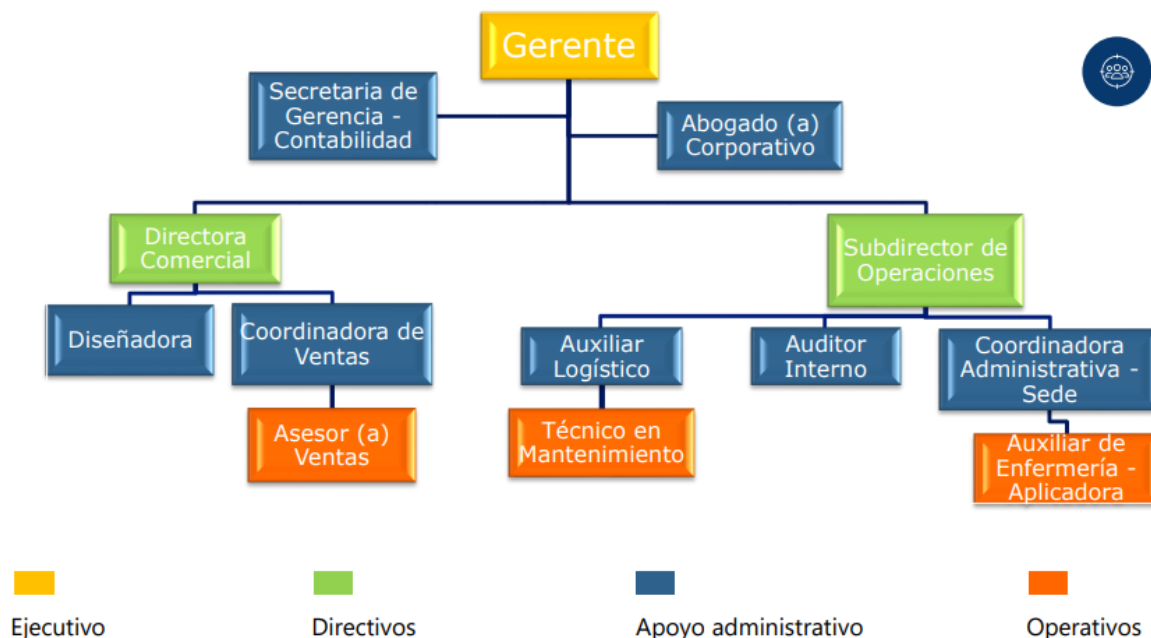
- Salud.

5.3 Servicios que presta la empresa:

- Servicio de depilación láser a hombres y mujeres aproximadamente entre los 18 años y los 50 años.

5.4 Organigrama:

Ilustración 1 Organigrama Cuidado Corporal S.A.S



5.5 Operario:

Es importante explicar el perfil del operario de la máquina de depilación láser IPL con el fin de tener claridad de quien opera el equipo; el equipo es operado por una auxiliar de enfermería que para el caso de la empresa es llamada aplicadora, esta persona es la encargada de la manipulación y operación del equipo en su funcionamiento diario, es pilar fundamental en el mantenimiento del equipo pues su cuidado y conservación harán más efectivas las actividades de mantenimiento. Este personal opera el equipo en promedio 6 horas al día durante 6 días de la semana.

6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La depilación láser se ha convertido en un tratamiento estético muy demandado en la actualidad, y las clínicas especializadas en este servicio se enfrentan a desafíos importantes para

garantizar la eficiencia y la seguridad de sus equipos, así como la satisfacción del cliente. Uno de los aspectos clave para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos de depilación láser y la continuidad de los servicios es la implementación de un plan de mantenimiento y un programa de mantenimiento adecuados.

La empresa Cuidado Corporal S.A.S no cuenta con un plan de mantenimiento, ni programa de mantenimiento formal, cuenta con 14 sedes en diferentes municipios de Colombia y cuenta con un área de mantenimiento centralizada en la ciudad de Medellín. Lo anterior haciendo que los equipos deban desplazarse a la ciudad de Medellín en un periodo de 1 a 2 días en cada trayecto y aproximadamente 1 día de reparación; es decir, la imposibilidad de prestar el servicio en un periodo aproximado de 5 días, generando así grandes consecuencias como lo son las siguientes:

- **Desgaste Acelerado de Equipos:** La ausencia de un plan de mantenimiento preventivo expone a los equipos de depilación láser a un desgaste más rápido, lo que resulta en una mayor probabilidad de falla y tiempos de inactividad no programados.
- **Pérdida de Ingresos:** Los fallos imprevistos de los equipos pueden provocar la pérdida de ingresos, ya que la empresa se ve obligada a cancelar citas y tratamientos, lo que afecta negativamente a su rentabilidad.
- **Riesgos para la Seguridad del Cliente:** La falta de mantenimiento puede dar lugar a la falta de revisión de los equipos, lo que aumenta el riesgo de quemaduras y lesiones en la piel de los clientes.
- **Daño a la Reputación:** La insatisfacción de los clientes debido a problemas técnicos puede dañar la reputación de la empresa y llevar a la pérdida de clientes.
- **Costos Elevados de Reparación:** Las reparaciones de emergencia son costosas y pueden afectar el presupuesto de la empresa de manera significativa.
- **Cumplimiento Normativo:** La falta de mantenimiento también puede resultar en incumplimiento de regulaciones y normativas, lo que podría acarrear sanciones legales, multas y hasta cierres definitivos del servicio.

Adicional a lo anterior la empresa cuenta con 22 máquinas operando simultáneamente de tal manera que no existe un equipo o equipos de reemplazo que de algún modo puedan reemplazar

el equipo que presento la para por falla, sino que estos deben repararse cuanto antes para ponerse de nuevo en operación.

7. MARCO TEÓRICO

7.1 Introducción a la depilación láser IPL:

La depilación láser IPL (Luz Pulsada Intensa) es un procedimiento cosmético avanzado que ha ganado una amplia popularidad debido a su capacidad para proporcionar resultados duraderos en la eliminación del vello no deseado. A diferencia de las técnicas de depilación convencionales, como la cera o la afeitadora, la depilación láser IPL ofrece beneficios notables, como la reducción permanente del vello y una piel más suave.

Las máquinas de depilación láser IPL utilizan tecnología de luz pulsada intensa para emitir pulsos de luz que se absorben selectivamente en los folículos pilosos. Esta luz se convierte en calor, dañando el folículo y evitando que el vello vuelva a crecer. Sin embargo, para que este proceso sea efectivo y seguro, es fundamental mantener las máquinas en óptimas condiciones de funcionamiento.

Las máquinas de depilación láser IPL pueden ser costosas y requieren un mantenimiento adecuado para garantizar su rendimiento óptimo y prolongar su vida útil. Si no se mantienen adecuadamente, se enfrentan a problemas que van desde una eficacia reducida en la eliminación del vello hasta riesgos de seguridad para los pacientes. Esto subraya la importancia crítica del mantenimiento en la operación de estos equipos.

El mantenimiento adecuado de las máquinas de depilación láser IPL se extiende más allá de simplemente alargar la vida útil de los equipos; también asegura la seguridad de los pacientes y la satisfacción del cliente. Además, se requiere cumplir con regulaciones y estándares específicos para garantizar la seguridad y la eficacia de estos procedimientos.

7.2 Mantenimiento:

El mantenimiento se puede considerar como un concepto amplio que engloba diversas categorías con el propósito compartido de preservar la calidad de los servicios proporcionados por máquinas, instalaciones y edificios, garantizando que operen de manera segura, eficiente y económica.

Existen dos (2) tipos de mantenimiento básicos los cuales son:

- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento preventivo:
 - ✓ Mantenimiento programado.
 - ✓ Mantenimiento predictivo.
 - ✓ Mantenimiento de asilamiento.

7.3 Mantenimiento correctivo:

El mantenimiento correctivo como su nombre lo dice es corregir el estado de funcionamiento de una maquina cuando esta está parada y detuvo su proceso de funcionamiento, este tipo de mantenimiento es en el cual se espera el defecto de un equipo o parte de él para proceder a cambiar o reparar, este puede resultar algo costoso ya que genera paros imprevistos en la producción, lo cual no es rentable para la compañía, esta clase de mantenimiento no es malo, si es racionalizado con una buena estrategia, pero en todo caso debería ser mínimo. Ya que si no es mínimo como se dice coloquialmente el mantenimiento se convertiría en “apagar incendios” lo que hace que el mantenimiento correctivo se vuelva el más costoso de todos.

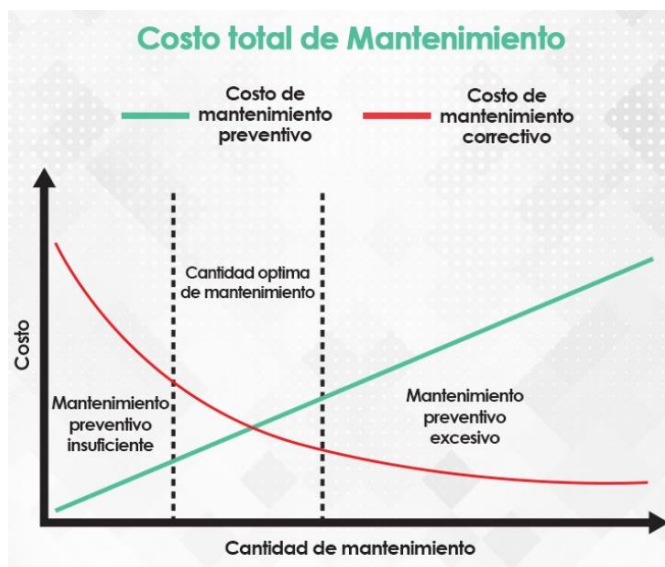
7.4 Mantenimiento preventivo:

El mantenimiento preventivo, como su nombre lo indica, tiene como objetivo evitar situaciones de fallas, daños o defectos en las máquinas que podrían resultar en interrupciones no planificadas en su normal operación. Este tipo de mantenimiento desempeña un papel fundamental en la garantía de desempeño de la empresa. Se caracteriza por desmontar parcialmente el equipo, seguido de un proceso de limpieza que permite realizar inspecciones, reparaciones, reemplazos y

cambio de los compuestos de interfaz térmica. Estas inspecciones pueden ir acompañadas de cambios o ajustes en los componentes eléctricos y otros componentes en mal estado.

El momento en el que se programa la realización de este mantenimiento es de suma importancia. Un período de mantenimiento en periodos de tiempo muy cortos puede resultar en costos innecesarios (Ver Figura 2), mientras que un período demasiado largo aumenta el riesgo de posibles fallos. Por lo tanto, es necesario buscar un equilibrio que haga que el programa de mantenimiento sea económicamente rentable. Para lograrlo, el mantenimiento preventivo puede respaldarse con el mantenimiento predictivo, lo que ayuda a encontrar el momento óptimo para las intervenciones. Además, es importante tener en cuenta que, al principio de la implementación, pueden surgir costos adicionales debido a la falta de seguimiento rutinario, pero al realizar correctamente un histórico de datos de falla y la estabilización del plan de mantenimiento en el tiempo se espera que disminuyan significativamente con el tiempo.

Ilustración 2 Costos vs Cantidad de mantenimiento



Las actividades diarias de operación del equipo también van orientadas al mantenimiento preventivo; en tal caso que los equipos se operen correctamente, en condiciones de temperatura apropiadas y en su defecto notificar oportunamente cualquier anomalía o alerta de falla en el funcionamiento del equipo.

7.5 Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo abarca un conjunto de enfoques y técnicas utilizados con la finalidad de identificar posibles problemas y defectos en maquinaria en sus primeras etapas, con el propósito de prevenir que estos inconvenientes se desarrollen en problemas mayores durante la operación. Esta prevención ayuda a evitar interrupciones inesperadas y períodos de inactividad no planificados.

La idea central del mantenimiento predictivo es detectar signos tempranos de problemas potenciales, lo que permite realizar reparaciones o sustituciones antes de que ocurran fallos mayores y costosos. Esto no solo ayuda a prevenir tiempos de inactividad no planificados, sino que también puede reducir los costos de mantenimiento al minimizar la necesidad de reemplazar componentes o realizar reparaciones importantes en el último momento. Además, el mantenimiento predictivo puede contribuir a la seguridad operativa al identificar problemas antes de que puedan dar lugar a situaciones peligrosas.

7.6 Mantenimiento programado:

Es el enfoque de gestión del mantenimiento en el cual se planifican y programan actividades de mantenimiento de manera anticipada y sistemática, en lugar de llevarlas a cabo de manera reactiva o no planificada. El mantenimiento programado implica la realización de tareas de mantenimiento de manera regular y periódica con el objetivo de mantener los equipos, sistemas o instalaciones en óptimas condiciones de funcionamiento y prevenir problemas futuros.

7.7 Plan de mantenimiento:

Un plan de mantenimiento es un enfoque proactivo que busca mantener el rendimiento y la integridad de los equipos. Incluye los siguientes elementos:

- **Mantenimiento Preventivo:** Se deben realizar inspecciones y tareas regulares para evitar problemas futuros. Esto incluye la limpieza de componentes, cambio de lámparas de xenón y filtros, y la verificación de conexiones eléctricas.

- **Mantenimiento Predictivo:** Verificar el rendimiento de los equipos y predecir posibles fallos. Esto podría involucrar la medición de parámetros clave como la energía emitida, la temperatura del equipo y del entorno en el que opera el equipo.

- **Mantenimiento Correctivo:** Reparación de problemas identificados durante el mantenimiento preventivo o predictivo. Este enfoque minimiza el tiempo de inactividad no planificado.

- **Gestión de Repuestos:** Mantener un inventario de repuestos críticos para garantizar que las piezas de reemplazo estén disponibles cuando sea necesario.

Cuando se va a implementar un plan de mantenimiento preventivo se deben tener claras algunas recomendaciones para que este se lleve a cabo con éxito, las siguiente son algunas de estas recomendaciones.

- **No es una solución total:** El mantenimiento preventivo no puede eliminar por completo todos los problemas en la operación, ya que existen posibilidades de fallos a pesar de los esfuerzos para minimizarlos. Sin embargo, un programa de mantenimiento preventivo tiene como objetivo fundamental establecer una estructura organizada y sistemática para llevar a cabo lo que anteriormente se realizaba de manera más tradicional.

- **Participación conjunta:** Se hace necesario que toda persona que tenga relación directa o indirecta con la operación del equipo tome el plan de mantenimiento como propio, que este sea comprendido y se le de la importancia debida para llevar a cabo una implementación correcta.

- **Revisión periódica:** El programa de mantenimiento preventivo se debe revisar periódicamente puesto que se debe llevar un control para mantener en buen estado las máquinas.

- **Manejo honesto:** El programa debe ser manejado con honestidad, ya que si no se ejecutan las tareas programadas o el atraso en una rutina puede ocasionar fallos en las máquinas, cuando no se ejecutan las tareas, se debe reportar para que sea reprogramada.

7.8 Programa de mantenimiento:

Un programa de mantenimiento establece la frecuencia y los procedimientos detallados para llevar a cabo las actividades de mantenimiento. Incluye:

- Frecuencia de Mantenimiento: Define cuándo se realizarán las tareas de mantenimiento preventivo, como la limpieza y revisión. En este caso se determina la periodicidad con la que se programará el mantenimiento.
- Listas de Verificación: Proporciona una lista detallada de verificación de las tareas de mantenimiento, lo que garantiza que se realicen de manera completa y sistemática.
- Documentación: Es fundamental llevar registros de todas las actividades de mantenimiento, incluyendo fechas, resultados y cualquier problema identificado.

7.9 PMO – Optimización del mantenimiento planeado:

La optimización del mantenimiento planeado, por sus siglas en inglés, PMO; es una metodología que busca mejorar las prácticas de mantenimiento por medio del análisis de los requerimientos de los equipos, historiales de falla y datos técnicos de los activos presentes en el plan de mantenimiento

Uno de los grandes beneficios que ofrece esta metodología, radica en la adaptación rápida y personalizada en los procesos operacionales de cada empresa. Además, por medio de un PMO, se genera un aumento en los índices de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los diferentes activos de la compañía. Se genera, también, una reducción significativa de fallas y paradas operacionales imprevistas, optimizando el recurso humano, aumentando la productividad y disminuyendo los tiempos de inactividad.

A pesar de lo anterior, la principal desventaja del PMO proviene de la recolección de información del historial de fallas, ya que muchas veces esta información es inexacta, incompleta y carece de un concepto profesional e imparcial.

7.9.1 Características del PMO:

La optimización de los planes de mantenimiento cuenta con las siguientes características:

- Maximiza la capacidad de los activos de estar aptos funcionalmente para cuando se necesiten. Aumenta la capacidad de producción, mediante la reducción de los tiempos de intervención de equipos.
- Algunos expertos afirman que el tiempo de implementación el PM, plan de mantenimiento, se reduce de seis a ocho meses.
- Maximiza la eficacia de las tareas de mantenimiento, reduciendo gastos del área.

7.9.2 Etapas para la implementación de un PMO:

Existen 9 pasos para la implementación de un PMO, los cuales se presentan a continuación:

- Paso 1: Recopilación de tareas: Para este primer paso se deben tener dos elementos importantes, el plan de mantenimiento actual de la compañía ya sea formal o informal y una base de datos donde se pueda guardar toda la información que se va captando de esta metodología.
- Paso 2: Análisis de modos de falla: Por medio de la colaboración de todo el personal de mantenimiento y operarias de la empresa, se debe identificar los diferentes modos de falla que se quieren proveer con las actividades de mantenimiento existentes.
- Paso 3: Agrupar o clasificar los modos de falla de cada componente para que la duplicación de tareas pueda ser fácilmente identificada y eliminada: Se analizan y se ordena por fallas, la información obtenida del análisis de modos de falla. En este paso también se debe tener en cuenta aquellos modos de falla no predecibles con las tareas de mantenimiento, sino identificados por medio de los historiales de falla. En este paso, podemos hacer un análisis de la duplicidad de tareas entre las diferentes áreas.
- Paso 4: Análisis funcional: Este paso es importante para tener presente las funciones que se dejan de generar ante la presencia de cada falla. Esta etapa es útil cuando el análisis se realiza a equipos críticos, debido a la importancia de generar un plan de mantenimiento sólido y detallado.

- Paso 5: Evaluación de consecuencias: Al conocer los modos de falla y las funciones operacionales que se pueden ver afectadas, se debe evaluar el tipo de falla; ocultas o a la vista.

- Paso 6: Definición de la política de mantenimiento: En este paso se analiza de manera detallada cada modo de falla. Esta política ayuda a eliminar las tareas de mantenimiento que no son costo efectivas. Además, identifica las tareas que serían más económicas, pero, a su vez, más efectivas si fueran basadas en condición. También se pueden discriminar aquellas tareas que no aportan beneficios a la metodología.

- Paso 7: Revisión y agrupación: Habiendo analizado las tareas, se debe definir la metodología más eficaz para el mantenimiento de los activos, siempre teniendo presente las restricciones de diseño y producción.

- Paso 8: Aprobación e implementación: Se debe presentar los resultados obtenidos del análisis a los directivos de la empresa. A su vez, la etapa de implementación es la que más tiempo desgasta, respecto a las anteriores; siendo más complejo ejercerla en empresas que manejan muchos turnos operacionales.

-Paso 9: Programa vivo: El programa se encuentra en funcionamiento.

8. METODOLOGÍA

Para conocer el estado actual fue de vital importancia el apoyo dado por Cuidado Corporal S.A.S; pues dio total autonomía y acceso a la información para poder realizar un levantamiento de información y entregar una propuesta de plan de mantenimiento acorde a las necesidades de la empresa y basada en la metodología de optimización del mantenimiento planeado PMO, la empresa es dirigida desde el municipio de Rionegro a todos los municipios donde pertenecen las sedes; hay sedes que cuentan con una máquina en funcionamiento y hay sedes que cuentan con dos máquinas en funcionamiento.

Se parte de indicar que las máquinas de depilación láser se componen de la máquina y el cabezal, para cada caso cada una debe tener mantenimientos en periodos de tiempo diferentes. Se desconoce algunos componentes técnicos del equipo y las recomendaciones del fabricante, gerencia tiene una visión limitada del proceso ya que la información técnica no fluye de manera directa hacía su nivel jerárquico.

Con base en toda la anterior información se desarrollará la propuesta de implementación de plan y programa de mantenimiento basado en PMO, para finalizar se entregará la propuesta al área directiva para su revisión y respectiva aprobación.

9. CONTEXTO OPERACIONAL CUIDADO CORPORAL SAS

A la fecha la empresa cuenta con presencia en Colombia en diferentes municipios, con la siguiente distribución:

- Colombia:
 - Medellín – 2
 - Envigado – 1
 - Rionegro – 1
 - Bogota – 2
 - Manizales – 1
 - Popayan – 1
 - Cali – 2
 - Barranquilla – 1
 - Cúcuta – 1
 - Bucaramanga – 1
 - Cartagena – 1

Cuidado Corporal SAS se ha creado como un referente en el ámbito de la estética y el cuidado corporal, enfocándose en los servicios especializados de depilación láser desde su creación el 1 de noviembre de 2019. Su crecimiento ha sido notable, expandiendo su presencia a lo largo del territorio nacional con un total de 14 sedes operativas. La pieza central de su operatividad son los equipos de depilación láser IPL, cuya importancia se entrelaza intrínsecamente con el área de mantenimiento y su influencia en la continuidad operativa.

Las potenciales fallas en estos equipos representan una amenaza significativa. Podrían detener o reducir la capacidad de brindar servicios en las sedes, generando pérdidas en ingresos y afectando la experiencia de los clientes que aguardan tratamientos. Además, estas fallas recurrentes o la carencia de un mantenimiento adecuado podrían elevar los costos operativos al requerir

reparaciones frecuentes o incluso la necesidad de reemplazar equipos. El tiempo de inactividad debido a estas fallas tendría un impacto directo en la rentabilidad del negocio.

A continuación, se presenta la misión, visión, valores institucionales de la empresa Cuidado Corporal SAS.

Misión:

Reconocemos a la piel como el órgano sensorial más grande que posee el ser humano, es por ello que, con entrega y delicadeza, nos dedicamos al cuidado de ésta mediante el uso innovador de la tecnología láser.

Visión:

Mantenernos en la vanguardia respecto al uso de las tecnologías que mejoren la calidad de vida de nuestros pacientes a través del cuidado especializado de la piel.

Valores institucionales:

- Servicio
- Trabajo en equipo
- Autonomía
- Justicia
- Integridad

La máquina de depilación láser IPL, conocida como Luz Pulsada Intensa, usa una tecnología que difiere de su denominación "láser", empleando una luz amplia y no coherente en lugar de un láser específico en longitud de onda. Su fin es eliminar el vello no deseado mediante pulsos de luz intensa, actuando directamente sobre el folículo piloso al convertirla en calor y dañarlo para evitar su crecimiento. Aplicable en áreas como piernas, axilas, área del bikini, espalda, pecho, brazos y rostro, se destaca por su menor nivel de dolor y su capacidad de tratar áreas extensas en cada pulso, agilizando el proceso.

Su efectividad se acentúa en personas con piel clara y vello oscuro, dado el contraste que facilita la absorción de la luz, requiriendo múltiples sesiones para lograr resultados duraderos. Disponible tanto en ambientes clínicos como en modelos domésticos, su mantenimiento y correcto

uso son críticos para prevenir daños en la piel. Es imprescindible seguir estrictamente las instrucciones del fabricante, proteger los ojos, evitar áreas sensibles y usar accesorios específicos.

Antes del tratamiento, se requiere una piel limpia y sin productos sensibilizantes. El conocimiento y respeto de contraindicaciones, revisiones periódicas y registro detallado de sesiones son prácticas cruciales para su uso seguro y efectivo.

Esta relación con el área de mantenimiento se evidencia en que un fallo en los equipos podría interrumpir o reducir la capacidad de ofrecer tratamientos de depilación, causando pérdidas económicas y afectando la experiencia del cliente. Además, impactaría en la efectividad del tratamiento y aumentaría los costos operativos al requerir reparaciones frecuentes o el reemplazo de equipos, afectando la reputación y confianza del cliente en los servicios. Un mantenimiento adecuado es esencial para garantizar la continuidad operativa y la satisfacción del cliente en el uso de estos dispositivos.

Los sistemas clave en la empresa, como la gestión de citas, historias clínicas, inventarios y facturación, están estrechamente relacionados con el área de mantenimiento. Es fundamental mantener eficientemente cada equipo que respalda estos sistemas para asegurar su operatividad continua y su integración efectiva en las actividades diarias.

El mantenimiento de los dispositivos asociados a la gestión de citas es vital para su funcionamiento ininterrumpido. Si estos equipos fallan, la programación de citas se ve afectada, lo que podría reducir la eficiencia y generar la posibilidad de perder clientes debido a citas mal agendadas o retrasadas.

Mantener en funcionamiento los equipos de depilación láser IPL asegura la continuidad en la atención a los clientes. Cada sesión queda registrada en su historial clínico, posibilitando un seguimiento detallado y personalizado en cada visita. La gestión de inventarios también depende de un mantenimiento adecuado de los equipos.

Si una máquina IPL tiene problemas, los tratamientos podrían retrasarse o cancelarse, lo que impactaría los procesos de facturación y pagos. La falta de equipos disponibles impediría la prestación del servicio, resultando en una imposibilidad de venta.

Estableceremos una política de repuestos que mantendrá un punto de reordenamiento de 5 unidades. Cuando este nivel se alcance, se solicitará una nueva orden de 15 piezas. Este enfoque busca asegurar la continuidad operativa y optimizar los costos de almacenamiento, evitando excesos innecesarios. Con esta estrategia, garantizamos tener repuestos esenciales de manera eficiente para las máquinas de depilación láser IPL en Cuidado Corporal S.A.S.

Los estándares de calidad, delineados por los criterios de habilitación de acuerdo con la Resolución 3100 del 2019, están íntimamente ligados al área de mantenimiento y al funcionamiento adecuado de los equipos. Cada uno de estos estándares influye en el mantenimiento de las máquinas y su operatividad.

Por ejemplo, los criterios de dotación y medicamentos, dispositivos médicos e insumos establecen la necesidad de contar con repuestos y suministros adecuados para mantener los equipos de depilación láser funcionando correctamente. Si los equipos fallan, la falta de repuestos o suministros puede afectar la capacidad de repararlos o sustituir piezas defectuosas, lo que conllevaría a interrupciones en el servicio y, por ende, a una afectación en la calidad y eficiencia de los servicios ofrecidos a los clientes.

Asimismo, la infraestructura y los procesos prioritarios son fundamentales para proporcionar el entorno y los procedimientos adecuados para el mantenimiento de los equipos. Si los equipos fallan debido a una infraestructura inadecuada o a una falta de procesos prioritarios, esto podría dificultar la realización de reparaciones efectivas y oportunas, impactando negativamente la continuidad operativa y la calidad de los servicios.

El cumplimiento de los estándares de calidad establecidos no solo garantiza la calidad y eficiencia en los servicios ofrecidos, sino que también tiene un impacto directo en el mantenimiento y la operatividad efectiva de los equipos. Si estos fallan, la falta de cumplimiento de estos

estándares podría obstaculizar la capacidad de mantener y reparar los equipos a tiempo, generando interrupciones en el servicio y afectando la calidad general de la atención proporcionada a los clientes.

Cuidado Corporal S.A.S carece de elementos de respaldo, lo que implica que en caso de fallas o mantenimiento, la operación debe detenerse por completo. Esta ausencia de elementos de respaldo representa un riesgo significativo para la continuidad operativa, ya que la empresa no dispone de recursos alternativos para mantener o reanudar las operaciones durante interrupciones imprevistas o mantenimientos programados.

El enfoque de Cuidado Corporal S.A.S en servicios de depilación láser, en un mercado con una demanda sostenida y en crecimiento, tiene un impacto directo en el área de mantenimiento y el cuidado de los equipos. Dada la alta demanda de estos servicios, el mantenimiento adecuado de los equipos de depilación láser es crucial para asegurar una operatividad sin interrupciones. La necesidad de mantener un flujo constante de servicios implica que cualquier falla en los equipos puede generar una interrupción significativa en la capacidad de proporcionar tratamientos a los clientes. Esto no solo afectaría la satisfacción del cliente, sino que también podría resultar en la pérdida de ingresos y en la percepción de confiabilidad de la empresa. La creciente demanda del mercado resalta aún más la importancia de un mantenimiento preventivo para garantizar la continuidad operativa y la satisfacción del cliente.

El crecimiento sostenido del mercado de la depilación láser, impulsado por la ampliación de la clientela y la oferta de servicios, tiene un impacto directo en el área de mantenimiento de los equipos utilizados en este sector. La mayor demanda implica una necesidad constante de que los equipos estén en óptimas condiciones para cumplir con las expectativas del mercado.

Si los equipos de depilación láser fallan, esto podría resultar en interrupciones en la prestación de servicios, retrasos en los tratamientos programados y la incapacidad para satisfacer la creciente demanda. La falta de disponibilidad de equipos debidamente mantenidos podría provocar una disminución en la calidad del servicio ofrecido, lo que podría afectar la experiencia del cliente y, en última instancia, la percepción sobre la calidad de la clínica de depilación.

Estos fallos en los equipos podrían generar inconvenientes en la atención al cliente, pérdida de citas programadas y posibles cancelaciones de tratamientos, impactando directamente la operatividad de la empresa y su capacidad para mantenerse competitiva en un mercado en crecimiento constante.

Las fallas en los equipos de depilación láser pueden tener diversos impactos en la experiencia del cliente y en la reputación del centro de depilación. La ineficacia del tratamiento debido a fallas en el equipo puede llevar a resultados no deseados en la reducción del vello, afectando la satisfacción del cliente. Configuraciones incorrectas pueden aumentar la incomodidad o el dolor durante el tratamiento, generando una experiencia negativa.

Estos fallos pueden acarrear efectos secundarios no deseados, como enrojecimiento, irritación o incluso quemaduras en la piel, lo que compromete la seguridad y la confianza del cliente en el servicio. Experiencias insatisfactorias pueden erosionar la confianza y la reputación del centro de depilación, especialmente si se expresan en reseñas negativas en plataformas en línea.

En situaciones más graves, las fallas que resulten en daños significativos para los clientes pueden tener implicaciones legales y de responsabilidad para el centro de depilación. La insatisfacción derivada de fallas en el proceso puede provocar la pérdida de clientes existentes y dificultar la atracción de nuevos clientes, lo que puede afectar considerablemente la continuidad del negocio.

El ambiente de trabajo en un centro de depilación láser tiene una conexión directa con el área de mantenimiento y el funcionamiento de los equipos. Por ejemplo, el mantenimiento de la higiene y la limpieza no solo es crucial para la prevención de infecciones, sino que también puede impactar el estado y la durabilidad de los equipos. Si los equipos no se limpian adecuadamente, podrían acumular residuos que afecten su funcionamiento.

La iluminación adecuada, esencial para la precisión durante los tratamientos, también está ligada al mantenimiento. Si las lámparas o sistemas de iluminación no se mantienen en buen estado, podrían afectar la calidad de los tratamientos.

Una ventilación adecuada es importante para evitar el sobrecalentamiento de los equipos y mantener un ambiente cómodo. Si los sistemas de ventilación fallan, podría generarse un ambiente incómodo durante las sesiones, afectando tanto al cliente como al personal e internamente al equipo de depilación láser.

En cuanto a la temperatura controlada, si los equipos de control climático fallan, podría resultar en condiciones inadecuadas de temperatura, lo que afectaría negativamente la comodidad del cliente y el personal; de esta manera también se comprometen los equipos de depilación láser teniendo en cuenta que estos deben estar en ambientes por debajo de los 23°C.

La obtención de repuestos desde China para los equipos de depilación láser puede tener un impacto significativo en el área de mantenimiento. La distancia y el tiempo de espera de 15 a 20 días para recibir estos repuestos pueden generar retrasos en las labores de mantenimiento. En caso de fallas de los equipos, la demora en la adquisición de repuestos podría llevar a una interrupción prolongada de los servicios de depilación láser, afectando la continuidad operativa y la satisfacción del cliente. Además, la dependencia de importaciones extranjeras puede aumentar la complejidad logística y los costos asociados al mantenimiento de los equipos, afectando la eficiencia y generando posibles problemas operativos si la llegada de los repuestos se demora más de lo previsto.

10. FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA CUIDADO CORPORAL S.A.S BASADO EN LA OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PLANEADO PMO

Se realiza una propuesta del plan de mantenimiento de la Empresa Cuidado Corporal S.A.S basado en la optimización del mantenimiento planeado PMO, con el objetivo de mejorar la vida útil de los equipos, la rentabilidad de la empresa, el servicio al cliente y la optimización de recursos.

10.1 Localización de las máquinas de la empresa.

Como ya se ha mencionada con anterioridad la empresa Cuidado Corporal S.A.S cuenta con 14 sedes en 11 municipios de Colombia, en la siguiente tabla se presenta la ubicación y cantidad de equipos en cada una de las sedes:

Tabla 1 *Ubicación máquinas depilación láser IPL*

UBICACIÓN MAQUINAS DEPILACIÓN LÁSER IPL CUIDADO CORPORAL	
Sede	Cantidad de máquinas
Barranquilla	2
Bogota 1	2
Bogota 2	2
Bucaramanga	1
Cali Norte	2
Cali Sur	2
Cartagena	1
Envigado	2
Medellin diamante	2
Medellin Laureles	2
Rionegro	1
Manizales	1
Popayan	1
Cucuta	1
TOTAL	22
Para este caso cada máquina en funcionamiento tiene su respectiva pieza de mano	

10.2 Recopilación de tareas plan de mantenimiento actual

Se realizó una indagación de información en base a las políticas de mantenimiento actualmente implementadas en Cuidado Corporal S.A.S, como a la fecha no existe un plan y programa de mantenimiento formal no se encontró como tal esta información, pero de igual manera se tienen actividades de mantenimiento informal realizadas de manera correctiva, lo cual permitido recopilar las tareas realizadas; las cuáles se presentan a continuación.

Tabla 2 *Histórico de fallas Cuidado Corporal S.A.S*

COD	TAREA	FRECUENCIA	RESPONSABLE
NO	Reparación sistema de disparo	Cada que falle	Técnico mantenimiento
NO	Reparación tarjeta de control	Cada que falle	Técnico mantenimiento
NO	Cambio fuente de poder	Cada que falle	Técnico mantenimiento
NO	Cambio lámpara de xenón	Cada que falle	Técnico mantenimiento
NO	Cambio cable principal de potencia	Cada que falle	Técnico mantenimiento
NO	Cambio celdas de peltier	Cada que falle	Técnico mantenimiento
NO	Reparación conector físico pieza de mano-máquina	Cada que falle	Técnico mantenimiento
NO	Corrección fuga de agua	Cada que falle	Técnico mantenimiento
NO	Cambio de bomba de agua	Cada que falle	Técnico mantenimiento
NO	Cambio switch principal	Cada que falle	Técnico mantenimiento
NO	Reparación sistema hidráulico	Cada que falle	Técnico mantenimiento
NO	Reparación mangueras internas	Cada que falle	Técnico mantenimiento
NO	Reparación capacitores	Cada que falle	Técnico mantenimiento
NO	Reparación cableado pieza de mano	Cada que falle	Técnico mantenimiento
NO	Cambio de radiador	Cada que falle	Técnico mantenimiento
NO	Reparación ventilador	Cada que falle	Técnico mantenimiento
NO	Cambio cristal cuarzo	Cada que falle	Técnico mantenimiento
NO	Reemplazo carcasa pieza de mano	Cada que falle	Técnico mantenimiento
NO	Cambio sensor de flujo	Cada que falle	Técnico mantenimiento
NO	Cambio sensor de temperatura	Cada que falle	Técnico mantenimiento
NO	Reparación del botón de inicio	Cada que falle	Técnico mantenimiento

NO	Reparación sistema de fusibles	Cada que falle	Técnico mantenimiento
NO	Cambio de agua	30 días	Operador

10.3 Modos de falla

Para definir los modos de falla se recopiló el histórico de mantenimiento preventivo realizado en Cuidado Corporal S.A.S. Dicha recopilación e indagación con el personal técnico también dio la posibilidad de lograr identificar los diferentes motivos de las fallas presentadas.

Identificar y comprender los modos de falla es crucial para diseñar estrategias efectivas de mantenimiento preventivo y predictivo. Al analizar los posibles escenarios de falla, es posible implementar acciones correctivas proactivas para evitar interrupciones no planificadas en la operatividad de los equipos, reducir costos de reparación y mejorar la fiabilidad del sistema en su conjunto.

Tabla 3 *Modos de falla*

MODO DE FALLA	EFFECTOS OPERACIONALES	MOTIVO DE LA FALLA
Fuga de agua por rompimiento de tubería	La fuga de agua puede requerir que el equipo se detenga para reparaciones, lo que resulta en tiempo de inactividad y pérdida de productividad.	1. Presión del agua: Una presión excesiva en el sistema de agua del equipo también puede provocar fugas si las tuberías no están diseñadas para tal caudal que es de 4 L/min. 2. Juntas o sellos del equipo desgastados, agrietados o deformados: Las juntas o sellos dentro del equipo pueden desgastarse, agrietarse o deformarse, lo que permite la filtración de agua.

<p>Lámpara de xenón fundida por altas temperaturas (superior a los 50 °C)</p>	<p>La necesidad de reprogramar citas debido a la lámpara fundida implica una reorganización de la agenda, generando complicaciones logísticas y administrativas. Además, el reemplazo de una lámpara de xenón suele requerir intervención técnica y tiempo para realizar pruebas</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Calentamiento y enfriamiento: Las lámparas de xenón funcionan a altas temperaturas y pueden experimentar estrés térmico debido a los ciclos repetidos de calentamiento y enfriamiento durante su operación. Este estrés puede contribuir al agotamiento de la lámpara. 2. Golpe en la pieza de mano: Manipular bruscamente o golpear la lámpara puede dañarla, afectando su funcionamiento y reduciendo su vida útil. Las vibraciones extremas o impactos pueden hacer que la lámpara falle prematuramente. 3. Desgaste por uso prolongado: Las lámparas de xenón pueden fundirse debido al uso continuo durante un período prolongado de más de 1 hora sin continua. El número de horas de funcionamiento y disparos emitidos en cortos periodos de tiempo puede ser el factor principal que lleva a su desgaste.
<p>Sistema de enfriamiento del cabezal no enfría por no circulación del agua</p>	<p>Cuando el sistema de enfriamiento del cabezal de un equipo de depilación láser no enfría se ve comprometido puede reducir la eficacia del tratamiento y causar molestias a los clientes durante las sesiones. Esto puede resultar en la interrupción completa de los tratamientos, generando cancelaciones de citas.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Celdas de Peltier deterioradas: Las celdas de Peltier son componentes fundamentales en los sistemas de enfriamiento. Si estas celdas están deterioradas, ya sea por desgaste, no suministro de 12 V o golpes, pueden dejar de enfriar el cabezal. 2. Desgaste en los componentes eléctricos: El no suministro eléctrico de 12 V, cortocircuitos, o desgaste en los componentes eléctricos que controlan las celdas de Peltier pueden ser las causas del no enfriamiento. 3. Desgaste o falla de los ventiladores: Los ventiladores encargados de disipar el calor generado por las celdas de Peltier pueden desgastarse o deteriorarse con el tiempo, reduciendo su eficacia y provocando un aumento de la temperatura en el cabezal del equipo. 4. Bajo flujo de agua (4 L/min) para disipar el calor generado por las celdas de peltier, ya sea por insuficiencia de agua, taponamiento de las mangueras o fugas de agua en el sistema.

<p>Botón de disparo inoperable debido a desgaste por uso prolongado</p>	<p>La necesidad de detener los tratamientos debido a la inoperatividad del botón de disparo puede generar complicaciones en la agenda, requiriendo reprogramación de citas y posiblemente afectando la disponibilidad de horarios para los clientes.</p>	<p>1. Desgaste por uso: El uso repetido y constante del botón de disparo puede llevar al desgaste de los contactos internos o de la estructura del propio botón, afectando su capacidad para activarse correctamente.</p> <p>2. Acumulación de suciedad o residuos: La acumulación de suciedad, residuos de productos o líquidos en el área del botón de disparo puede obstaculizar su funcionamiento, dificultando su accionamiento o provocando discontinuidad eléctrica en los contactos eléctricos.</p> <p>3. Desgaste en el cableado eléctrico: cables desgastados en el circuito eléctrico que conecta el botón de disparo con el sistema de activación del equipo pueden provocar el no accionamiento de este, como cortocircuitos, cables sueltos o cables pelados.</p>
<p>Bomba de agua con desgaste debido al uso continuo</p>	<p>Incapacidad para enfriar: El agua es crucial para enfriar el cabezal del equipo durante los tratamientos. La ausencia de agua puede ocasionar un aumento de temperatura en el cabezal, lo que afecta la efectividad del tratamiento y puede causar molestias o incluso lesiones en los clientes, adicional operar el equipo con ausencia de agua ocasiona la para del mismo.</p>	<p>1. Desgaste mecánico: El funcionamiento constante de la bomba puede llevar al desgaste de sus componentes internos, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rotor desgastado - Sellos rotos - Sellos cristalizados - Sellos fisurados - Sellos desgastado - Cojinete seco - Cojinete reventado - Cojinete fisurado <p>2. Obstrucción en el sistema de tuberías: La acumulación de sedimentos, residuos o cualquier tipo de obstrucción en las tuberías del sistema de agua puede dificultar el flujo normal, generando un esfuerzo adicional en la bomba o causando su desgaste en sus componentes.</p> <p>3. Calidad del agua: El uso de agua con altos niveles de sedimentos, minerales o impurezas puede acelerar el desgaste de la bomba.</p>

<p>Intensidad deficiente en los disparos (no supera los 25 J/cm²) debido a capacitores descargados</p>	<p>Incapacidad para realizar tratamientos: La falta de potencia en el disparo impide que el equipo realice los tratamientos de manera efectiva o incluso los detiene por completo, lo que afecta la capacidad de brindar servicios a los clientes.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sobrecarga eléctrica: Picos de corriente o sobretensiones pueden sobrecargar los capacitores, causando su deterioro. 2. Desgaste por temperatura: Temperaturas extremas dentro del equipo superiores a los 50 °C.
<p>Equipo con dificultad para encender debido a una interrupción en el suministro eléctrico.</p>	<p>Interrupción en la prestación de servicios: La dificultad de encendido detiene por completo la capacidad del equipo para realizar tratamientos, lo que afecta la continuidad en la prestación de servicios a los clientes.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Suministro eléctricos: Cortocircuitos, fusibles fundidos, desgaste en el cableado o en el suministro eléctrico pueden evitar que el equipo reciba la energía necesaria para encenderse. 2. Componentes clave desgastados: Desgaste en componentes esenciales como la fuente de alimentación, la fuente de potencia o el interruptor de encendido. 3. Desgaste mecánico: Componentes internos desgastados, conexiones sueltas, corrosión. 4. Activación de alarmas de seguridad: Los equipos de depilación suelen contar con sistemas de seguridad que, si detectan un riesgo potencial, pueden evitar el encendido para garantizar la seguridad del equipo.
<p>Desgaste físico en el conector pieza de mano-máquina debido a conectar y desconectar con frecuencia</p>	<p>Interrupción en los tratamientos: La desconexión o deterioro en la parte física puede detener o interrumpir los tratamientos, lo que afecta la continuidad en la prestación de servicios a los clientes.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desgaste por uso continuo: Con el tiempo y el uso constante, los conectores físicos pueden deteriorarse, los cables pueden desgastarse, lo que afecta la integridad de la conexión. 2. Desconexiones frecuentes: Este proceso repetitivo puede desgastar los componentes físicos de la conexión, causando deterioro en los contactos, deformación de los conectores o incluso rotura de los cables. Esta situación puede debilitar la estabilidad y calidad de la conexión con el tiempo, afectando su funcionalidad.

<p>Sistema de fusibles deteriorado debido a desgaste prolongado.</p>	<p>Interrupción completa: Un deterioro en el sistema de fusibles puede llevar a una interrupción total en el funcionamiento del equipo, deteniendo por completo los tratamientos o servicios que proporciona.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sobrecarga eléctrica: Si el equipo recibe una carga eléctrica superior a la capacidad de los fusibles, éstos pueden fundirse para proteger el sistema. Esto puede ocurrir por picos de corriente, cortocircuitos o fluctuaciones eléctricas. 2. Desgaste en los componentes eléctricos: Desgaste en otros componentes del sistema eléctrico, como un cortocircuito en un cable o un componente defectuoso, pueden provocar una corriente excesiva que funda los fusibles.
<p>Activación de alarma por alta temperatura</p>	<p>Exceso de temperatura en el sistema (superior a los 50 °C): Si la alarma por alta temperatura se activa con frecuencia, nos indica que algo sucede que podría parar la prestación del servicio si no se aborda de manera oportuna y adecuada.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sobrecalentamiento del equipo: Un exceso en la temperatura interna del equipo debido a un desgaste de uno de sus componentes de refrigeración, ventilación obstruida puede activar la alarma por alta temperatura. 2. Entorno operativo con alta temperatura: El uso del equipo en condiciones de alta temperatura ambiente o cerca de fuentes de calor puede incrementar la temperatura interna del equipo y activar la alarma de temperatura. 3. Uso prolongado del equipo: Un uso prolongado o periodos largos de trabajo en el equipo pueden generar un aumento en la temperatura interna, llevando a la activación de la alarma de alta temperatura como medida de protección. 4. Desgaste en los sensores de temperatura: Puede generar lecturas erróneas, activando la alarma de manera incorrecta o sin una razón real de sobrecalentamiento.
<p>Activación de alarma por no flujo de agua en el sistema</p>	<p>No circulación de agua: Si la alarma de flujo se activa con frecuencia, podría indicar que no hay flujo de agua en el sistema que podría parar la prestación del servicio si no se aborda de manera oportuna y adecuada.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Obstrucción en el flujo: Presencia de obstrucciones en las líneas de flujo, tales como acumulación de aire, bloqueos en los conductos, o restricciones en el sistema, que interfieren con el paso normal del líquido o aire. 2. Deterioro en el sensor de flujo: El Deterioro en el sensor de flujo, como lecturas incorrectas, sensores defectuosos o desgastados, que generan lecturas incorrectas. 3. Deterioro en el sistema de bombeo: Bombas deterioradas que impiden el flujo normal del agua a través del sistema, lo que activa la alarma de flujo debido a un caudal por debajo de los 4 L/min.

Fisura en el cristal de cuarzo de la pieza de mano originada por tensiones mecánicas o impacto	Posible afectación en la seguridad: Una fisura podría comprometer la integridad estructural del cristal, lo que podría representar un riesgo potencial para la seguridad del equipo, del operador o paciente si el cristal se rompe durante el uso.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Impacto o golpe: Un golpe repentino o impacto contra una superficie dura puede generar una fisura en el cristal de cuarzo. 2. Desgaste o fatiga: Con el tiempo y el uso continuo, el cristal de cuarzo puede experimentar desgaste, lo que aumenta la probabilidad de la formación de fisuras, especialmente si está expuesto a condiciones extremas o cambios de temperatura abruptos.
Deterioro en el botón de inicio debido a desgaste o suciedad	Interrupción en la operación del equipo: La incapacidad para iniciar el equipo detiene por completo su funcionamiento, lo que afecta la continuidad en la realización de tratamientos o procedimientos.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desgaste mecánico: El uso continuo puede provocar desgaste en los contactos internos del botón, haciendo que dejen de hacer contacto correctamente o que se atasquen. 2. Suciedad o acumulación: Partículas de suciedad, residuos o líquidos derramados pueden infiltrarse en el botón, dificultando su funcionamiento. 3. Desgaste en los componentes eléctricos: Desgaste en las conexiones eléctricas internas que alimentan el botón podrían causar que no sea posible su accionamiento.

10.4 Análisis modos de falla (Clasificación y agrupación)

La clasificación y agrupación de modos de falla se convierten en herramientas esenciales para simplificar y organizar la complejidad inherente a diversos componentes y sistemas. Este proceso no solo facilita la comprensión, sino que también abre la puerta para abordar de manera más eficiente las causas subyacentes de las fallas, permitiendo una toma de decisiones informada y la implementación de estrategias de mantenimiento proactivas.

Se clasifican y agrupan en 3 categorías diferentes: Sistema eléctrico, Sistema de control, desgaste del sistema.

Tabla 4 *Clasificación modos de falla*

COD	MODO DE FALLA
Sistema Eléctrico	
E-1	Equipo con dificultad para encender debido a una interrupción en el suministro eléctrico
E-2	Potencia deficiente en los disparos debido a capacitores descargados
E-3	Sistema de fusibles deteriorado debido a desgaste prolongado.
Sistema de Control	
C-1	Activación de alarma por alta temperatura
C-2	Activación de alarma por no flujo de agua en el sistema
Desgaste del Sistema	
D-1	Fuga de agua por rompimiento de tubería
D-2	Lámpara de xenón fundida por vida útil agotada
D-3	Sistema de enfriamiento del cabezal no enfría por no circulación del agua
D-4	Botón de disparo inoperable debido a desgaste por uso prolongado
D-5	Bomba de agua experimentando desgaste debido al uso continuo
D-6	Desgaste físico en el conector pieza de mano-máquina debido a conectar y desconectar con frecuencia
D-7	Fisura en el cristal de cuarzo de la pieza de mano originada por tensiones mecánicas o impacto
D-8	Deterioro en el botón de inicio debido a desgaste o suciedad

10.5 Análisis funcional

En este caso ya tenemos definido que se está realizando el análisis al equipo de depilación láser IPL, se define la función y el desempeño para luego conocer la falla funcional, en la siguiente tabla se presenta lo anteriormente indicado:

Tabla 5 *Análisis funcional*

FUNCIÓN Y DESEMPEÑO ESPERADO DEL ACTIVO	FALLA FUNCIONAL
Generar pulsos láser con una emisión de luz entre 1 J/cm ² y 50 J/cm ² para interrumpir el crecimiento del folículo piloso.	El equipo no emite pulsos láser de en el rango de entre 1 J/cm ² y 50 J/cm ² o no emite pulsos en absoluto.
Implementar un sistema de enfriamiento dinámico para regular la temperatura y mantenerla siempre por debajo de los 50°C.	El sistema de enfriamiento no funciona de manera efectiva o no se activa durante el tratamiento.
Ajustar la potencia y frecuencia del láser, permitiendo al operador personalizar la intensidad (entre 1 J/cm ² y 50 J/cm ²) y la frecuencia (entre 1 Hz y 10 Hz) de emisión según el tipo de piel y vello.	El sistema no permite al operador ajustar la intensidad del láser o la frecuencia de emisión según los parámetros para cada tipo de piel.
Implementar sensores de temperatura en tiempo real que monitorean de forma continua la temperatura de la piel, previniendo así posibles quemaduras.	Los sensores de temperatura no están operando correctamente o no están proporcionando lecturas precisas durante el tratamiento.
Integrar un interruptor de emergencia que posibilite la interrupción inmediata del tratamiento en situaciones críticas.	El interruptor de emergencia no responde o no detiene el tratamiento cuando se acciona en situaciones críticas.
Incorporar indicadores visuales en tiempo real que exhiban la intensidad del láser y la temperatura de la máquina de manera continua durante el tratamiento.	Los indicadores visuales no muestran con precisión la intensidad del láser o la temperatura de la máquina durante el tratamiento o no se iluminan en absoluto.
Permitir ajustes personalizados para tratamientos adaptados a diversas áreas y tipos de vello, facilitando así la personalización según las necesidades individuales.	El sistema no permite realizar ajustes para adaptar el tratamiento a diferentes áreas del cuerpo y tipos de vello.
Proporcionar alertas sonoras para indicar cambios significativos o condiciones anómalas.	El sistema no emite alertas sonoras para indicar cambios significativos o condiciones anómalas durante el tratamiento.

10.6 Evaluación de las consecuencias

La determinación de las consecuencias de las fallas funcionales se enfoca en categorías clave, clasificando si la falla es evidente, si presenta riesgos para la seguridad o el medio ambiente, o si afecta directamente la producción y operación. Esta evaluación proporciona una visión global de los escenarios de falla, permitiendo priorizar acciones de mantenimiento y mitigación de riesgos de manera estratégica.

A continuación, se presenta un análisis de las consecuencias de los modos de falla en los componentes del equipo de depilación láser.

Tabla 6 *Evaluación de consecuencias*

COD	MODO DE FALLA	E	S&E	O
Sistema Eléctrico				
E-1	Equipo con dificultad para encender debido a una interrupción en el suministro eléctrico	SI	NO	SI
E-2	Potencia deficiente en los disparos debido a capacitores descargados	NO	NO	SI
E-3	Sistema de fusibles deteriorado debido a desgaste prolongado.	NO	NO	SI
Sistema de Control				
C-1	Activación de alarma por alta temperatura	SI	SI	SI
C-2	Activación de alarma por no flujo de agua en el sistema	SI	NO	SI
Desgaste del Sistema				
D-1	Fuga de agua por rompimiento de tubería	SI	SI	SI
D-2	Lámpara de xenón fundida por vida útil agotada	NO	NO	SI
D-3	Sistema de enfriamiento del cabezal no enfría por no circulación del agua	SI	SI	NO
D-4	Botón de disparo inoperable debido a desgaste por uso prolongado	SI	NO	NO
D-5	Bomba de agua experimentando desgaste debido al uso continuo	NO	SI	SI

D-6	Desgaste físico en el conector pieza de mano-máquina debido a conectar y desconectar con frecuencia	NO	NO	SI
D-7	Fisura en el cristal de cuarzo de la pieza de mano originada por tensiones mecánicas o impacto	SI	SI	NO
D-8	Deterioro en el botón de inicio debido a desgaste o suciedad	SI	NO	NO

10.7 Definición de la política de mantenimiento

En la formulación de la política de mantenimiento, se llevaron a cabo ajustes durante la segunda fase del proceso de la metodología PMO. Este proceso implicó la realización de sesiones periódicas en las que participaron gerencia, técnico operaciones, subdirector operaciones y operador. Estas reuniones se iban realizando a medida que se tenía la información necesaria para compartirla y debatirla con el equipo de trabajo.

Tabla 7 Tareas de mantenimiento propuestas

COD	TAREA PROPUESTA	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
TAREAS ELÉCTRICAS				
T-E-01	Inspección, ajuste y/o reemplazo de conexiones eléctricas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar inspección visual a los cableados y cambiar los que se encuentren defectuosos. 2. Revisar el cable de poder y en caso de que exista alguna anomalía reemplazarlo 3. Revisar continuidad en los cableados para garantizar el flujo de energía 4. Garantizar que todos los cables tengan el calibre suficiente para soportar el paso de corriente 5. Garantizar los respectivos aislamientos 	60 días	Técnico mantenimiento

		eléctricos de cada una de las conexiones		
T-E-02	Medición de amperaje y voltaje	1. Medir los voltajes y corrientes de entrada 2. Medir los voltajes de entrada y salida de la fuente conmutada 3. Medir los voltajes de entrada a la bomba de agua	60 días	Técnico mantenimiento
T-E-03	Verificación de tomas y tableros eléctricos	1. Verificar el estado y corriente entregada por las tomas eléctricas. 2. Verificar la entrega de corriente y estado del cableado en el tablero eléctrico	180 días	Electricista
T-E-04	Revisión de sistema de fusibles	1. Revisar el estado actual del fusible 2. Revisar la conexión del fusible tanto eléctrica como física	90 días	Técnico mantenimiento
T-E-05	Revisión de carga y descarga de los capacitores	1. verificar si los capacitores cumplen con los tiempos de carga y descarga necesarios según las especificaciones del sistema. 2. Inspeccionar posibles corrosiones o desajuste físico del ensamble de los capacitores	90 días	Técnico mantenimiento
T-E-06	Verificación de funcionamiento de celdas de peltier	1. Verificar la polaridad de las celdas de peltier de modo que su función se cumpla 2. Verificar la suficiencia de pasta térmica en el caso que no cuenten con esta debe aplicarse 3. Verificar llegada de corriente	60 días	Técnico mantenimiento

T-E-07	Verificación electrónica de los componentes de la pantalla	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar una verificación detallada de cada uno de los integrados, condensadores y termistores de los que está compuesta la pantalla para garantizar su respectivo funcionamiento. 2. En caso de que se encuentre alguna anomalía si es el caso se realiza la soldadura de la pieza o en su defecto se reemplaza. 3. Se debe buscar preservar en el tiempo la pieza completa "pantalla" debido a que es de los repuestos más costosos con los que cuenta el equipo realizando los respectivos reemplazos de subpiezas según sea el caso 	120 días	Técnico mantenimiento
T-E-08	Verificación electrónica de los componentes de la fuente de potencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar una verificación detallada de cada uno de los integrados, condensadores, termistores y resistencias de los que está compuesta la fuente de potencia. 2. En caso de que se encuentre alguna anomalía si es el caso se realiza la soldadura de la pieza o en su defecto se reemplaza. 3. Se debe buscar preservar en el tiempo la pieza completa "fuente de potencia" debido a que es de los repuestos más costosos con los que cuenta el equipo realizando los respectivos reemplazos de subpiezas según sea el caso 	120 días	Técnico mantenimiento
TAREAS EN EL SISTEMA DE CONTROL				

T-C-01	Revisión sensor de nivel	<ol style="list-style-type: none"> 1. Corroborar que el sensor de nivel se encuentre censando el nivel de agua adecuado para la operación. (3 Litros) 2. Verificar el estado físico del sensor 3. Verificar alimentación eléctrica adecuada para su correcto censo. 4. Realizar prueba de comprobación encendiendo el equipo sin el nivel de agua suficiente de manera que el sistema arroje la alarma que impide operar el equipo en estas condiciones. 	120 días	Técnico mantenimiento
T-C-02	Revisión del sensor de flujo de agua	<p>En la revisión de este sensor se debe ser extremadamente rigurosos debido a que la alerta del sistema cuando no detecta flujo es la misma del sensor de nivel de agua por lo anterior siempre que se revise el sensor debe verificarse lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar flujo real del sistema 2. Revisar las mangueras con el fin de detectar algún taponamiento ya sea por zarro o dobles de las mangueras. 3. Verificar cada una de las sujeciones de las mangueras y reforzar las sujeciones según sea necesario. 4. Revisar estado de la bomba de agua. (Como alimentación y funcionamiento). 	120 días	Técnico mantenimiento

T-C-03	Revisión del sensor de temperatura	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar que el límite de temperatura del equipo este en 50 °C 2. Verificar mediciones reales de temperatura del sensor. 3. Garantizar que este en la posición correcta 4. Garantizar ambiente externo de trabajo de máximo 22°C 	120 días	Técnico mantenimiento
T-C-04	Chequeo intensidad de luz lámpara xenón	<ol style="list-style-type: none"> 1. Visualmente se revisa el color de la lámpara, debe estar totalmente transparente y no partida. 2. Revisar el total de disparos que tiene desde que se cambió anteriormente, no puede superar los 500.000 disparos en tal caso debe cambiarse. 3. En caso de que el equipo este dando alerta de lámpara se deben verificar los anteriores puntos, dado el caso que no suceda alguno de los anteriores se debe revisar la intensidad de luz que emite usando un fotómetro y esta debe coincidir o ser semejante a la programada en el equipo 	90 días	Técnico mantenimiento
TAREAS CONTROL DE DESGASTE				
T-D-01	Verificación estado cristal de cuarzo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar inspección visual al estado del cristal de cuarzo, se debe evidenciar total transparencia en el mismo y no estar fisurado o quebrado en alguna de sus partes. 2. Dado el caso que este 	60 días	Técnico mantenimiento

		quebrado, fisurado o manchado debe cambiarse de manera inmediata		
T-D-02	Verificación estado carcasa pieza de mano	1. Realizar inspección visual del estado de la carcasa de la pieza de mano; se debe revisar que no esté fisurado o partido y que el aseo de la misma sea el adecuado. 2. En caso de que este partida o fisurada debe reemplazarse dicha pieza.	60 días	Técnico mantenimiento
T-D-03	Inspección estado botón de start	1. Verificar que el botón oprima correctamente, que no esté pegado o hundido o en su defecto que no tenga retardado el disparo. 2. En tal caso que se cumpla alguna de las anteriores el botón debe ser reemplazado.	60 días	Técnico mantenimiento
T-D-04	Inspección estado filtro 640 nm	1. Retirar el filtro de 640 nm de la pieza de mano; verificar el estado de este revisando que no esté fisurado, partido o despegado. 2. En el caso que se cumpla alguna de las anteriores debe reemplazarse dado que el filtro con esta longitud de onda es el que permite que el vello se atacado por el láser.	120 días	Técnico mantenimiento
T-D-05	Estado empalme pieza de mano-máquina	1. Verificar que el empalme entre macho y hembra este casando a juego y todos los componentes de estos estén en perfecto estado. 2. En tal caso que una o las dos presenten problemas deben reemplazarse de manera prioritaria.	60 días	Técnico mantenimiento

T-D-06	Verificación del funcionamiento de los ventiladores	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar limpieza a los ventiladores quitando el exceso de polvo y demás partículas adheridas a los mismos. 2. Se procede a verificar el correcto giro del ventilador y el extractor de manera que el sistema de ventilación del sistema opere correctamente. 3. Revisar la debida alimentación que requieren y verificar que el estado de los mismos sea el óptimo; caso contrario deberá reemplazarse. 	60 días	Técnico mantenimiento
T-D-07	Verificación de funcionamiento radiador	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar limpieza al radiador 2. Verificar el flujo de agua en su interior 3. comprobación de la integridad de las aletas. 4. Dado el caso que no opere correctamente debe reemplazarse 	60 días	Técnico mantenimiento
T-D-08	Cambio de agua	<ol style="list-style-type: none"> 1. Retirar el agua que tiene el equipo 2. Mediante el embudo ingresar 3 litros de agua destilada al equipo. 	30 días	Operador

11. RESULTADOS

Los resultados del trabajo de grado han sido altamente satisfactorios y proyectables en el tiempo, aunque el plan de mantenimiento es apenas una propuesta en la formulación de la propuesta se obtuvieron resultados los cuales se presentan a continuación:

- Inventario de todas las máquinas y piezas de mano de depilación láser IPL, esto ha permitido a los directivos de la empresa Cuidado Corporal S.A.S tener una visión aterrizada de sus activos fijos de los cuales está haciendo uso o puede hacer uso inmediato.

-
- Marcación de cada una de las máquinas y piezas de mano de depilación láser IPL, esto nos permite llevar un control de cada equipo como su localización, fecha de puesta en funcionamiento, cantidad de mantenimientos realizados y repuestos reemplazados; esto con el fin de tener el histórico de cada equipo.
 - Se realizó el trabajo muy de la mano de la gerencia, logrando que se le diera la importancia del caso lo que permite que cada persona implicada en el proceso implemente las actividades de manera efectiva.
 - Se obtuvo el aval por parte de la gerencia para la compra de dos máquinas de depilación láser IPL con el fin de poder tener reemplazo a las existentes y cumplir con las actividades de mantenimiento.
 - Se logró aumento en el presupuesto para compra de repuestos, así reduciendo los tiempos de espera en los equipos por espera de repuesto; dada la inmediatez de tenerlo en stock.
 - Se extendió la propuesta de la contratación de un técnico de mantenimiento adicional para apoyar y dar cumplimiento a los tiempos de las actividades de mantenimiento, dicha propuesta está sobre la mesa con miras a ser revisado como plan de acción para el año 2024.
 - Como parte fundamental del reconocimiento de los equipos de depilación láser, se realizaron capacitaciones de funcionamiento, buenas prácticas de manejo, limpieza y funcionamiento adecuado enfocado a reportar anomalías en el normal funcionamiento del equipo a todo el personal de aplicación (operarias).
 - En conjunto con el técnico de mantenimiento y en busca de mejorar la refrigeración del equipo, se implementaron 2 ventiladores y 2 extractores adicionales en uno de los equipos; alimentados a una fuente independiente de 110 V, esta mejora en el equipo ha permitido mantener temperaturas internas por debajo de los 35 °C y se seguirá estudiando su evolución para implementarlo en los demás equipos.
 - Los directivos de la empresa acordaron darle aval a la continuidad del proyecto para el año 2024.

12. CONCLUSIONES

- Este trabajo ha reafirmado la importancia del mantenimiento en el entorno empresarial. Un mantenimiento adecuado es esencial para garantizar la eficiencia operativa, la confiabilidad de los equipos y la reducción de costos a largo plazo.

- La propuesta de un plan y programa de mantenimiento se ha adaptado de manera efectiva a las necesidades específicas de la empresa Cuidado Corporal S.AS. Esta propuesta aborda desafíos identificados en el mantenimiento de equipos IPL.
- La implementación de este plan y programa de mantenimiento tiene el potencial de ofrecer beneficios significativos, incluyendo la reducción de tiempos de inactividad, la mejora de la confiabilidad de los equipos y la reducción de los costos de mantenimiento a largo plazo.
- Durante el proceso de investigación y desarrollo de la propuesta, se han identificado y superado varios desafíos. Estas lecciones aprendidas han enriquecido nuestra comprensión del mantenimiento de equipos IPL.
- Basados en los hallazgos, recomendamos la implementación de la propuesta de mantenimiento, con énfasis en la capacitación del personal y la adopción de un enfoque preventivo sólido. Además, recomendamos el seguimiento continuo y la evaluación de la efectividad del plan.
- Este trabajo contribuye al conocimiento existente al ofrecer una propuesta de mantenimiento específica para equipos IPL en el contexto de la depilación láser. Este enfoque puede servir como un modelo para otras empresas en situaciones similares.
- Reconocemos que este trabajo tiene limitaciones, como la falta de acceso a algunos datos históricos de mantenimiento. Sin embargo, hemos abordado estas limitaciones de manera efectiva mediante un enfoque de investigación sólido.
- Se identifican oportunidades para investigaciones futuras, como la evaluación a largo plazo de la efectividad de la propuesta y la adaptación de esta a otros entornos de depilación láser y equipos similares.

13. REFERENCIAS

- Renovetec. ¿Qué es un plan de mantenimiento? Renovetec. Recuperado de <https://www.renovetec.com/irim/que-es-un-plan-de-mantenimiento>.

- Philips. ¿Qué es la depilación IPL? Philips. Recuperado de <https://www.philips.com.co/c-m-pe/cuidado-de-la-piel/que-es-la-depilacion-ipl>

-Ministerio de Salud de Colombia. (2007). Resolución 4002 de 2007. Recuperado de https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Resoluci%C3%B3n_4002_de_2007.pdf.

- Infraspak. (2023). Mantenimiento preventivo. Infraspak Blog. Recuperado de <https://blog.infraspak.com/es/mantenimiento-preventivo/#:~:text=El%20mantenimiento%20preventivo%20consiste%20en,equipo%20mantien e%20su%20capacidad%20operativa>.

- Chica, G. H., & Hernandez, J. G. (2009). Modelo para la implementación del PMO (Planned Maintenance Optimization) Recuperado de <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/4331>.