



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

**“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS CAJAS
COMPACTADORAS DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL GOBIERNO
AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE CAYAMBE”**

AUTOR: Nery Rosendo Pérez Robalino

TUTOR: Ing. Carlos Mauricio Carrillo Rosero M.Sc.

AMBATO – ECUADOR

Septiembre - 2022

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema **“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS CAJAS COMPACTADORAS DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE CAYAMBE”**, elaborado por el Sr. Nery Rosendo Pérez Robalino portador de la de cedula de ciudadanía: C.I:1804287892, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, septiembre 2022



Ing. Carlos Mauricio Carrillo Rosero M.Sc.
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Nery Rosendo Pérez Robalino con CI: 1804287892, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema **“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS CAJAS COMPACTADORAS DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE CAYAMBE”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto técnico, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, septiembre 2022



Nery Rosendo Pérez Robalino

C.I 1804287892

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, septiembre 2022



Nery Rosendo Pérez Robalino

C.I 1804287892

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Nery Rosendo Pérez Robalino, de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS CAJAS COMPACTADORAS DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE CAYAMBE”**

Ambato, septiembre 2022

Para constancia firman:

Ing. Mg. María Belén Paredes Robalino
MIEMBRO CALIFICADOR

Ing. Mg. Jorge Enrique López Velástegui
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

A mis padres Nerie y Lucila quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades porque Dios está conmigo siempre. A mis hermanos: Irma, Anabel, Irene y Arnaldo, a mis sobrinos Cristian, Andrés, Annie y Emilio que siempre me han apoyado e inspirado de alguna u otra manera, a toda mi familia en especial aquellos que me han cuidado desde la eternidad.

Nery

AGRADECIMIENTO

A Dios y a la Virgen de Guadalupe por darme fuerzas para vivir plenamente cada día,

A mi tutor Mauricio Carrillo, por usted y sus virtudes, su paciencia, constancia y consejos este trabajo se ha tornado fácil, gracias a usted se pudo plasmar este ideal mediante sus aportes profesionales.

A los docentes de la Universidad Técnica de Ambato, sus enseñanzas fueron sabias, sus conocimientos rigurosos y exactos, a ustedes queridos profesores les debo todo lo aprendido en esta etapa donde empieza mi vida profesional.

Al alcalde Guillermo Churuchumbi que dirige el ilustre municipio de Cayambe por su decisivo apoyo en este trabajo de implementación y a todo el equipo de profesionales por su predisposición y apoyo que han mostrado.

A mis padres Nerie Pérez y Lucila Robalino, ustedes han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis horas de estudio. Siempre han sido mis mejores guías de vida. Hoy cuando concluyo mis estudios, les dedico a ustedes este logro amados padres. A mis hermanos y sobrinos por ser un pilar fundamental para poder conquistar esta meta anhelada.

A mis amigos y compañeros de la carrera, hoy culmina esta maravillosa aventura, me llevo los recuerdos de las tardes y horas de trabajo a lo largo de nuestra formación, los consejos, risas y momentos de duro trabajo que nos han ido formando. Hoy nos toca cerrar un capítulo maravilloso en esta historia de la vida y no puedo dejar de agradecerles por su apoyo y constancia.

Nery

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACION DEL TRIBUNAL DE GRADO	iv
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes investigativos	1
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo general.....	4
1.2.2. Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II.....	5
METODOLOGÍA.....	5
2.1. Materiales.....	5
2.2. Métodos.....	5
2.2.1. Tipo de investigación	6
2.2.1.1. Investigación exploratoria.....	6
2.2.1.2. Investigación explicativa.....	6
2.2.1.3. Investigación descriptiva.....	6
2.2.1.4. Investigación Bibliográfica	6
2.2.2. Recolección de información.....	6
2.2.2.1. Documental	6
2.2.2.2. Observación	7
2.2.2.3. Monitoreo.....	7
2.2.3. Plan de análisis.....	7

2.2.4.	Identificación del estado actual de las cajas compactadoras.....	8
2.2.4.1.	Análisis de modos de falla, efectos y criticidad con el método AMFEC.....	21
2.3.	Análisis AMFE	22
2.2.5.	Componentes más propensos a sufrir avería.....	32
2.2.5.1.	Elaboración del plan de mantenimiento preventivo de las cajas compactadoras.....	33
CAPÍTULO III.....		36
RESULTADOS.....		36
3.1.	Instructivos de mantenimiento	56
CAPÍTULO IV.....		73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		73
4.1	Conclusiones	73
4.2	Recomendaciones	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		75
ANEXOS		78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de materiales utilizados	5
Tabla 2: Análisis FODA del trabajo investigativo.....	8
Tabla 3: Dimensiones de la caja compactadora del camión recolector de residuos sólidos de Cayambe [8].....	10
Tabla 4: Descripción de los sistemas que conforman la caja compactadora [9].....	11
Tabla 5: Ficha Técnica – Caja recolectora 1.....	13
Tabla 6: Ficha Técnica – Caja recolectora 2.....	14
Tabla 7: Ficha Técnica – Caja recolectora 3.....	15
Tabla 8: Ficha Técnica – Caja recolectora 4.....	16
Tabla 9: Ficha Técnica – Caja recolectora 5.....	17
Tabla 10: Escala de evaluación del estado operativo de piezas.....	18
Tabla 11: Levantamiento de información del estado actual de las cajas compactadoras	18
Tabla 12: Descripción de los niveles de severidad. [11].....	23
Tabla 13: Descripción de los niveles de ocurrencia [11].....	24
Tabla 14: Descripción de los niveles de detección [11].....	25
Tabla 15: Análisis AMFEC CC01 y CC02.....	27
Tabla 16: Criticidad del Índice de Prioridad de Riesgo [12].	32
Tabla 17: Análisis de criticidad	32
Tabla 18: Formato del registro de revisión y mantenimiento de compactadoras.....	36
Tabla 19: Codificación de color de la frecuencia del mantenimiento preventivo.....	37
Tabla 20: Cronograma mensual de mantenimiento preventivo de las cajas compactadoras	38
Tabla 21: Codificación de las actividades	56
Tabla 22: Plan de mantenimiento preventivo 01	57
Tabla 23: Plan de mantenimiento preventivo 02	58
Tabla 24: Plan de mantenimiento preventivo 03	59
Tabla 25: Plan de mantenimiento preventivo 04	60
Tabla 26: Plan de mantenimiento preventivo 05	61
Tabla 27: Plan de mantenimiento preventivo 06	62
Tabla 28: Plan de mantenimiento preventivo 07	63
Tabla 29: Plan de mantenimiento preventivo 08	64
Tabla 30: Plan de mantenimiento preventivo 09	65
Tabla 31: Plan de mantenimiento preventivo 10	66
Tabla 32: Plan de mantenimiento preventivo 11	67
Tabla 33: Plan de mantenimiento preventivo 12	68
Tabla 34: Plan de mantenimiento preventivo 13	69
Tabla 35: Plan de mantenimiento preventivo 14	70
Tabla 36: Plan de mantenimiento preventivo 15	71
Tabla 37: Plan de mantenimiento preventivo 16	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de elaboración de plan de mantenimiento preventivo.....	7
Figura 2: Diseño mecánico de una caja compactadora de un camión recolector de residuos sólidos de Cayambe [8].....	9
Figura 3: Componentes externos de la caja compactadora [9].	10
Figura 4: Detalle de los sistemas de la caja compactadora [9].	11
Figura 5: Estado Operativo Actual de las Cajas Compactadoras según los resultados obtenidos a través de la inspección en campo de las cajas recolectoras del municipio de Cayambe que se muestran en los anexos A1, A2, A3, A4, A5.	19
Figura 6: Estado Operativo Actual de las piezas de las Cajas Compactadoras según los resultados obtenidos a través de la inspección en campo de las cajas recolectoras del municipio de Cayambe que se muestran en los anexos A1, A2, A3, A4, A5.	20
Figura 7: Componentes de la técnica de AMFEC	21

RESUMEN

Debido a la falta de un plan de mantenimiento preventivo para las cajas compactadoras en el Municipio de Cayambe se tiene un alto costo en las reparaciones de las unidades, así como, dejar sin servicio la recolección de los desechos sólidos por causa de daños en las cajas compactadoras. En el presente plan de mantenimiento preventivo se realizó un diagnóstico de las cajas compactadoras en el campo, mediante el cual, se revisó el estado actual de cada una de las unidades, posteriormente se elaboró un análisis de modos de falla de acuerdo al procedimiento establecido en la normativa AMFEC-NTP 679. También, se realizó un índice de criticidad de prioridad de riesgo, el cual, como resultado de la inspección en campo se determinó que las partes que presentan mayor severidad de fallas es el sistema hidráulico, tolva y la tira de borde del compactador expulsor. Como resultados se elaboró un formato del registro de riesgos de revisión y mantenimiento de las cajas compactadoras. Como conclusión, se realizó el plan de mantenimiento preventivo para cada parte de las cajas compactadoras, con un enfoque a aquellas que presentan mayor índice de riesgo de falla.

Palabras clave: AMFEC, Cajas compactadoras, Cayambe, Residuos sólidos, EMAPAAC.

ABSTRACT

Due to the lack of a preventive maintenance plan for the compactor boxes in the Municipality of Cayambe, there is a high cost in the repairs of the units, as well as leaving the collection of solid waste without service due to damage to the boxes compactors. In this preventive plan, a diagnosis of the compactor boxes in the field was carried out, through which the current status of each of the units was reviewed, subsequently an analysis of failure modes was prepared according to the procedure established in the AMFEC-NTP 679 regulation. Also, an index of risk priority critics was made, which, as a result of the field inspection, determined that the parts that present the greatest severity of failure are the hydraulic system, hopper and the edge strip of the ejector compactor. As a result, a format for the register of risks of revision and maintenance of the compactor boxes was elaborated. As a conclusion, the preventive maintenance plan was carried out for each part that integrates the compactor boxes, whit a focus on those whites the highest rate of failure risk.

Key words: AMFEC, Compactor boxes, Cayambe, Solid waste, EMAPAAC.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

El cantón Cayambe se encuentra ubicado al noroeste de la provincia de Pichincha, la cual cuenta con 105.781 habitantes, teniendo una generación importante de residuos sólidos en la parte urbana del cantón. La empresa municipal encargada de la gestión de residuos sólidos es EMAPAAC EP creada el 24 de septiembre del 2001, contribuyendo al mantenimiento de la salud y bienestar de la población y el cuidado del medio ambiente mediante sus subsistemas como son; recolección, barrido, transporte y disposición final de los desechos sólidos [1].

La zona urbana del cantón Cayambe mantiene una recolección diferenciada de basura, separando los residuos orgánicos de los inorgánicos, con una generación aproximada de 70,5 toneladas diarias, 1.142,5 toneladas de basura mensuales y 13.710 toneladas anuales, de los cuales 10200 toneladas son desechos inorgánicos, y 3510 son desechos orgánicos [1]. Los desechos inorgánicos y orgánicos son transportados al relleno sanitario del cantón, donde en el caso de los inorgánicos, son almacenados en diferentes cubetos construidos técnicamente. Los residuos orgánicos se someten a un proceso de compostaje, que posteriormente son donados a los agricultores de la zona. Los escombros, restos de materiales de construcción y pétreos son recolectados por volquetas, que por su naturaleza no cuentan con cajas compactadoras, por lo tanto, su generación no se incluye en el presente estudio. Los desechos hospitalarios son gestionados por la empresa EMGIRS EP del Distrito Metropolitano de Quito, por tanto, los valores generados tampoco son considerados [1].

Mediante un convenio con el GAD Cantonal de Cayambe, los procesos de reciclaje son llevados a cabo por las empresas Ecuajugos, Nestlé y Tetrapak, quienes son las encargadas de recoger todos los residuos reciclables del cantón y llevarlos a un centro de acopio del municipio, y en el caso de Nestlé, lo lleva a su propio centro de acopio, en

donde los residuos son integrados nuevamente en el proceso productivo de las empresas mencionadas [1].

La recolección de los desechos y residuos sólidos se realiza mediante los carros recolectores a través de una recolección a pie de vereda. La frecuencia de recolección de residuos sólidos depende del tipo de residuo a recolectar; los desechos orgánicos se recogen 3 días por semana (lunes, miércoles y viernes), un viaje por recolector, y los desechos inorgánicos se recogen 4 días por semana (martes, jueves, sábado y domingo), 2 viajes por recolector. En total cuentan con un total de 5 camiones, los cuales están equipados con sus cajas compactadoras correspondientes, que permiten la compactación de los residuos recogidos antes de ser llevados al relleno sanitario del cantón [1].

Con este antecedente, la EMAPAAC EP debe contemplar el mantenimiento preventivo integral de las cajas compactadoras dentro de su planificación anual, con el fin de mitigar los posibles fallos y garantizar su eficacia al momento de utilizarlos, compensando su degradación provocada por el paso del tiempo y su uso continuo. Todo esto es posible mediante el desarrollo y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo, para lo cual se ha recopilado información de diferentes trabajos investigativos relacionados con este tema, como artículos científicos, investigaciones de pregrado y postgrado, con la finalidad de sentar las bases bibliográficas, las cuales serán de gran aporte para la correcta realización y aplicación del presente trabajo.

En el trabajo de M. Endara [2], se presenta un plan de mantenimiento para los contenedores de basura de la Empresa Pública de Aseo y Gestión Ambiental de la ciudad de Latacunga, teniendo como objetivo el análisis de los fallos que se puedan presentar en los contenedores y en base a ello, entregar una propuesta de implementación para el uso del Plan de Mantenimiento. Se realizó un análisis de modo de fallos (AMFEC), aplicando la observación y la investigación de campo.

L. Rueda [3] desarrolló un plan de mantenimiento preventivo para las cajas compactadoras y de los contenedores de la EPM GIDSA de la ciudad de Ambato, identificando el estado de los equipos mediante un registro de inspección y monitoreo de las rutas de recolección. Además, se ejecutó un análisis de modos de fallas, efectos y

criticidad AMFEC basándose en la normativa NTP 679. El plan de mantenimiento se estructura para todo el año 2021 con frecuencias dependientes del grado de criticidad del análisis realizado; las frecuencias pueden ser diarias, semanales, mensuales, semestrales y anuales.

Por otro lado, E. Ulloa [4], realizó un plan de mantenimiento preventivo aplicando la norma UNE EN 16646, la cual permite identificar las falencias en el manejo de información, adecuación e inclusive el mantenimiento mismo. El enfoque de muestreo de la investigación fue de índole mixta, cualitativa y cuantitativa, buscando establecer un plan de mantenimiento preventivo mediante las falencias encontradas. El autor también desarrolló una matriz AMFEC, inventarios, gamas de mantenimiento, la visión, misión y los objetivos del plan de mantenimiento. Concluye que las gamas de mantenimiento deben aplicarse de manera oportuna para evitar fallos en el sistema de producción de la empresa.

J. Rodríguez [5], implementó un plan de mantenimiento preventivo del sistema hidráulico a la compactadora MCNEILUS de la empresa INTERASEO de la ciudad de Santa Martha para la reducción de costos de mantenimiento y alargando la vida útil de los equipos. Esto lo realizó una investigación experimental con un tipo de investigación descriptiva. Se obtuvo un análisis de falencias del sistema hidráulico mediante la recopilación de información de los materiales usados en el mantenimiento, los procedimientos, la inspecciones, mano de obra, medio ambiente y los equipos. Además, se estableció un análisis FODA, identificando las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, y a partir de ello plasmar estrategias para el plan de mantenimiento preventivo. Concluye que después del análisis y diagnóstico del actual sistema hidráulico de las compactadoras, se generó las estrategias para mitigar las fallas recurrentes y casuales.

J. Casa [6], elaboró un plan de mantenimiento para las cajas compactadoras utilizando la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM en la empresa INDUACERO. El mantenimiento RCM ayuda a comprender el funcionamiento de los sistemas, lo que permitió al autor determinar las tareas de mantenimiento necesarias para

evitar y minimizar las fallas, garantizando la disponibilidad de las máquinas. Concluyó con la realización de los manuales técnicos de operación, mantenimiento y seguridad para las cajas compactadoras de basura que fabrica la empresa.

J. Aguilar [7], en su estudio detalla los procesos de análisis de la metodología de modos de falla, efectos y criticidad conocido como AMFEC, el cual incorpora criterios de riesgos y confiabilidad para asegurar un impacto de las acciones de mantenimiento. Concluye que al realizar un plan de mantenimiento es necesario considerar los modos de fallas de los equipos y no necesariamente del equipo mismo.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Desarrollar un Plan de Mantenimiento preventivo de las cajas compactadoras de residuos sólidos de la Empresa Pública Municipal para la Gestión Integral de Desechos Sólidos de Cayambe.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar el estado actual de las cajas compactadoras mediante un diagnóstico de los equipos.
- Realizar un análisis de modos de falla, efectos y criticidad de las cajas compactadoras, para establecer cuáles son los componentes críticos de acuerdo a la valoración general de criticidad obtenida, con la aplicación de la metodología a través de un seguimiento al procedimiento establecido en la normativa AMFEC. NTP 679.
- Elaborar el plan de mantenimiento preventivo de las cajas compactadoras de residuos sólidos del municipio de Cayambe, para mejorar la fiabilidad del servicio de recolección contenerizado de Residuos Sólidos.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente proyecto de aspecto técnico, es necesario definir los materiales y métodos a tomar en consideración para la ejecución del plan de mantenimiento preventivo de las cajas compactadoras del GADIP-Cayambe.

2.1. Materiales

Los recursos materiales que se describen en la tabla 1 corresponden a recursos necesarios para la planificación de plan de mantenimiento preventivo de las cajas compactadoras de desechos sólidos.

Tabla 1: Descripción de materiales utilizados

Denominación	Detalle
Computador	Recurso necesario para la planificación, redacción y edición del plan de mantenimiento preventivo.
Software de cálculo	Recurso necesario para el procesamiento de datos estadísticos
Manuales de operación de los fabricantes	Instrucciones detalladas del funcionamiento de los contenedores por los fabricantes.
Manuales de mantenimiento de los fabricantes	Procedimiento detallado de las actividades de mantenimiento preventivo que se debe realizar
Análisis modal de fallos y efectos. AMFE. NTP 679, 2004	Instructivo del método de fallos y efectos

2.2. Métodos

La metodología aplicada en el presente trabajo técnico tiene un enfoque cuantitativo debido al desarrollo de matrices de criticidad que muestran datos numéricos como resultados, los cuales son muy importantes a la hora de la elaboración del plan de mantenimiento preventivo de las cajas compactadoras.

2.2.1. Tipo de investigación

La elaboración del presente trabajo enfoca una investigación de carácter exploratorio, explicativo, descriptivo, bibliográfico, los cuales permiten el desarrollo de un diagnóstico de diversos problemas relacionados al mantenimiento de las cajas compactadoras y el desarrollo de una propuesta de mantenimiento preventivo a los mismos.

2.2.1.1. Investigación exploratoria

Este tipo de investigación permitirá el análisis y la recopilación de datos referentes al mantenimiento de las cajas compactadoras que aún no tienen un plan de mantenimiento definido.

2.2.1.2. Investigación explicativa

Este tipo de investigación permite conocer cuáles son las causas y consecuencias que derivan al deterioro de los elementos mecánicos que conforman las cajas compactadoras, permitiendo conocer aquellos componentes que se deben dar mayor relevancia al momento de realizar los mantenimientos correspondientes.

2.2.1.3. Investigación descriptiva

La investigación descriptiva en el presente trabajo se aplica en la descripción de los componentes mecánicos de las cajas compactadoras, definiendo su función y sus posibles causas de averías futuras.

2.2.1.4. Investigación Bibliográfica

Este tipo de investigación permite recabar información relevante conforme al tema desarrollado, y que sirven de soporte y fundamento ante la ejecución de una propuesta, esta información corresponde a fuentes como artículos científicos, libros, investigaciones previas, etc.

2.2.2. Recolección de información

2.2.2.1. Documental

Consiste en la búsqueda de información perteneciente a artículos científicos, libros, normativas, hojas técnicas, etc., que permiten el entendimiento de las piezas mecánicas

que conforman las cajas compactadoras, así como también los detalles técnicos y normativos que permiten el desarrollo de un mantenimiento preventivo.

2.2.2.2. Observación

Este tipo de recolección de información permite tener contacto directo con el problema a analizar, permitiendo conocer detalles importantes para la propuesta de un mantenimiento, este permite conocer y verificar el estado actual de las cajas compactadoras de residuos sólidos, así como también su funcionamiento técnico.

2.2.2.3. Monitoreo

Permite el diagnóstico de los componentes de las cajas compactadoras, así como también el conocimiento de los mantenimientos previos realizados por diferentes causas, estos se encuentran por lo general en reportes de mantenimiento o fichas técnicas propias del dispositivo, es decir de las cajas compactadoras.

2.2.3. Plan de análisis

La figura 1 muestra una síntesis del plan de análisis que se realizó en el presente trabajo de investigación, donde se considera la revisión de reportes de monitoreo, el análisis de falla y la elaboración del plan de mantenimiento preventivo.

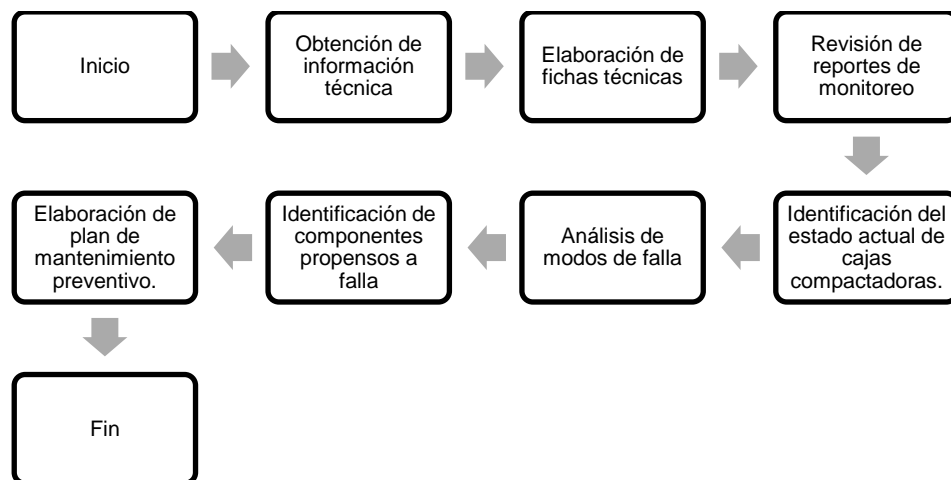


Figura 1. Proceso de elaboración de plan de mantenimiento preventivo

En la tabla 2 se presenta el análisis FODA del trabajo investigativo con el fin de determinar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas a las que tiene que enfrentarse el autor.

Tabla 2: Análisis FODA del trabajo investigativo

Fortalezas	Oportunidades
Es un proyecto que mejorará la gestión y calidad del servicio de recolección de desechos al proponer acciones de mantenimiento preventivo a las cajas compactadoras.	Generar el plan de mantenimiento preventivo para las cajas compactadoras en el municipio de Cayambe
Es un proyecto de interés institucional y municipal ya que proporciona información detallada de los planes de mantenimiento preventivo.	El GAD municipal de Cayambe y EMAPAAC EP tienen buena disponibilidad en la entrega de información, tanto documental como de los técnicos encargados.
Debilidades	Amenazas
Falta de apoyo económico durante las administraciones pasadas para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo de las cajas compactadoras para la recolección de desechos sólidos en el GADIP-Cayambe	Perder turnos de recolección de desechos sólidos en las rutas diarias en el Cantón Cayambe
Daños continuos en las cajas compactadoras, produciendo un costo económico elevado en el mantenimiento de las mismas.	Que no exista recolección de los desechos sólidos por averías de las cajas compactadoras.

2.2.4. Identificación del estado actual de las cajas compactadoras

Para la identificación del estado actual de las cajas compactadoras, es importante tener claro que son las cajas compactadoras, su función, el tipo de cajas compactadoras que son utilizadas en el municipio de Cayambe y el estado actual de las mismas, mediante la revisión documental, tanto de fuentes bibliográficas como de la información

proporcionada por EMAPAAC EP, y la inspección de campo. A partir de esto se establece el diagnóstico de las cinco cajas compactadoras usadas.

Cajas compactadoras

Las compactadoras de residuos sólidos son máquinas que tienen el fin de comprimir los desechos, disminuyendo el volumen de los mismos y permitiendo que su gestión sea más sencilla y eficiente. Son equipos que contribuyen a un buen manejo de los residuos, por lo que hoy en día se los usa en prácticamente la mayoría de las organizaciones y empresas encargadas de la gestión y recolección de desechos [3].

Las cajas compactadoras adquiridas por el Municipio de Cayambe son ligeras y pueden manejar cualquier ruta residencial, su estructura se muestra en la figura 2 y Tabla 3. Tienen un compacto fuerte, y están diseñados para maniobrar en lugares estrechos y vueltas cerradas. El rápido tiempo de compactación maximiza la eficiencia al mantener la tolva libre en todo momento, ahorrando tiempo en las rutas densamente pobladas[8].

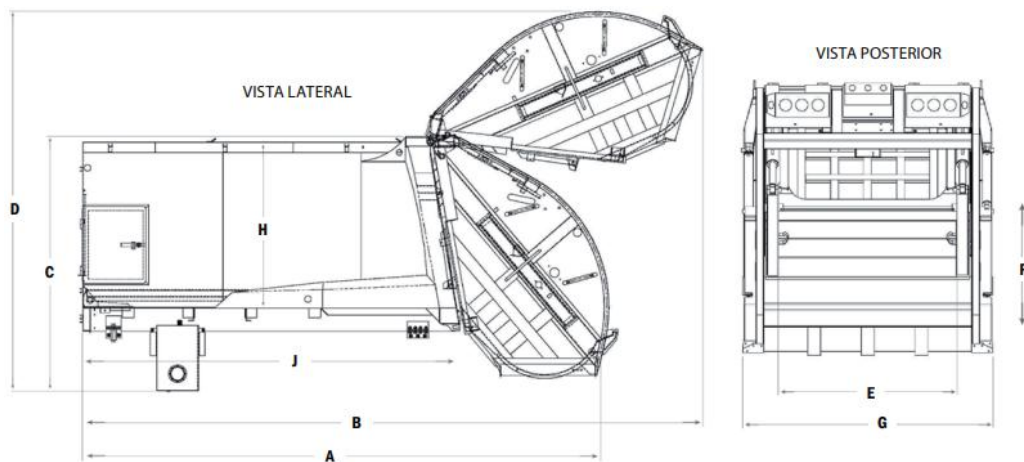


Figura 2: Diseño mecánico de una caja compactadora de un camión recolector de residuos sólidos de Cayambe [8].

Tabla 3: Dimensiones de la caja compactadora del camión recolector de residuos sólidos de Cayambe [8].

Dimensiones										
Descripción	10.7 m3		13 m3		15.3 m3		16.8 m3		19.1 m3	
(A)Largo total, Compuerta trasera cerrada	4775 mm	188 in	5359 mm	211 in	5918 mm	233 in	6147 mm	242 in	6960 mm	274 in
(B)Largo Total, Compuerta Levantada	5486 mm	216 in	6071 mm	239 in	6629 mm	261 mm	6858 mm	270 in	7696 mm	303 in
(C)Altura total compuerta trasera cerrada	2591 mm	102 in	2591 mm	102 in	2591 mm	102 in	2591 mm	102 in	2591 mm	102 in
(D)Altura total compuerta trasera levantada	3785 mm	149 in	3785 mm	149 in	3785 mm	149 in	3785 mm	149 in	3785 mm	149 in
(E)Ancho dentro de la tolva	3020 mm	80 in	2032 mm	80 in	2032 mm	80 in	2032 mm	80 in	2032 mm	80 in
(F)Altura de apertura de la tolva	1549 mm	61 in	1549 mm	61 in	1549 mm	61 in	1549 mm	61 in	1549 mm	61 in
(G)Ancho total con escalones	2591 mm	102 in	2591 mm	102 in	2591 mm	102 in	2591 mm	102 in	2591 mm	102 in

Este tipo de cajas compactadoras son las utilizadas por el municipio de Cayambe en la gestión de residuos sólidos; cuentan con 5 camiones recolectores con su respectiva caja compactadora, las cuales están conformadas como muestra la figura 3, figura 4 y la Tabla 4:

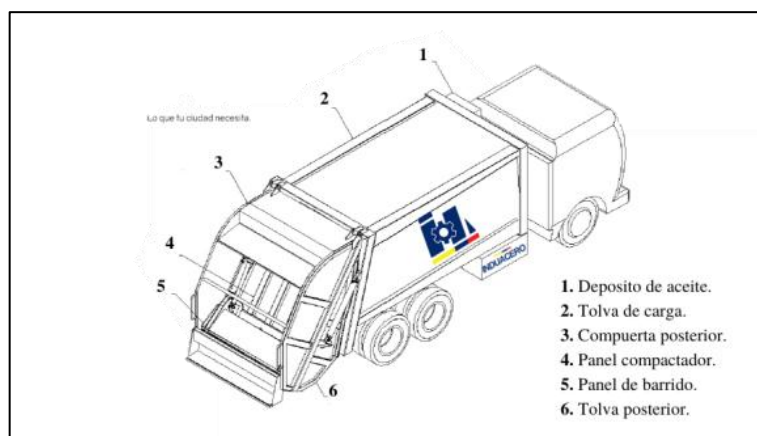


Figura 3: Componentes externos de la caja compactadora [9].

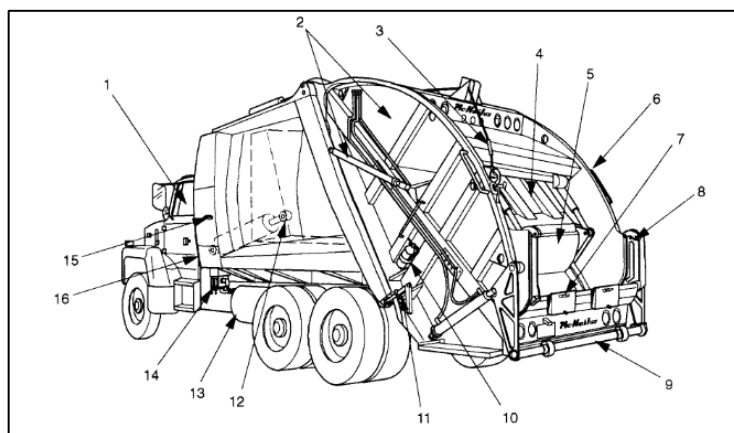


Figura 4: Detalle de los sistemas de la caja compactadora [9].

Tabla 4: Descripción de los sistemas que conforman la caja compactadora [9].

Número de referencias	Descripción del sistema
1	Controles internos de la cabina
2	Compuerta de cola y cilindro
3	Torno y polea de cable (Opcional)
4	Panel del deslizador
5	Panel trasero
6	Controles hidráulicos traseros
7	Volcador de carritos residenciales (opcional)
8	Guía de contenedores comerciales (opcional)
9	Volcador de contenedores comerciales (opcional)
10	Extintor de incendios (una ubicación típica)
11	Torniquete de la compuerta de cola
12	Eyector y cilindro
13	Deposito hidráulico y sistema de filtro de aire (puede estar montado del lado derecho o izquierdo del compactador o al frente de la carrocería)
14	Controles hidráulicos delanteros
15	Puerta de acceso lateral
16	Reguladores de la presión del empujador y arrastre, se encuentra debajo de la esquina trasera de la cabina

Las fichas técnicas que se muestran en las tablas 5, 6, 7, 8 y 9 muestran la información detallada de las características de las cinco cajas compactadoras, considerando que dos de ellas (CC01 y CC02) fueron adquiridas por el Municipio de Cayambe en el año 2019, por lo que están en funcionamiento 5 años. Las otras dos cajas (CC03 y CC04) fueron adquiridas en el año 2011, y en abril de 2022 fueron sometidas a una repotenciación para

alargar su vida útil, por lo que ya se encuentran en funcionamiento 12 años. Por último, la caja compactadora CC05 fue adquirida en el año 2007, la misma que se repotenció en abril de 2022; esta última masa compactadora actualmente se encuentra fuera de funcionamiento debido a que presenta fallos mecánicos incluso después de su repotenciación.

Tabla 5: Ficha Técnica – Caja recolectora 1

		EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y ASEO DE CAYAMBE		
FICHA TÉCNICA NÚMERO		CC01		
CARACTERÍSTICAS GENERALES				
Equipo	CARGADOR TRASERO METRO -PAK			
Código	EMAPAAC-CTMP01			
Marca	Mc Neilus			
Modelo	Metro Pak			
Color	Blanco			
Procedencia	Colombia – Bogotá			
Ruta de recolección	Ruta 1 (Anexo C)			
Cuenta con Ficha técnica del fabricante	Si			
Año	2019			
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		Función		
Carrocería - Piso	4 mm AR200 (calibre 10) 19.1 m3: 5mm AR 200 (3 / 16 in)	Comprimir el residuo que entra haciéndolo más pequeño y permitiendo la entrada de más cantidad de residuo.		
Carrocería - Paredes laterales	4 mm AR200 (calibre 10)			
Carrocería - Techo	4 mm AR200 (calibre 10)			
Tolva – Capacidad	1.9 m3			
Tolva – Lados	4mm A715 Acero de alta resistencia calibre 10			
Tolva – Piso	6mm AR200			
Compactador Expulsor – Placa de cara corredora	4mm Acero de alta resistencia grado 50 (calibre 10)			
Compactador Expulsor –Placa de la cara de barrido	5 mm AR200			
Compactador Expulsor –Tira de borde el compactador	6 mm AR200			
Compactador Expulsor – Zapatas del expulsor	305 mm x 102 mm x 64 mm			
Compuerta trasera – paredes	4 mm acero de alta resistencia grado 50 (calibre 10)			
Compuerta trasera - Tiras de desgaste	6 mm AR400			
Hidráulico – bomba	Bomba comercial de engranes Parker			
Hidráulico – Válvulas de control	Parker VA20 y VA35			
Hidráulico – Depósito de aceite	551 L			
Hidráulico – Filtro	Colador de succión de malla 100			
Cilindros – Expulsor	15-metros, 3-etapas: 165 mm x 140mm x 102mm x 89mm x 93 mm x carrera 2470mm (6-1/2 in. x 5-1/2 in. x 4 in. x 3-1/2 in. x 3-17/25 in. x 97-1/4 in.)			
Cilindros - corredora	Orificio 108 mm x varilla 51 mm x carrera 673 mm			
Cilindros - Barrido	Orificio 102 mm x varilla 64 mm x carrera 546 mm			
Cilindros - compuerta trasera	Orificio 76 mm x varilla 64 mm x carrera 794 mm			

Tabla 6: Ficha Técnica – Caja recolectora 2


		EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y ASEO DE CAYAMBE	
FICHA TÉCNICA NÚMERO		CC02	
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
Equipo	CARGADOR TRASERO METRO -PAK		
Código	EMAPAAC-CTMP02		
Marca	Mc Neilus		
Modelo	Metro Pak		
Color	Blanco		
Procedencia	Colombia – Bogotá		
Ruta de recolección	Ruta 2 (Anexo C)		
Cuenta con Ficha técnica del fabricante	Si		
Año	2019		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			Función
Carrocería - Piso	4 mm AR200 (calibre 10) 19.1 m3: 5mm AR 200 (3 / 16 in)	Comprimir el residuo que entra haciéndolo más pequeño y permitiendo la entrada de más cantidad de residuo.	
Carrocería - Paredes laterales	4 mm AR200 (calibre 10)		
Carrocería - Techo	4 mm AR200 (calibre 10)		
Tolva – Capacidad	1.9 m3		
Tolva – Lados	4mm A715 Acero de alta resistencia calibre 10		
Tolva – Piso	6mm AR200		
Compactador Expulsor – Placa de cara corredora	4mm Acero de alta resistencia grado 50 (calibre 10)		
Compactador Expulsor –Placa de la cara de barrido	5 mm AR200		
Compactador Expulsor –Tira de borde el compactador	6 mm AR200		
Compactador Expulsor – Zapatas del expulsor	305 mm x 102 mm x 64 mm		
Compuerta trasera – paredes	4 mm acero de alta resistencia grado 50 (calibre 10)		
Compuerta trasera - Tiras de desgaste	6 mm AR400		
Hidráulico – bomba	Bomba comercial de engranes Parker		
Hidráulico – Válvulas de control	Parker VA20 y VA35		
Hidráulico – Depósito de aceite	551 L		
Hidráulico – Filtro	Colador de succión de malla 100		
Cilindros – Expulsor	15-metros, 3-etapas: 165 mm x 140mm x 102mm x 89mm x 93 mm x carrera 2470mm (6-1/2 in. x 5-1/2 in. x 4 in. x 3-1/2 in. x 3-17/25 in. x 97-1/4 in.)		
Cilindros - corredora	Orificio 108 mm x varilla 51 mm x carrera 673 mm		
Cilindros - Barrido	Orificio 102 mm x varilla 64 mm x carrera 546 mm		
Cilindros - compuerta trasera	Orificio 76 mm x varilla 64 mm x carrera 794 mm		

Tabla 7: Ficha Técnica – Caja recolectora 3





		EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y ASEO DE CAYAMBE	
FICHA TÉCNICA NÚMERO			CC03
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
Equipo	CARGADOR TRASERO METRO -PAK		
Código	EMAPAAC-CTMP03		
Marca	Mc Neilus		
Modelo	Metro Pak		
Color	Blanco		
Procedencia	Colombia – Bogotá		
Ruta de recolección	Ruta 3 (Anexo C)		
Cuenta con Ficha técnica del fabricante	No		
Año	2011		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
Carrocería - Piso	4 mm AR200 (calibre 10) 19.1 m ³ ; 5mm AR 200 (3 / 16 in)		Comprimir el residuo que entra haciéndolo más pequeño y permitiendo la entrada de más cantidad de residuo.
Carrocería - Paredes laterales	4 mm AR200 (calibre 10)		
Carrocería - Techo	4 mm AR200 (calibre 10)		
Tolva – Capacidad	1.9 m ³		
Tolva – Lados	4mm A715 Acero de alta resistencia calibre 10		
Tolva – Piso	6mm AR200		
Compactador Expulsor – Placa de cara corredora	4mm Acero de alta resistencia grado 50 (calibre 10)		
Compactador Expulsor –Placa de la cara de barrido	5 mm AR200		
Compactador Expulsor –Tira de borde el compactador	6 mm AR200		
Compactador Expulsor – Zapatas del expulsor	305 mm x 102 mm x 64 mm		
Compuerta trasera – paredes	4 mm acero de alta resistencia grado 50 (calibre 10)		
Compuerta trasera - Tiras de desgaste	6 mm AR400		
Hidráulico – bomba	Bomba comercial de engranes Parker		
Hidráulico – Válvulas de control	Parker VA20 y VA35		
Hidráulico – Depósito de aceite	551 L		
Hidráulico – Filtro	Colador de succión de malla 100		
Cilindros – Expulsor	13-metros, 3-etapas: 159 mm x 133 mm x 108mm x 93mm x carrera 1930 mm (6-1/4 in. x 5-1/4 in. x 4-1/4 x 3-17/25 x 76 in.)		
Cilindros - corredora	Orificio 108 mm x varilla 51 mm x carrera 673 mm		
Cilindros - Barrido	Orificio 102 mm x varilla 64 mm x carrera 546 mm		
Cilindros - compuerta trasera	Orificio 76 mm x varilla 64 mm x carrera 794 mm		

Tabla 8: Ficha Técnica – Caja recolectora 4

		EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y ASEO DE CAYAMBE	
FICHA TÉCNICA NÚMERO		CC04	
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
Equipo	CARGADOR TRASERO METRO -PAK		
Código	EMAPAAC-CTMP01		
Marca	Mc Neilus		
Modelo	Metro Pak		
Color	Blanco		
Procedencia	Colombia – Bogotá		
Ruta de recolección	Ruta 4 (Anexo C)		
Cuenta con Ficha técnica del fabricante	No		
Año	2011		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		Función	
Carrocería - Piso	4 mm AR200 (calibre 10) 19.1 m3: 5mm AR 200 (3 / 16 in)	Comprimir el residuo que entra haciéndolo más pequeño y permitiendo la entrada de más cantidad de residuo.	
Carrocería - Paredes laterales	4 mm AR200 (calibre 10)		
Carrocería - Techo	4 mm AR200 (calibre 10)		
Tolva – Capacidad	1.9 m3		
Tolva – Lados	4mm A715 Acero de alta resistencia calibre 10		
Tolva – Piso	6mm AR200		
Compactador Expulsor – Placa de cara corredora	4mm Acero de alta resistencia grado 50 (calibre 10)		
Compactador Expulsor –Placa de la cara de barrido	5 mm AR200		
Compactador Expulsor –Tira de borde el compactador	6 mm AR200		
Compactador Expulsor – Zapatas del expulsor	305 mm x 102 mm x 64 mm		
Compuerta trasera – paredes	4 mm acero de alta resistencia grado 50 (calibre 10)		
Compuerta trasera - Tiras de desgaste	6 mm AR400		
Hidráulico – bomba	Bomba comercial de engranes Parker		
Hidráulico – Válvulas de control	Parker VA20 y VA35		
Hidráulico – Depósito de aceite	551 L		
Hidráulico – Filtro	Colador de succión de malla 100		
Cilindros – Expulsor	13-metros, 3-etapas: 159 mm x 133 mm x 108mm x 93mm x carrera 1930 mm (6-1/4 in. x 5-1/4 in. x 4-1/4 x 3-17/25 x 76 in.)		
Cilindros - corredora	Orificio 108 mm x varilla 51 mm x carrera 673 mm		
Cilindros - Barrido	Orificio 102 mm x varilla 64 mm x carrera 546 mm		
Cilindros - compuerta trasera	Orificio 76 mm x varilla 64 mm x carrera 794 mm		

Tabla 9: Ficha Técnica – Caja recolectora 5

		EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y ASEO DE CAYAMBE		
FICHA TÉCNICA NÚMERO		CC05		
CARACTERÍSTICAS GENERALES				
Equipo	CARGADOR TRASERO METRO -PAK			
Código	EMAPAAC-CTMP05			
Marca	Mc Neilus			
Modelo	Metro Pak			
Color	Blanco			
Procedencia	Colombia – Bogotá			
Ruta de recolección	Sin Ruta (Fuera de Operación)			
Cuenta con Ficha técnica del fabricante	No			
Año	2007			
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		Función		
Carrocería - Piso	4 mm AR200 (calibre 10) 19.1 m ³ : 5mm AR 200 (3 / 16 in)	Comprimir el residuo que entra haciéndolo más pequeño y permitiendo la entrada de más cantidad de residuo.		
Carrocería - Paredes laterales	4 mm AR200 (calibre 10)			
Carrocería - Techo	4 mm AR200 (calibre 10)			
Tolva – Capacidad	1.9 m ³			
Tolva – Lados	4mm A715 Acero de alta resistencia calibre 10			
Tolva – Piso	6mm AR200			
Compactador Expulsor – Placa de cara corredora	4mm Acero de alta resistencia grado 50 (calibre 10)			
Compactador Expulsor –Placa de la cara de barrido	5 mm AR200			
Compactador Expulsor –Tira de borde el compactador	6 mm AR200			
Compactador Expulsor – Zapatas del expulsor	305 mm x 102 mm x 64 mm			
Compuerta trasera – paredes	4 mm acero de alta resistencia grado 50 (calibre 10)			
Compuerta trasera - Tiras de desgaste	6 mm AR400			
Hidráulico – bomba	Bomba comercial de engranes Parker			
Hidráulico – Válvulas de control	Parker VA20 y VA35			
Hidráulico – Depósito de aceite	551 L			
Hidráulico – Filtro	Colador de succión de malla 100			
Cilindros – Expulsor	13-metros, 3-etapas: 159 mm x 133 mm x 108mm x 93mm x carrera 1930 mm (6-1/4 in. x 5-1/4 in. x 4-1/4 x 3-17/25 x 76 in.)			
Cilindros - corredora	Orificio 108 mm x varilla 51 mm x carrera 673 mm			
Cilindros - Barrido	Orificio 102 mm x varilla 64 mm x carrera 546 mm			
Cilindros - compuerta trasera	Orificio 76 mm x varilla 64 mm x carrera 794 mm			

En la tabla 11 se muestra el diagnóstico de las cajas compactadoras actualmente operativas y no operativas dentro del proceso de recolección de desechos sólidos del municipio de Cayambe, según la información levantada en campo expuesta en el Anexo A. Para su monitoreo se consideró una escala de tres niveles, como se muestra en la tabla 10, para evaluar las piezas que conforman la caja compactadora.

Tabla 10: Escala de evaluación del estado operativo de piezas.

Descripción	Escala
Mal estado	1
Estado regular	2
Buen estado	3

Tabla 11: Levantamiento de información del estado actual de las cajas compactadoras

C	Partes y sistemas	Caja Compactadora					Total	Estado Operativo
		CC01	CC02	CC03	CC04	CC05		
1	Carrocería - Piso	3	3	2	2	2	12	80,0%
2	Carrocería - Paredes laterales	3	3	2	2	2	12	80,0%
3	Carrocería - Techo	3	3	2	2	2	12	80,0%
4	Tolva – Lados	3	3	1	1	1	9	60,0%
5	Tolva - Piso	3	3	1	1	1	9	60,0%
6	Compactador Expulsor – Placa de cara corredora	3	3	2	2	2	12	80,0%
7	Compactador Expulsor –Placa de la cara de barrido	3	3	2	2	2	12	80,0%
8	Compactador Expulsor –Tira de borde el compactador	3	3	2	2	2	12	80,0%
9	Compactador Expulsor –Zapatillas del expulsor	3	3	2	2	2	12	80,0%
10	Compuerta trasera – paredes	2	3	2	2	2	11	73,3%
11	Compuerta trasera - Tiras de desgaste	2	3	2	2	2	11	73,3%

C	Partes y sistemas	Caja Compactadora					Total	Estado Operativo
12	Hidráulico – bomba	3	3	1	1	1	9	60,0%
13	Hidráulico – Válvulas de control	3	3	1	1	1	9	60,0%
14	Hidráulico – Depósito de aceite	3	3	1	1	1	9	60,0%
15	Hidráulico – Filtro	2	3	1	1	1	8	53,3%
16	Cilindros – Expulsor	3	3	3	2	1	12	80,0%
17	Cilindros - corredora	3	3	3	2	1	12	80,0%
18	Cilindros - Barrido	3	3	3	3	1	13	86,7%
19	Cilindros - compuerta trasera	3	3	3	3	1	13	86,7%
	Total	54	57	36	34	28		
	Estado operativo por caja compactadora	93,1%	98,3%	62,1%	58,6%	48,3%		

Nota: Resultados obtenidos a través de la inspección en campo de las cajas recolectoras del municipio de Cayambe que se muestran en los anexos A1, A2, A3, A4, A5.

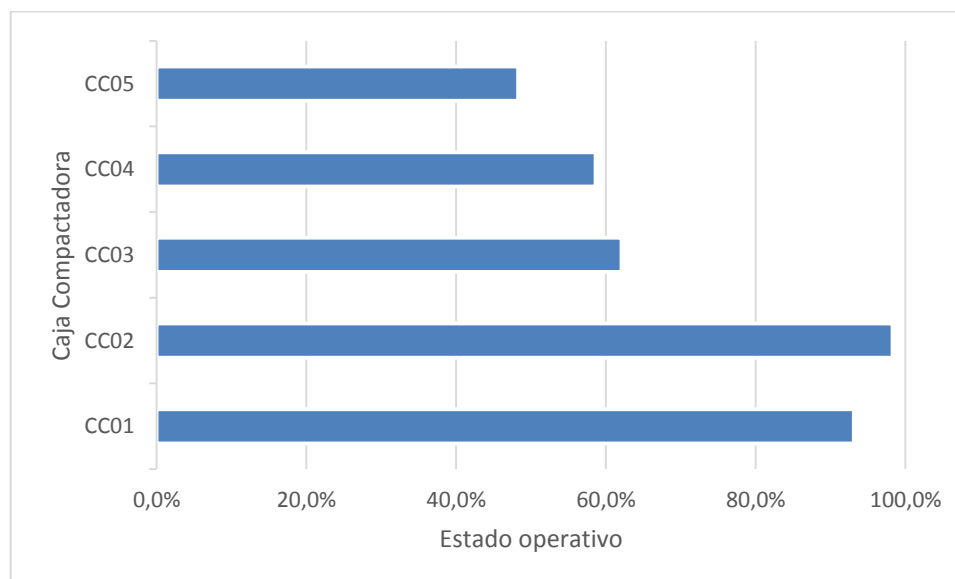


Figura 5: Estado Operativo Actual de las Cajas Compactadoras según los resultados obtenidos a través de la inspección en campo de las cajas recolectoras del municipio de Cayambe que se muestran en los anexos A1, A2, A3, A4, A5.

La figura 5 muestra que la caja compactadora CC02 es la que presenta el mayor estado operativo con un 98,3%, seguido de la caja CC01 con un 93,1%; estas cajas compactadoras fueron adquiridas en el año 2019. Las cajas compactadoras CC03 Y

CC04 presentan menores porcentajes con el 63,1% y 58,6%; las cuatro cajas compactadoras actualmente están operativas y en funcionamiento; finalmente la caja CC05 es la que menor estado operativo tiene con el 48,3% debido a que su vida útil ha sido triplicada, por lo que actualmente está fuera de operación.

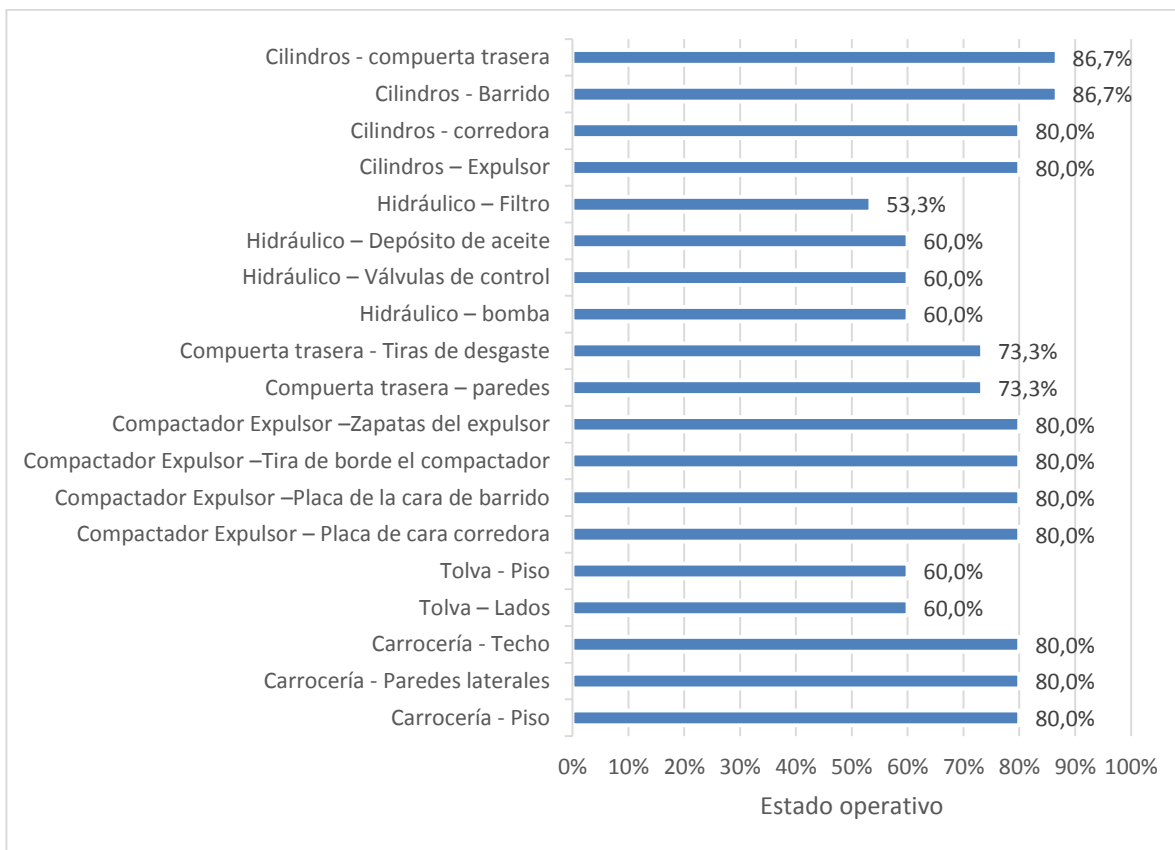


Figura 6: Estado Operativo Actual de las piezas de las Cajas Compactadoras según los resultados obtenidos a través de la inspección en campo de las cajas recolectoras del municipio de Cayambe que se muestran en los anexos A1, A2, A3, A4, A5.

Como expone la figura 6, el diagnóstico global de cada una de las piezas de las cajas compactadoras describe que el sistema hidráulico (filtro, depósito de aceite, bomba, válvulas de control), y la tolva (piso y lados) son las piezas que presentan mayores fallos, seguida por la compuerta trasera (tiras de desgaste y paredes) con un 73,3%; la principal causa de fallo se debe a la presencia de lixiviados que corroen a las piezas metalizas y el tiempo de operación de válvulas y mangueras en el sistema hidráulico que

provoca fugas de aceite. Las matrices de inspección de campo en el anexo A presenta el diagnostico a mayor detalle.

2.2.4.1. Análisis de modos de falla, efectos y criticidad con el método AMFEC

El análisis de modo y efecto de falla (FMEA) y el análisis de modos de efecto, falla y criticidad (AMFEC) son metodologías diseñadas para identificar posibles modos de falla para un equipo, producto o proceso, para evaluar el riesgo asociado con esos modos de falla, clasificar los problemas en términos de importancia e identificar y llevar a cabo acciones correctivas para abordar las preocupaciones más serias [10].

Aunque el propósito, la terminología y otros detalles pueden variar según el tipo, la metodología básica es similar para todos. En general, el AMFEC requiere la identificación de la siguiente información básica:

- Elemento(s)
- Funcione(s)
- Falla(s)
- Efecto(s) de la falla
- Causa(s) de falla
- Control(es) actual(es)
- Accione(s) recomendada(s)

Existen varias formas modificadas de la técnica AMFEC, donde la metodología que se sigue en el presente trabajo técnico se integra las actividades que muestra la figura 7:

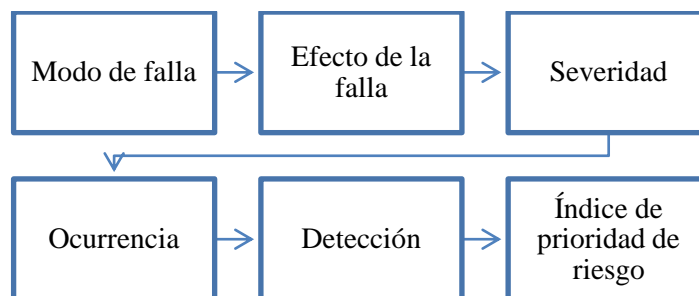


Figura 7: Componentes de la técnica de AMFEC

2.3. Análisis AMFE

A continuación, se presenta el análisis AMFEC realizada para cada una de las 19 piezas identificadas en las cajas compactadoras; las cajas compactadoras CC01, CC02, CC03 y CC04. Para la caja CC05 no se realizó un análisis AMFEC ya que actualmente se encuentra fuera de uso como se explicó en el capítulo anterior.

Para la determinación de los valores de Frecuencia, Gravedad y Detectabilidad en la matriz AMFEC, se utilizará la escala de valoración cualitativa que se muestra en el Anexo D, los cuales se detallan a continuación:

Severidad (S)

La severidad muestra la ocurrencia de la falla en el sistema, lo cual va a depender de la persona que clasifica el daño. Para realizar el análisis se debe considerar el daño máximo esperado. Después de que todos los modos de falla y sus efectos en el sistema hayan sido documentados en el AMFEC, se necesita proporcionar una clasificación del efecto en la misión para cada modo de falla. Se debe asegurar de que, antes de asignar estas clasificaciones, se completen todas las columnas anteriores del AMFEC. Esto ayudará al analista a asignar cada clasificación de gravedad en relación con las demás. Esta clasificación se utilizará más adelante en el análisis de criticidad para establecer clasificaciones relativas de "gravedad" de todos los posibles modos de falla [11].

(1) Cada modo de falla de elemento se evalúa en términos de las peores consecuencias potenciales sobre el nivel del sistema que puede resultar de la falla del elemento. Se debe asignar una clasificación de gravedad a cada nivel del efecto de fallo del sistema; una clasificación más baja indica un efecto de falla menos severo, y una clasificación más alta indica una mayor gravedad de efecto de falla. Las clasificaciones de gravedad proporcionan una medida cualitativa de las peores consecuencias potenciales como resultado de la falla de un elemento.

(2) Se asigna una clasificación de gravedad a cada modo de falla identificado y cada elemento se analiza de acuerdo con las categorías de la tabla 5.

Tabla 12: Descripción de los niveles de severidad. [11].

Nivel	Efecto	Descripción
1	Ninguno	No hay razón para esperar que la falla tenga algún efecto sobre la seguridad, la salud, el medio ambiente o su función
2	Muy bajo	Interrupción menor del funcionamiento de la instalación. La reparación de fallas se puede lograr de una manera sencilla
3	Bajo	Interrupción menor de la función de la instalación. La reparación de la falla puede ser más complicada pero no retrasa sus funciones.
4	Bajo a moderado	Interrupción moderada del funcionamiento de las instalaciones. Es posible que una parte de las actividades necesiten volverse a hacer o retrasar el proceso.
5	Moderado	Interrupción moderada del funcionamiento de las instalaciones. El 100% de las actividades pueden necesitar ser realizadas nuevamente
6	Moderado a alto	Interrupción moderada a alta en el funcionamiento de las instalaciones. Una parte de su funcionalidad se pierde. Retraso moderado en la restauración de la función.
7	Alta	Interrupción alta del funcionamiento de las instalaciones. Una parte de la funcionalidad se pierde. Importante retraso en la restauración de la función
8	Muy alta	Toda la Misión está perdida. Retraso importante en la función restauradora.
9	Peligro Potencial	Problema de seguridad, salud o medio ambiente. La falla ocurrirá con una advertencia
10	Peligro potencial	Problema de seguridad, salud o medio ambiente. La falla ocurrirá sin advertencia

(3) Aunque esta tabla se puede utilizar para un análisis cualitativo (sin datos) o cuantitativo (con datos), algunas instalaciones pueden elegir las siguientes categorías para asignar otro formato para el análisis de criticidad cuantitativa utilizando para "marcar" a los analistas para elementos de alta severidad. No es recomendable utilizar este método para clasificar la gravedad en un análisis cualitativo [11].

Ocurrencia (O)

La clasificación de ocurrencia es un método utilizado para asignar subjetivamente una tasa de falla de un equipo o componente. Cada paso en la clasificación corresponderá a una tasa de falla estimada basada en la experiencia del analista con equipos y en un entorno similar. Una tasa de falla conocida se puede comparar con una clasificación de ocurrencia, lo que permite un análisis completo de un sistema que no tiene información sobre la tasa de falla y el modo de falla en cada elemento o componente [11].

En este tipo de análisis se utilizan datos de tasas de falla conocidas, y no solo agrega mérito a la clasificación del equipo con datos de falla, sino que también agrega mérito a las clasificaciones de ocurrencia de equipos desconocidos al proporcionar puntos de referencia dentro de la escala de clasificación. Estos valores establecerán la probabilidad cualitativa del nivel de falla según la frecuencia de ocurrencia, que pueden ser horas, días, ciclos, etc. Como se muestra en la tabla 6 [11].

Tabla 13: Descripción de los niveles de ocurrencia [11].

Nivel	Tasa de fracaso	Descripción
1	1/10000	Probabilidad remota de ocurrencia; irrazonable esperar que ocurra una falla
2	1/5000	Tasa de fallas muy baja. Similar al diseño anterior que ha tenido bajas tasas de falla para volumen/carga dados
3	1/2000	Baja tasa de fallas basada en un diseño similar para volúmenes/cargas dados
4	1/1000	Tasa de fallas ocasionales. Similar al diseño anterior que ha tenido tasas de falla similares para volumen/carga dados
5	1/500	Tasa de falla moderada. Similar al diseño anterior que tiene tasas de falla moderadas para volumen/carga dados
6	1/200	Tasa de falla moderada a alta. Similar al diseño anterior con tasas de falla moderadas para un volumen/carga determinada
7	1/100	Alta tasa de fallas. Similar al diseño anterior con fallas frecuentes que causaron problemas

Nivel	Tasa de fracaso	Descripción
8	1/50	Alta tasa de fallas. Similar al diseño anterior con fallas frecuentes que causaron problemas
9	1/20	Tasa de fracaso muy alta. Casi seguro que causará problemas
10	1/10+	Tasa de fracaso muy alta. Casi seguro que causará problemas

Detección

Esta variable consiste en que probable es que cualquier fallo que se presente en el equipo o sistema pueda ser detectado por el operador, y pueda generar consecuencias negativas en el proceso que realiza. Cuanto mayor sea el tiempo de detección del fallo y más difícil sea detectar el mismo, los daños serán más severos, como se muestra en la tabla 7 [11].

Tabla 14: Descripción de los niveles de detección [11].

Nivel	Detección	Descripción
1	Casi seguro	Control(es) actual(es) casi seguro(s) de detectar el modo de falla. Los controles confiables son conocidos con procesos similares.
2	Muy alta	Muy alta probabilidad de que los controles de corriente detecten el modo de falla
3	Alta	Alta probabilidad de que los controles actuales detecten el modo de falla
4	Moderadamente alta	Probabilidad moderadamente alta de que los controles actuales detecten el modo de falla
5	Moderada	Probabilidad moderada de que los controles actuales detecten el modo de falla
6	Baja	Los controles de corriente de baja probabilidad detectarán el modo de falla
7	Muy baja	Muy baja probabilidad de que los controles de corriente detecten el modo de falla

Nivel	Detección	Descripción
8	Remota	Los controles de corriente de probabilidad remota detectarán el modo de falla
9	Muy remota	Muy remota probabilidad de que los controles actuales detecten el modo de falla
10	Casi imposible	No se conocen controles disponibles para detectar el modo de falla

En base a las tablas 12, 13 y 14 se evaluó cada componente de las cajas compactadoras, cuyo proceso se realizó con el apoyo del técnico mecánico de EMAPAAC-EP.

Para la determinación del índice de prioridad de riesgos (IPR) se realiza el siguiente calculo:

$$IPR = F \times G \times D$$

Ecuación 1

Dónde:

F=Frecuencia

G=Gravedad

D=Detectabilidad

En la Tabla 15 se muestra el análisis completo AMFEC de los componentes de la caja compactadora.

Tabla 15: Análisis AMFEC CC01 y CC02

MATRIZ AMFEC										
N°	Componente	Función	Modo de Fallo	Causa Raíz	Efecto	F	G	D	IPR	Recomendación
1	Carrocería - Piso	Estructura básica metálica que recubre los diversos componentes funcionales de la caja compactadora	Desgaste del piso metálico	Exposición a lixiviados de la basura	Fisuras y zonas corroídas	4	4	3	48	Inspección y revisión en taller mecánico Reforzamiento de paredes con lamina metálica AR400 6mm
2	Carrocería - Paredes laterales		Desgaste de paredes laterales metálicas	Exposición a lixiviados de la basura	Fisuras y zonas corroídas	4	5	1	20	Inspección y revisión en taller mecánico Reforzamiento de paredes con lamina metálica AR400 6mm
3	Carrocería - Techo		Desgaste de techo metálico	Exposición a lixiviados de la basura	Fisuras y zonas corroídas	4	4	6	96	Inspección y revisión en taller mecánico Reforzamiento de paredes con lamina metálica AR400 6mm
4	Tolva – Lados	Gran contenedor metálico con forma piramidal que tienen la capacidad de recepción y	Desgaste de lados de la tolva	Exposición a golpes de solidos pesados desechados y lixiviados	Fisuras	7	7	4	196	Reforzamiento con Plancha anti-desgaste Charonit 500HB de 4mm

MATRIZ AMFEC										
N°	Componente	Función	Modo de Fallo	Causa Raíz	Efecto	F	G	D	IPR	Recomendación
5	Tolva - Piso	contención de los residuos sólidos para su compresión	Desgaste del piso de la tolva	Exposición a golpes de solidos pesados desechados y lixiviados	Fisuras	7	7	4	196	Reforzamiento con Plancha anti-desgaste Charonit 500HB de 4mm
6	Compactador Expulsor – Placa de cara corredora	Placa metálica que permite la compresión de basura en grandes cantidades	Desgaste de la placa corredora	Contacto con material duro como materiales de construcción y escombros en general	Fisuras	3	7	4	84	Evitar cargar materiales duros de difícil compresión
7	Compactador Expulsor – Placa de la cara de barrido	Placa metálica que barre residuos sólidos hacia dentro de la caja de compactación	Desgaste de la cara de barrido	Contacto con material duro como materiales de construcción y escombros en general	Fisuras	3	6	6	108	Evitar cargar materiales duros de difícil compresión
8	Compactador Expulsor – Tira de borde el compactador	Riel metálico que sirve de apoyo, dirección en el movimiento de la placa de compactación	Desgaste	Acumulación de residuos alrededor de la tira de borde	Corrosión de la tira de borde y mal funcionamiento del compactador-expulsor	6	7	3	126	Limpiar los alrededores de la tira de borde de los residuos sólidos incrustados.

MATRIZ AMFEC										
N°	Componente	Función	Modo de Fallo	Causa Raíz	Efecto	F	G	D	IPR	Recomendación
9	Compactador Expulsor – Zapatas del expulsor	Amortiguamiento para el contacto entre placa de compactación y base de la caja compactadora	Desgaste de la superficie de la zapata	Continuo contacto y compresión con la base de la caja compactadora	Contacto directo y sin amortiguamiento de partes metálicas	4	7	3	84	Cambio de zapatas y revisión en taller mecánico
10	Compuerta trasera – paredes	Estructura metálica de abertura y cierre de la caja compactadora	Desgaste de paredes metálicas	Exposición a residuos sólidos y ambiente	Corrosión metálica y desgaste de pintura	2	7	1	14	Limpieza de compuerta y mantenimiento de pintura anticorrosivas de partes metálicas
11	Compuerta trasera - Tiras de desgaste	Riel metálico que sirve de apoyo, dirección en el movimiento de la compuerta trasera	Desgaste de tiras de desgaste	Constante rozamiento entre partes móviles metálicos	Compuerta no cierra	3	7	1	21	Lubricación de rieles y mantenimiento en taller mecánico
12	Hidráulico – bomba	produce el flujo requerido para la creación de presión, que es una función de resistencia de flujo de fluidos en el sistema hidráulico, permitiendo movimiento de componentes móviles.	Mal funcionamiento o daño total de la bomba	Uso constante del sistema hidráulico de la caja compactadora	No bombea aceite hidráulico a partes móviles por lo que no se mueven dichas partes, fuga de vacío	7	10	2	140	Cambio de bomba hidráulica Revisar nivel de aceite hidráulico Servicio y reparación en taller

MATRIZ AMFEC										
N°	Componente	Función	Modo de Fallo	Causa Raíz	Efecto	F	G	D	IPR	Recomendación
13	Hidráulico – Válvulas de control	Controla el flujo del fluido necesario para el movimiento de componentes móviles	Válvula de corte cerrada	Fallo del sistema de encendido de válvulas de control	No existe función hidráulica	7	10	2	140	Revisar nivel de aceite hidráulico Inspección y revisión en taller mecánico
14	Hidráulico – Depósito de aceite	Almacenamiento del fluido necesario para el sistema hidráulico	Fisura de la caja de almacenamiento de aceite hidráulico Falta de aceite	Golpe o desgaste del depósito de aceite	Fuga de aceite hidráulico y falla en sistema hidráulico	6	7	3	126	Proteger zona de depósito de aceite con un recubrimiento metálico resistente Inspección y revisión en taller mecánico
15	Hidráulico – Filtro	Protección de componentes del sistema hidráulico mediante filtración del aceite antes y después de fluir a cada componente móvil	Taponamiento de filtro	Fin de vida útil de filtro de aceite, uso de aceite con residuos e impurezas	Fallo de funcionamiento del sistema hidráulico	7	10	2	140	Cambio de filtro y aceite según ficha técnica Inspección y revisión en taller mecánico
16	Cilindros – Expulsor	Estructura metálica móvil que retrae placa metálica de compresión	Atascamiento de cilindro	Partes móviles tienen choque y rozamiento	Cilindro expulsor se mueve con dificultad y lentitud	7	7	2	98	Lubricación de cilindro Inspección y revisión en taller mecánico
17	Cilindros - corredora	Estructura metálica móvil que contrae	Atascamiento del cilindro	Partes móviles tienen choque	Cilindro de corredora no se	7	7	2	98	Lubricación de cilindro

MATRIZ AMFEC										
N°	Componente	Función	Modo de Fallo	Causa Raíz	Efecto	F	G	D	IPR	Recomendación
		placa metálica de compresión		y rozamiento	mueve					Inspección y revisión en taller mecánico
18	Cilindros - Barrido	Estructura metálica móvil que permite movimiento de placa barrido	Atascamiento del cilindro	Partes móviles tienen choque y rozamiento	Cilindro de barrido no se mueve	7	7	2	98	Lubricación de cilindro Inspección y revisión en taller mecánico
19	Cilindros - compuerta trasera	Estructura metálica móvil que permite abertura y cierre de compuerta trasera	Atascamiento del cilindro	Partes móviles tienen choque y rozamiento	Cilindro de compuerta trasera se mueve con lentitud	7	7	2	98	Lubricación de cilindro Inspección y revisión en taller mecánico

2.2.5. Componentes más propensos a sufrir avería

Después de realizar el análisis AMFE, se calculó los valores del índice de prioridad de riesgos (IPR), aquellos que tienen los valores más altos, son los que tienen fallos críticos o propensos a generar daños en el sistema y sus funciones. De esta manera se puede conocer de manera focalizada donde se debe aplicar las acciones de mantenimiento preventivo de las piezas, conociendo de manera jerárquica los fallos potenciales, como lo muestra la tabla 16.

Los valores de criticidad de IPR se detallan en la tabla 16, donde se describe las categorías a considerar en el presente análisis. Estos valores son obtenidos de la norma NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos AMFE [12].

Tabla 16: Criticidad del Índice de Prioridad de Riesgo [12].

Criticidad	Descripción	IPR	Actividad
Alta	El sistema no puede operar, ya que tiene riesgos funcionales, operativos y no cumple con las normas de seguridad	≥ 120	Diaria a semanal
Moderada	El riesgo provoca desconformidad del proceso, mostrando un deterioro en el desempeño correcto del sistema	60-119	Quincenal a mensual
Baja	El riesgo causa pequeños fallos en la operatividad del sistema, con variaciones leves y poco perceptibles en su funcionamiento.	ene-59	Trimestral a semestral

Tabla 17: Análisis de criticidad

No	Componente	IPR	Criticidad
1	Carrocería - Piso	48	Baja
2	Carrocería - Paredes laterales	20	Baja
3	Carrocería - Techo	96	Moderada
4	Tolva – Lados	196	Alta
5	Tolva – Piso	196	Alta
6	Compactador Expulsor – Placa de cara corredora	84	Moderada

No	Componente	IPR	Criticidad
7	Compactador Expulsor –Placa de la cara de barrido	108	Moderada
8	Compactador Expulsor –Tira de borde el compactador	126	Alta
9	Compactador Expulsor –Zapatillas del expulsor	84	Moderada
10	Compuerta trasera – paredes	14	Baja
11	Compuerta trasera - Tiras de desgaste	21	Baja
12	Hidráulico – bomba	140	Alta
13	Hidráulico – Válvulas de control	140	Alta
14	Hidráulico – Depósito de aceite	126	Alta
15	Hidráulico – Filtro	140	Alta
16	Cilindros – Expulsor	98	Moderada
17	Cilindros - corredora	98	Moderada
18	Cilindros - Barrido	98	Moderada
19	Cilindros - compuerta trasera	98	Moderada

2.2.5.1. Elaboración del plan de mantenimiento preventivo de las cajas compactadoras.

El concepto de mantenimiento implica todas las acciones que tienen el fin de mantener un estado operativo y funcional de un equipo o de un sistema en específico, el cual ha evolucionado en función de la necesidad de la industria en respuesta a la mitigación de fallas, la seguridad y salud de las personas y el cuidado del medio ambiente a través de nuevas técnicas como el análisis de vibraciones, termografías, lubricantes, entre otras [12].

La UNE-EN 13306 define al mantenimiento como la combinación de acciones administrativas, técnicas y de gestión, tomadas del ciclo de vida para un elemento realizadas en el ciclo de vida de un equipo o elemento, las cuales están destinadas a la conservación de dicho equipo, y que permita desarrollar eficazmente su función [13].

Mantenimiento preventivo

Es aquel que se planifica con un tiempo considerable de anticipación, en el cual se deben llevar a cabo de forma periódica con una frecuencia establecida. Su objetivo es inspeccionar y detectar las posibles fallas del equipo o maquinaria, antes de que

ocurran, accionando en el momento oportuno, antes de que pueda ser perjudicial para la operación. El mantenimiento preventivo comprende las siguientes fases:

- Manuales, planos, inventarios técnicos y recopilación de información de las características del equipo
- Listados de trabajos y procedimientos técnicos a efectuarse periódicamente.
- Indicación exacta de la fecha a efectuarse el mantenimiento y control de frecuencias
- Registros de respuestas, costos y operaciones que te ayuden a planificar

Misión del mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo como parte integral de la producción, tiene el objetivo de garantizar el funcionamiento óptimo de los equipos y demás estructura empresarial, a través de programas de prevención de fallas y predicciones para la reparación de daños y mejoramiento continuo de las condiciones operativas con el fin de cumplir con los cuatro objetivos fundamentales; conservación de los activos físicos, disponibilidad de los activos físicos, administración eficaz de los recursos y desarrollo del talento humano [2].

Plan de mantenimiento

Es un procedimiento sistemático el cual se especifican las actividades, recursos, procedimientos y a duración necesaria en forma lógica y cronológica, buscando establecer los parámetros que aseguren el mantenimiento óptimo de los equipos y sistemas. La planificación de los trabajos de mantenimiento es la ejecución en disposición de realizar las actividades en el tiempo especificado y siguiendo la metodología establecida [14].

El fin de la planificación del mantenimiento supone:

- Identificar el fallo u ocurrencia.
- Diagnosticar el fallo
- Diseñar la acción correctiva
- Priorizar las acciones correctivas
- Planificar las actividades

Las actividades fueron estructuradas en función del valor del Índice de Prioridad de Riesgo calculado en el análisis AMFEC. Se tiene que los valores del índice de prioridad de riesgo (IPR) más altos son aquellos que se deben considerar como fallos críticos o mayormente propensos a ocurrir y generar daños en las cajas compactadoras.

CAPÍTULO III RESULTADOS

Tras conocer los elementos críticos se ejecutará la planeación de las tareas de mantenimiento preventivo de las cajas compactadoras del GADIP Cayambe. Para lo cual se desarrolla una matriz de registro y monitoreo que permite la descripción del mantenimiento necesario para su óptimo funcionamiento, como lo muestra la tabla 18. Las actividades de mantenimiento pueden ser diarias, semanales, mensuales y semestrales, para su identificación se utiliza una leyenda como lo muestra la tabla 19.

Tabla 18: Formato del registro de revisión y mantenimiento de compactadoras

Registro de revisión y mantenimiento de compactadoras				
Código Compactadora				
Responsable Mantenimiento				
N	Fecha	Componente	Revisión	Observación
1		Piso de la carrocería	Buen estado	
2		Paredes de la carrocería	Buen estado	
3		Techo de la carrocería	Buen estado	
4		Sello de la tolva	Sin desgaste y buen estado	
5		Piso de la tolva	Buen estado	
6		Linner lateral tolva	Correcto funcionamiento	
7		Bocines y refuerzos de la pala de compactación	Buen estado y correcto funcionamiento	
8		Seguro de tolva	Correcto funcionamiento	
9		Pines de seguros	Correcto funcionamiento	
10		Rieles de nivelación	Correcto	


Registro de revisión y mantenimiento de compactadoras				
Código Compactadora				
Responsable Mantenimiento				
N	Fecha	Componente	Revisión	Observación
			funcionamiento	
11		Filtro	Cambio	
12		Deposito hidráulico	Cambio	
13		Mangueras hidráulicas	Fugas, buen estado	
14		Bomba hidráulica	Correcto funcionamiento	
15		Aceite hidráulico	Cambio	
16		Cilindros hidráulicos	Correcto funcionamiento	


Tabla 19: Codificación de color de la frecuencia del mantenimiento preventivo

Color	Frecuencia
	Diaria
	Semanal
	Quincenal
	Mensual
	Trimestral
	Semestral
	Anual

Tabla 20: Cronograma mensual de mantenimiento preventivo de las cajas compactadoras

	Gama de mantenimiento componentes de caja compactadora																														
	Actividades	septiembre																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Inspección del estado actual del piso de la carrocería de la caja compactadora																															
Inspección del estado actual de las paredes de la carrocería de la caja compactadora																															
Inspección del estado actual del techo de la carrocería de la caja compactadora																															
Inspección del funcionamiento y estado actual del sello de la tolva para evitar fugas de lixiviados																															
Inspección del piso de la tolva para detectar fallos de deformación, fisuras o roturas de esta.																															
Verificación de funcionamiento de linner lateral de la tolva para detección de deformación de riel o mal funcionamiento																															
Inspección de estado actual de busines y refuerzos en el movimiento centrado de la pala de compactación																															
Verificación del estado actual del seguro de la tolva																															
Verificación del estado de los pines de partes móviles y fijas de la caja compactadora																															
Inspección de los rieles de nivelación para detección de fallos en su operación																															
Control y cambio de filtro hidráulico																															

	Gama de mantenimiento componentes de caja compactadora																														
	Actividades	septiembre																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Inspección de estado actual de depósito de aceite hidráulico																															
Control y Comprobación de estado de mangueras hidráulicas																															
Control de funcionamiento de bomba hidráulica																															
Control y verificación de nivel de aceite hidráulico																															
Control y verificación de funcionamiento de cilindros hidráulicos																															

	Gama de mantenimiento componentes de caja compactadora																															
	Actividades	octubre																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Inspección del estado actual del piso de la carrocería de la caja compactadora																																
Inspección del estado actual de las paredes de la carrocería de la caja compactadora																																
Inspección del estado actual del techo de la carrocería de la caja compactadora																																
Inspección del funcionamiento y estado actual del sello de la tolva para evitar fugas de lixiviados																																
Inspección del piso de la tolva para detectar fallos de deformación,																																




Gama de mantenimiento componentes de caja compactadora


Actividades	octubre																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
fisuras o roturas de esta.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Verificación de funcionamiento de liner lateral de la tolva para detección de deformación de riel o mal funcionamiento															■																■	
Inspección de estado actual de busines y refuerzos en el movimiento centrado de la pala de compactación															■																	
Verificación del estado actual del seguro de la tolva							■								■								■								■	
Verificación del estado de los pines de partes móviles y fijas de la caja compactadora							■								■								■								■	
Inspección de los rieles de nivelación para detección de fallos en su operación							■								■								■								■	
Control y cambio de filtro hidráulico																																
Inspección de estado actual de depósito de aceite hidráulico							■								■								■								■	
Control y Comprobación de estado de mangueras hidráulicas																																
Control de funcionamiento de bomba hidráulica																																
Control y verificación de nivel de aceite hidráulico	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Control y verificación de funcionamiento de cilindros hidráulicos															■																■	



Gama de mantenimiento componentes de caja compactadora

Actividades	noviembre																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	Inspección del estado actual del piso de la carrocería de la caja compactadora																													
Inspección del estado actual de las paredes de la carrocería de la caja compactadora																														
Inspección del estado actual del techo de la carrocería de la caja compactadora																														
Inspección del funcionamiento y estado actual del sello de la tolva para evitar fugas de lixiviados																														
Inspección del piso de la tolva para detectar fallos de deformación, fisuras o roturas de esta.																														
Verificación de funcionamiento de linner lateral de la tolva para detección de deformación de riel o mal funcionamiento																														
Inspección de estado actual de busines y refuerzos en el movimiento centrado de la pala de compactación																														
Verificación del estado actual del seguro de la tolva																														
Verificación del estado de los pines de partes móviles y fijas de la caja compactadora																														
Inspección de los rieles de nivelación para detección de fallos en su operación																														
Control y cambio de filtro hidráulico																														
Inspección de estado actual de depósito de aceite hidráulico																														

	Gama de mantenimiento componentes de caja compactadora																														
	Actividades	noviembre																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Control y Comprobación de estado de mangueras hidráulicas																															
Control de funcionamiento de bomba hidráulica																															
Control y verificación de nivel de aceite hidráulico																															
Control y verificación de funcionamiento de cilindros hidráulicos																															

	Gama de mantenimiento componentes de caja compactadora																															
	Actividades	diciembre																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Inspección del estado actual del piso de la carrocería de la caja compactadora																																
Inspección del estado actual de las paredes de la carrocería de la caja compactadora																																
Inspección del estado actual del techo de la carrocería de la caja compactadora																																
Inspección del funcionamiento y estado actual del sello de la tolva para evitar fugas de lixiviados																																
Inspección del piso de la tolva para detectar fallos de deformación,																																




Gama de mantenimiento componentes de caja compactadora


Actividades	diciembre																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
fisuras o roturas de esta.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Verificación de funcionamiento de liner lateral de la tolva para detección de deformación de riel o mal funcionamiento															■																■	
Inspección de estado actual de busines y refuerzos en el movimiento centrado de la pala de compactación															■																	
Verificación del estado actual del seguro de la tolva							■								■								■								■	
Verificación del estado de los pines de partes móviles y fijas de la caja compactadora							■								■								■								■	
Inspección de los rieles de nivelación para detección de fallos en su operación							■								■								■								■	
Control y cambio de filtro hidráulico																																
Inspección de estado actual de depósito de aceite hidráulico							■								■								■								■	
Control y Comprobación de estado de mangueras hidráulicas	■																															
Control de funcionamiento de bomba hidráulica	■																															
Control y verificación de nivel de aceite hidráulico	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Control y verificación de funcionamiento de cilindros hidráulicos															■																■	




Gama de mantenimiento componentes de caja compactadora

Actividades	enero																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
	Inspección del estado actual del piso de la carrocería de la caja compactadora																															
Inspección del estado actual de las paredes de la carrocería de la caja compactadora																																
Inspección del estado actual del techo de la carrocería de la caja compactadora																																
Inspección del funcionamiento y estado actual del sello de la tolva para evitar fugas de lixiviados																																
Inspección del piso de la tolva para detectar fallos de deformación, fisuras o roturas de esta.																																
Verificación de funcionamiento de linner lateral de la tolva para detección de deformación de riel o mal funcionamiento																																
Inspección de estado actual de busines y refuerzos en el movimiento centrado de la pala de compactación																																
Verificación del estado actual del seguro de la tolva																																
Verificación del estado de los pines de partes móviles y fijas de la caja compactadora																																
Inspección de los rieles de nivelación para detección de fallos en su operación																																
Control y cambio de filtro hidráulico																																
Inspección de estado actual de depósito de aceite hidráulico																																

	Gama de mantenimiento componentes de caja compactadora																															
	Actividades	enero																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Control y Comprobación de estado de mangueras hidráulicas																																
Control de funcionamiento de bomba hidráulica																																
Control y verificación de nivel de aceite hidráulico																																
Control y verificación de funcionamiento de cilindros hidráulicos																																


	Gama de mantenimiento componentes de caja compactadora																													
	Actividades	febrero																												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
Inspección del estado actual del piso de la carrocería de la caja compactadora																														
Inspección del estado actual de las paredes de la carrocería de la caja compactadora																														
Inspección del estado actual del techo de la carrocería de la caja compactadora																														
Inspección del funcionamiento y estado actual del sello de la tolva para evitar fugas de lixiviados																														
Inspección del piso de la tolva para detectar fallos de deformación, fisuras o roturas de esta.																														


	Gama de mantenimiento componentes de caja compactadora																													
	Actividades	febrero																												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
Verificación de funcionamiento de linner lateral de la tolva para detección de deformación de riel o mal funcionamiento																														
Inspección de estado actual de busines y refuerzos en el movimiento centrado de la pala de compactación																														
Verificación del estado actual del seguro de la tolva																														
Verificación del estado de los pines de partes móviles y fijas de la caja compactadora																														
Inspección de los rieles de nivelación para detección de fallos en su operación																														
Control y cambio de filtro hidráulico																														
Inspección de estado actual de depósito de aceite hidráulico																														
Control y Comprobación de estado de mangueras hidráulicas																														
Control de funcionamiento de bomba hidráulica																														
Control y verificación de nivel de aceite hidráulico																														
Control y verificación de funcionamiento de cilindros hidráulicos																														



Gama de mantenimiento componentes de caja compactadora

Actividades	marzo																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	Inspección del estado actual del piso de la carrocería de la caja compactadora																														
Inspección del estado actual de las paredes de la carrocería de la caja compactadora																															
Inspección del estado actual del techo de la carrocería de la caja compactadora																															
Inspección del funcionamiento y estado actual del sello de la tolva para evitar fugas de lixiviados																															
Inspección del piso de la tolva para detectar fallos de deformación, fisuras o roturas de esta.																															
Verificación de funcionamiento de linner lateral de la tolva para detección de deformación de riel o mal funcionamiento																															
Inspección de estado actual de busines y refuerzos en el movimiento centrado de la pala de compactación																															
Verificación del estado actual del seguro de la tolva																															
Verificación del estado de los pines de partes móviles y fijas de la caja compactadora																															
Inspección de los rieles de nivelación para detección de fallos en su operación																															
Control y cambio de filtro hidráulico																															
Inspección de estado actual de depósito de aceite hidráulico																															


	Gama de mantenimiento componentes de caja compactadora																															
	Actividades	marzo																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Control y Comprobación de estado de mangueras hidráulicas																																
Control de funcionamiento de bomba hidráulica																																
Control y verificación de nivel de aceite hidráulico																																
Control y verificación de funcionamiento de cilindros hidráulicos																																


	Gama de mantenimiento componentes de caja compactadora																															
	Actividades	abril																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Inspección del estado actual del piso de la carrocería de la caja compactadora																																
Inspección del estado actual de las paredes de la carrocería de la caja compactadora																																
Inspección del estado actual del techo de la carrocería de la caja compactadora																																
Inspección del funcionamiento y estado actual del sello de la tolva para evitar fugas de lixiviados																																
Inspección del piso de la tolva para detectar fallos de deformación, fisuras o roturas de esta.																																



Gama de mantenimiento componentes de caja compactadora

Actividades	mayo																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
	Inspección del estado actual del piso de la carrocería de la caja compactadora																															
Inspección del estado actual de las paredes de la carrocería de la caja compactadora																																
Inspección del estado actual del techo de la carrocería de la caja compactadora																																
Inspección del funcionamiento y estado actual del sello de la tolva para evitar fugas de lixiviados																																
Inspección del piso de la tolva para detectar fallos de deformación, fisuras o roturas de esta.																																
Verificación de funcionamiento de linner lateral de la tolva para detección de deformación de riel o mal funcionamiento																																
Inspección de estado actual de busines y refuerzos en el movimiento centrado de la pala de compactación																																
Verificación del estado actual del seguro de la tolva																																
Verificación del estado de los pines de partes móviles y fijas de la caja compactadora																																
Inspección de los rieles de nivelación para detección de fallos en su operación																																
Control y cambio de filtro hidráulico																																
Inspección de estado actual de depósito de aceite hidráulico																																

	Gama de mantenimiento componentes de caja compactadora																															
	Actividades	mayo																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Control y Comprobación de estado de mangueras hidráulicas																																
Control de funcionamiento de bomba hidráulica																																
Control y verificación de nivel de aceite hidráulico																																
Control y verificación de funcionamiento de cilindros hidráulicos																																

	Gama de mantenimiento componentes de caja compactadora																														
	Actividades	junio																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Inspección del estado actual del piso de la carrocería de la caja compactadora																															
Inspección del estado actual de las paredes de la carrocería de la caja compactadora																															
Inspección del estado actual del techo de la carrocería de la caja compactadora																															
Inspección del funcionamiento y estado actual del sello de la tolva para evitar fugas de lixiviados																															
Inspección del piso de la tolva para detectar fallos de deformación, fisuras o roturas de esta.																															





Gama de mantenimiento componentes de caja compactadora


Actividades

junio

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Verificación de funcionamiento de linner lateral de la tolva para detección de deformación de riel o mal funcionamiento																															
Inspección de estado actual de busines y refuerzos en el movimiento centrado de la pala de compactación																															
Verificación del estado actual del seguro de la tolva																															
Verificación del estado de los pines de partes móviles y fijas de la caja compactadora																															
Inspección de los rieles de nivelación para detección de fallos en su operación																															
Control y cambio de filtro hidráulico																															
Inspección de estado actual de depósito de aceite hidráulico																															
Control y Comprobación de estado de mangueras hidráulicas																															
Control de funcionamiento de bomba hidráulica																															
Control y verificación de nivel de aceite hidráulico																															
Control y verificación de funcionamiento de cilindros hidráulicos																															

	Gama de mantenimiento componentes de caja compactadora																															
	Actividades	julio																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Inspección del estado actual del piso de la carrocería de la caja compactadora																																
Inspección del estado actual de las paredes de la carrocería de la caja compactadora																																
Inspección del estado actual del techo de la carrocería de la caja compactadora																																
Inspección del funcionamiento y estado actual del sello de la tolva para evitar fugas de lixiviados																																
Inspección del piso de la tolva para detectar fallos de deformación, fisuras o roturas de esta.																																
Verificación de funcionamiento de linner lateral de la tolva para detección de deformación de riel o mal funcionamiento																																
Inspección de estado actual de busines y refuerzos en el movimiento centrado de la pala de compactación																																
Verificación del estado actual del seguro de la tolva																																
Verificación del estado de los pines de partes móviles y fijas de la caja compactadora																																
Inspección de los rieles de nivelación para detección de fallos en su operación																																
Control y cambio de filtro hidráulico																																
Inspección de estado actual de depósito de aceite hidráulico																																

	Gama de mantenimiento componentes de caja compactadora																															
	Actividades	julio																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Control y Comprobación de estado de mangueras hidráulicas																																
Control de funcionamiento de bomba hidráulica																																
Control y verificación de nivel de aceite hidráulico																																
Control y verificación de funcionamiento de cilindros hidráulicos																																

	Gama de mantenimiento componentes de caja compactadora																															
	Actividades	agosto																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Inspección del estado actual del piso de la carrocería de la caja compactadora																																
Inspección del estado actual de las paredes de la carrocería de la caja compactadora																																
Inspección del estado actual del techo de la carrocería de la caja compactadora																																
Inspección del funcionamiento y estado actual del sello de la tolva para evitar fugas de lixiviados																																
Inspección del piso de la tolva para detectar fallos de deformación, fisuras o roturas de esta.																																

3.1. Instructivos de mantenimiento

El presente instructivo muestra información detallada de cómo llevar a cabo las actividades de mantenimiento que se realizarán a las cajas recolectoras, dicho instructivo deberá ser llevado a cabo por el responsable de mantenimiento designado y según las especificaciones referentes a la actividad a realizar. De esta manera se constituye en el documento utilizado para atender una solicitud de mantenimiento preventivo o correctivo, y es entregado al trabajador quien atenderá el reporte; el documento describe el proceso de trabajo a ejecutar. A continuación, en la tabla 21 se muestra la codificación de las actividades a realizar.

Tabla 21: Codificación de las actividades

N°	Actividad	Codificación
1	Inspección del estado actual del piso de la carrocería de la caja compactadora	A-MENS-01
2	Inspección del estado actual de las paredes de la carrocería de la caja compactadora	A-MENS-02
3	Inspección del estado actual del techo de la carrocería de la caja compactadora	A-MENS-03
4	Inspección del funcionamiento y estado actual del sello de la tolva para evitar fugas de lixiviados	A-DIA-01
5	Inspección del piso de la tolva para detectar fallos de deformación, fisuras o roturas de esta.	A-DIA-02
6	Verificación de funcionamiento de linner lateral de la tolva para detección de deformación de riel o mal funcionamiento	A-QUIM-01
7	Inspección de estado actual de busines y refuerzos en el movimiento centrado de la pala de compactación	A-MENS-04
8	Verificación del estado actual del seguro de la tolva	A-SEM-01
9	Verificación del estado de los pines de partes móviles y fijas de la caja compactadora	A-SEM-02
10	Inspección de los rieles de nivelación para detección de fallos en su operación	A-SEM-03
11	Control y cambio de filtro hidráulico	A-ANUAL-01
12	Inspección de estado actual de depósito de aceite hidráulico	A-SEM-04
13	Control y Comprobación de estado de mangueras hidráulicas	A-TRI-01
14	Control de funcionamiento de bomba hidráulica	A-TRI-02
15	Control y verificación de nivel de aceite hidráulico	A-DIA-03
16	Control y verificación de funcionamiento de cilindros hidráulicos	A-QUIM-02

Tabla 22: Plan de mantenimiento preventivo 01


	Plan de mantenimiento preventivo	
Instructivo N°	01	
Fecha de ejecución		
Hora de inicio / finalización	I:	F:
Código de la actividad	A-MENS-01	
Operación	Inspección del estado actual del piso de la carrocería de la caja compactadora	
Encargado:		
Equipo y material necesario		
<ul style="list-style-type: none"> • Equipos de protección personal (mascarilla, guantes, gafas) • Libreta de inspección y esfero • Linterna 		
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Ponerse los equipos de protección personal antes de iniciar la inspección • Verificar que la revisión se realice en un espacio adecuado • Verificar que la caja compactadora este vacía antes de ingresar • Entrar con cuidado y verificar si el piso no está corroído, desgastado o fisurado. • En el caso de presentarse alguna falla, evaluar la severidad del daño. • Llamar al jefe de mantenimiento y al técnico para realizar las medidas correctivas. 		
Tiempo estimado de ejecución: 10 minutos		
Observaciones:		

Tabla 23: Plan de mantenimiento preventivo 02


	Plan de mantenimiento preventivo	
Instructivo N°	02	
Fecha de ejecución		
Hora de inicio / finalización	I:	F:
Código de la actividad	A-MENS-02	
Operación	Inspección del estado actual de las paredes de la carrocería de la caja compactadora	
Encargado:		
Equipo y material necesario		
Equipos de protección personal (mascarilla, guantes, gafas) Libreta de inspección y esfero Linterna		
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Ponerse los equipos de protección personal antes de iniciar la inspección • Verificar que la revisión se realice en un espacio adecuado • Verificar que la caja compactadora este vacía antes de ingresar • Entrar con cuidado y verificar si las paredes de la caja compactadora no estén corroídas, desgastadas o fisuradas. • En el caso de presentarse alguna falla, evaluar la severidad del daño. • Llamar al jefe de mantenimiento y al técnico para realizar las medidas correctivas. 		
Tiempo estimado de ejecución: 10 minutos		
Observaciones:		

Tabla 24: Plan de mantenimiento preventivo 03


	Plan de mantenimiento preventivo	
Instructivo N°	03	
Fecha de ejecución		
Hora de inicio / finalización	I:	F:
Código de la actividad	A-MENS-03	
Operación	Inspección del estado actual del techo de la carrocería de la caja compactadora	
Encargado:		
Equipo y material necesario		
<ul style="list-style-type: none"> • Equipos de protección personal (mascarilla, guantes, gafas) • Libreta de inspección y esfero • Linterna 		
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Ponerse los equipos de protección personal antes de iniciar la inspección • Verificar que la revisión se realice en un espacio adecuado • Verificar que la caja compactadora este vacía antes de ingresar • Entrar con cuidado y verificar si el techo de la caja compactadora no esté corroídas, desgastadas o fisuradas. • En el caso de presentarse alguna falla, evaluar la severidad del daño. • Llamar al jefe de mantenimiento y al técnico para realizar las medidas correctivas. 		
Tiempo estimado de ejecución: 10 minutos		
Observaciones:		

Tabla 25: Plan de mantenimiento preventivo 04


	Plan de mantenimiento preventivo	
Instructivo N°	04	
Fecha de ejecución		
Hora de inicio / finalización	I:	F:
Código de la actividad	A-DIA-01	
Operación	Inspección del funcionamiento y estado actual del sello de la tolva para evitar fugas de lixiviados	
Encargado:		
Equipo y material necesario		
<ul style="list-style-type: none"> • Equipos de protección personal (mascarilla, guantes, gafas) • Libreta de inspección y esfero • Linterna • Juego de llaves • Empaques nuevos 		
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Ponerse los equipos de protección personal antes de iniciar la inspección • Verificar que la revisión se realice en un espacio adecuado • Verificar que el sello de la tolva no presente fugas de lixiviado, presente roturas o fisuras • En el caso de presentarse alguna falla, evaluar la severidad del daño. • Cambiar el empaque por uno nuevo si es necesario • Si la falla es de rotura o fisura, llamar al jefe de mantenimiento y al técnico para realizar las medidas correctivas. 		
Tiempo estimado de ejecución: 10 minutos		
Observaciones:		

Tabla 26: Plan de mantenimiento preventivo 05


	Plan de mantenimiento preventivo	
Instructivo N°	05	
Fecha de ejecución		
Hora de inicio / finalización	I:	F:
Código de la actividad	A-DIA-02	
Operación	Inspección del piso de la tolva para detectar fallos de deformación, fisuras o roturas de esta.	
Encargado:		
Equipo y material necesario		
<ul style="list-style-type: none"> • Equipos de protección personal (mascarilla, guantes, gafas) • Libreta de notas y esfero • Linterna 		
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Ponerse los equipos de protección personal antes de iniciar la inspección • Verificar que la revisión se realice en un espacio adecuado • Verificar que la caja compactadora este vacía antes de realizar la inspección. • Verificar que no exista corrosión, desgaste o fisuras en el piso de la tolva • En el caso de presentarse alguna falla, evaluar la severidad del daño. • Llamar al jefe de mantenimiento y al técnico para realizar las medidas correctivas. 		
Tiempo estimado de ejecución: 10 minutos		
Observaciones:		

Tabla 27: Plan de mantenimiento preventivo 06


	Plan de mantenimiento preventivo	
Instructivo N°	06	
Fecha de ejecución		
Hora de inicio / finalización	I:	F:
Código de la actividad	A-QUIM-01	
Operación	Verificación de funcionamiento de linner lateral de la tolva para detección de deformación de riel o mal funcionamiento	
Encargado:		
Equipo y material necesario		
<ul style="list-style-type: none"> • Equipos de protección personal (mascarilla, guantes, gafas) • Linterna • Juego de llaves necesarias • Grasa 		
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Ponerse los equipos de protección personal antes de iniciar la inspección • Verificar que la revisión se realice en un espacio adecuado • Verificar que la caja compactadora este vacía antes de ingresar • Entrar con cuidado y verificar si el linner lateral de la caja compactadora no esté corroído, desgastado o fisurado. • En caso de no presentarse ninguna falla, limpiar el linner lateral y engrasar • En el caso de presentarse alguna falla, evaluar la severidad del daño. • Llamar al jefe de mantenimiento y al técnico para realizar las medidas correctivas. 		
Tiempo estimado de ejecución: 10 minutos		
Observaciones:		

Tabla 28: Plan de mantenimiento preventivo 07


	Plan de mantenimiento preventivo	
Instructivo N°	07	
Fecha de ejecución		
Hora de inicio / finalización	I:	F:
Código de la actividad	A-MENS-04	
Operación	Inspección de estado actual de busines y refuerzos en el movimiento centrado de la pala de compactación	
Encargado:		
Equipo y material necesario		
<ul style="list-style-type: none"> • Equipos de protección personal (mascarilla, guantes, gafas) • Busines nuevos • Refuerzos nuevos • Juego de llaves necesarias • Grasa 		
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Ponerse los equipos de protección personal antes de iniciar la inspección • Verificar que la revisión se realice en un espacio adecuado • Verificar que la caja compactadora este vacía antes de ingresar • Entrar con cuidado y verificar si los busines y los refuerzos de la pala de compactación de la caja compactadora no esté corroído, desgastado o fisurado. • En caso de no presentarse ninguna falla, limpiar la zona y engrasar los busines. • En el caso de presentarse alguna falla en los busines, cambiar por los nuevos y verificar su funcionamiento • En el caso de presentarse fallas en los refuerzos, cambiarlos y verificar su correcto funcionamiento. • Llamar al jefe de mantenimiento y al técnico para realizar las medidas correctivas. 		
Tiempo estimado de ejecución: 10 minutos		
Observaciones:		

Tabla 29: Plan de mantenimiento preventivo 08


	Plan de mantenimiento preventivo	
Instructivo N°	08	
Fecha de ejecución		
Hora de inicio / finalización	I:	F:
Código de la actividad	A-SEM-01	
Operación	Verificación del estado actual del seguro de la tolva	
Encargado:		
Equipo y material necesario		
<ul style="list-style-type: none"> • Equipos de protección personal (mascarilla, guantes, gafas) • Juego de llaves necesarias • Grasa 		
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Ponerse los equipos de protección personal antes de iniciar la inspección • Verificar que la revisión se realice en un espacio adecuado • Realizar una evaluación visual del seguro de la tolva • Evaluar el estado funcional del estado de la tolva • Identificar si existe alguna alteración en su funcionamiento • En caso de ser necesario, cambie el seguro y registre el problema de fallo • Si no existen fallos, limpie y engrase el seguro de la palanca 		
Tiempo estimado de ejecución: 20 minutos		
Observaciones:		

Tabla 30: Plan de mantenimiento preventivo 09


	Plan de mantenimiento preventivo	
Instructivo N°	09	
Fecha de ejecución		
Hora de inicio / finalización	I:	F:
Código de la actividad	A-SEM-02	
Operación	Verificación del estado de los pines de partes móviles y fijas de la caja compactadora	
Encargado:		
Equipo y material necesario		
<ul style="list-style-type: none"> • Elementos de protección personal (guantes, zapatos puntas de acero, overol, gafas) • Juego de llaves • Repuesto (en caso de cambio) • Ficha de mantenimiento 		
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que la revisión se realice en un espacio adecuado a las actividades de mantenimiento • Verificar que el sistema hidráulico y eléctrico se encuentre totalmente apagado • Realizar una evaluación visual de todos los pines de partes móviles y fijas de la caja compactadora • Evaluar el estado funcional de los pines. • Identificar si existe alguna alteración de la pieza por desgaste • En caso de ser negativo, identifique si la pieza está correctamente lubricada para cumplir su función • En caso de ser positivo, registre problema de fallo y realice cambio de la pieza 		
Tiempo estimado de ejecución: 20 minutos		
Observaciones:		

Tabla 31: Plan de mantenimiento preventivo 10


	Plan de mantenimiento preventivo	
Instructivo N°	10	
Fecha de ejecución		
Hora de inicio / finalización	I:	F:
Código de la actividad	A-SEM-03	
Operación	Inspección de los rieles de nivelación para detección de fallos en su operación	
Encargado:		
Equipo y material necesario		
<ul style="list-style-type: none"> • Elementos de protección personal (guantes, zapatos puntas de acero, overol, gafas) • Juego de llaves • Repuesto (en caso de cambio) • Ficha de mantenimiento • Guaípe 		
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que la revisión se realice en un espacio adecuado a las actividades de mantenimiento • Verificar que el sistema hidráulico y eléctrico se encuentre totalmente apagado • Realizar una evaluación visual de todos los pines de partes móviles y fijas de la caja compactadora • Evaluar el estado funcional de los rieles de nivelación • Encienda sistema eléctrico e hidráulico • Realice pruebas de operación de rieles de nivelación • Identificar si existe alguna alteración de la pieza • En caso de ser negativo, identifique si la pieza está correctamente lubricada para cumplir su función. • En caso de ser positivo, registre problema de fallo y realice cambio de la pieza 		
Tiempo estimado de ejecución: 20 minutos		
Observaciones:		

Tabla 32: Plan de mantenimiento preventivo 11


	Plan de mantenimiento preventivo	
Instructivo N°	11	
Fecha de ejecución		
Hora de inicio / finalización	I:	F:
Código de la actividad	A-ANUAL-01	
Operación	Control y cambio de filtro hidráulico	
Encargado:		
Equipo y material necesario		
<ul style="list-style-type: none"> • Elementos de protección personal (guantes, zapatos puntas de acero, overol, gafas) • Juego de llaves • Repuesto (en caso de cambio) • Ficha de mantenimiento • Guaípe 		
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que la revisión se realice en un espacio adecuado a las actividades de mantenimiento • Verificar que el sistema hidráulico y eléctrico se encuentre totalmente apagado • Evaluar el estado funcional del filtro hidráulico. • Cambie la pieza acorde a las características técnicas necesarias por el fabricante 		
Tiempo estimado de ejecución: 20 minutos		
Observaciones:		

Tabla 33: Plan de mantenimiento preventivo 12


	Plan de mantenimiento preventivo	
Instructivo N°	12	
Fecha de ejecución		
Hora de inicio / finalización	I:	F:
Código de la actividad	A-SEM-04	
Operación	Inspección de estado actual de depósito de aceite hidráulico	
Encargado:		
Equipo y material necesario		
<ul style="list-style-type: none"> • Elementos de protección personal (guantes, zapatos puntas de acero, overol, gafas) • Juego de llaves • Repuesto (en caso de cambio) • Ficha de mantenimiento • Guaípe 		
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que la revisión se realice en un espacio adecuado a las actividades de mantenimiento • Verificar que el sistema hidráulico y eléctrico se encuentre totalmente apagado • Evaluar el estado funcional del depósito o tanque de aceite hidráulico. • Limpie la superficie del depósito • Verifique que este no tenga fisuras o fugas de aceite • Cambie la pieza en caso de ser necesario 		
Tiempo estimado de ejecución: 20 minutos		
Observaciones:		

Tabla 34: Plan de mantenimiento preventivo 13


	Plan de mantenimiento preventivo	
Instructivo N°	13	
Fecha de ejecución		
Hora de inicio / finalización	I:	F:
Código de la actividad	A-TRI-01	
Operación	Control y Comprobación de estado de mangueras hidráulicas	
Encargado:		
Equipo y material necesario		
<ul style="list-style-type: none"> • Elementos de protección personal (guantes, zapatos puntas de acero, overol, gafas) • Juego de llaves • Repuesto (en caso de cambio) • Ficha de mantenimiento • Guaípe 		
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que la revisión se realice en un espacio adecuado a las actividades de mantenimiento • Verificar que el sistema hidráulico y eléctrico se encuentre totalmente apagado • Realizar una evaluación visual de todas las mangueras hidráulicas • Evaluar el estado funcional de las mangueras hidráulicas • Encienda sistema eléctrico e hidráulico • Realice pruebas de bombeo y movimiento de partes móviles • Identificar si existe alguna alteración como fugas de mangueras • En caso de ser positivo, registre problema de fallo y realice cambio de la pieza 		
Tiempo estimado de ejecución: 20 minutos		
Observaciones:		

Tabla 35: Plan de mantenimiento preventivo 14


	Plan de mantenimiento preventivo	
Instructivo N°	14	
Fecha de ejecución		
Hora de inicio / finalización	I:	F:
Código de la actividad	A-TRI-02	
Operación	Control de funcionamiento de bomba hidráulica	
Encargado:		
Equipo y material necesario		
<ul style="list-style-type: none"> • Elementos de protección personal (guantes, zapatos puntas de acero, overol, gafas) • Juego de llaves • Repuesto (en caso de cambio) • Ficha de mantenimiento • Guaípe 		
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que la revisión se realice en un espacio adecuado a las actividades de mantenimiento • Verificar que el sistema hidráulico y eléctrico se encuentre totalmente apagado • Realizar una evaluación visual de bomba hidráulica • Evaluar el estado funcional de bomba hidráulica • Encienda sistema eléctrico e hidráulico • Realice pruebas de bombeo y movimiento de partes móviles • Identificar si existe alguna alteración como fugas o falta de presión de bombeo • En caso de ser positivo, registre problema de fallo y realice cambio de la pieza 		
Tiempo estimado de ejecución: 20 minutos		
Observaciones:		

Tabla 36: Plan de mantenimiento preventivo 15



	Plan de mantenimiento preventivo	
Instructivo N°	15	
Fecha de ejecución		
Hora de inicio / finalización	I:	F:
Código de la actividad	A-DIA-03	
Operación	Control y verificación de nivel de aceite hidráulico	
Encargado:		
Equipo y material necesario		
<ul style="list-style-type: none"> • Elementos de protección personal (guantes, zapatos puntas de acero, overol, gafas) • Ficha de mantenimiento • Guaípe • Aceite hidráulico 		
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que la revisión se realice en un espacio adecuado a las actividades de mantenimiento • Verificar que el sistema hidráulico y eléctrico se encuentre totalmente apagado • Realizar una evaluación visual del nivel de aceite hidráulico • En caso de ser necesario agregue más aceite para completar su nivel óptimo • Realice pruebas de bombeo y movimiento de partes móviles • Identificar si existe alguna alteración como fugas de aceite 		
Tiempo estimado de ejecución: 20 minutos		
Observaciones:		

Tabla 37: Plan de mantenimiento preventivo 16

	Plan de mantenimiento preventivo	
Instructivo N°	16	
Fecha de ejecución		
Hora de inicio / finalización	I:	F:
Código de la actividad	A-QUIM-02	
Operación	Control y verificación de funcionamiento de cilindros hidráulicos.	
Encargado:		
Equipo y material necesario		
<ul style="list-style-type: none"> • Elementos de protección personal (guantes, zapatos puntas de acero, overol, gafas) • Juego de llaves • Ficha de mantenimiento • Guaípe • Grasa 		
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que la revisión se realice en un espacio adecuado a las actividades de mantenimiento • Verificar que el sistema hidráulico y eléctrico se encuentre totalmente apagado • Realizar una evaluación visual del nivel de aceite hidráulico • Verificar correcto funcionamiento de bomba hidráulica • Engrase de los Cojinetes y de los pasadores de los giros de los cilindros hidráulicos • Encender sistema hidráulico • Realice movimiento de cilindro • Identificar si existe alguna alteración como rozamiento, choque, o inactivación de partes de cilindros hidráulicos • En caso de mal funcionamiento realice diagnostico mecánico en taller 		
Tiempo estimado de ejecución: 20 minutos		
Observaciones:		

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

El municipio de Cayambe cuenta con 5 camiones con sus respectivas cajas recolectoras de marca Mc Neilus, de las cuales dos fueron adquiridas en el 2019, teniendo un estado operativo del 93,1% y 98,1% respectivamente; las siguientes dos son procedentes del año 2011, teniendo un estado operativo del 62,1% y 58,6% respectivamente; y el último recolector es del año 2007 con un estado operativo del 48,3%, esta última está actualmente fuera de servicio. Los cuatro camiones recolectores cubren en total 24 rutas de recolección dentro del cantón Cayambe.

El monitoreo en campo determino que las cajas recolectoras operativas presentan fallos mecánicos derivados del trabajo que realizan, los fallos más comunes son el funcionamiento del filtro hidráulico, fallos en el depósito de aceite, fallas en las válvulas de control y bomba hidráulicos, fallos en el piso y lados de la tolva. Además, se evidencia fallos de los cilindros de diversos componentes de la caja compactadora, pero estos son problemas desencadenados de fallos del sistema hidráulico. Los principales mantenimientos realizados son el cambio de la pieza averiada y el reforzamiento metálico de los pisos de la tolva y carrocería.

Una vez realizado el análisis establecido en la normativa AMFE. NTP 679, se ejecutó el análisis de modos de falla, efectos y criticidad, el cual determino que la causa raíz más común de los modos de fallo de los componentes mecánicos de las cajas compactadoras son las fisuras y desgastes de las piezas metálicas, la cual se produce por la constante exposición a los lixiviados generados por los desechos sólidos, la cual produce corrosión de las piezas metálicas. Los componentes con nivel de criticidad más alta de acuerdo con la valoración general de criticidad obtenida de la determinación del índice de prioridad de riesgo o IPR, son los siguientes: Tolva lados y piso con un valor de 196; tira de borde del compactador expulsor con un valor de 126; bomba, válvulas de control y filtro hidráulico con un valor de 140; y el depósito de aceite con un valor de 126.

El plan de mantenimiento preventivo presenta los procedimientos a seguir para realizar un mantenimiento planificado de los componentes a lo largo de un año, la cual debe cumplirse para evitar averías de los distintos componentes, siendo una herramienta de ayuda técnica para el responsable mecánico de la empresa encargada de la recolección de desechos en Cayambe EMAPAAC-EP.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar un listado de los repuestos más comunes a averías para mantener un stock adecuado y oportuno en caso de emergencia, con el fin de disminuir el tiempo de inoperatividad de las unidades en el proceso de recolección de desechos.

Una vez que ya estructurado el plan de mantenimiento preventivo, se recomienda dar total cumplimiento a lo estipulado dentro de los documentos técnicos para de esta manera garantizar la funcionalidad óptima de las cajas compactadoras.

Se debe considerar que el tiempo operativo de las cajas compactadoras en el proceso de recolección de desechos es de tres años, por lo que se debe implementar planes de repotenciación de las unidades a su debido tiempo con el fin de alargar de manera adecuada la vida útil de las unidades, evitando gastos económicos de operación y servicios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] EMAPAAC EP , Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cayambe , Cayambe , 2022.
- [2] M. Endara, “Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento para los contenedores de basura de la empresa pública de aseo y gestión ambiental de Latacunga,” Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2019.
- [3] L. Rueda, “Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para los contenedores y cajas compactadoras de residuos sólidos de la EPM GIDSA de la ciudad de Ambato,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [4] E. Ulloa, “Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo enfocado en la gestión de activos, mediante la utilización de la norma UNCE en 16646:2015 para la maquinaria de la fábrica "FORTECALZA NEW GENERATION" ubicada en la ciudad de Ambato,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato , 2022.
- [5] J. Rodríguez, “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo del sistema hidráulico a la compactadora MCNEILUS en Interaseo Santa Marta,” *Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica*, pp. 1-14, 2020.
- [6] J. Casa, “Elaboración del plan de mantenimiento para el área de producción y manuales técnicos para cajas compactadoras, mediante la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad en la empresa INDUACERO CÍA. LTDA.,” Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2021.
- [7] J. Aguilar, “Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad,” *Tecnología, Ciencia, Educación*, vol. 25, nº 1, pp. 15-26, 2010.
- [8] McNeilus, “Ficha Técnica del Cargador trasero Metro-Pak,” Bogotá, 2022.

- [9] McNeilus, "Manual del Operador," 2000.
- [10] M. Bestratén y A. Furlanetto, "NTP 679: Análisis modal de Fallas y Efectos," AMFE. CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO. MTASE., 2004.
- [11] Headquarters Department of the Army, "Failure modes, effects and criticality analysis (fmeca) for command, control, communications, computer, intelligence, surveillance, and reconnaissance (c4isr) facilities," Washington, 2006.
- [12] F. Y. Alba y W. E. Chinchay, "Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos biomédicos-unidad cuidados intensivos, Hospital Víctor Ramos Guardia, Huaraz," *Universidad Cesar Vallejo*, 2018.
- [13] I. A. Campos, "Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad para incrementar la rentabilidad en la Empresa de Transporte Sayvan EIRL," *Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo*, 2018.
- [14] G. Neaves, J. Solís, A. García y J. Arriaga, "Análisis e implementación de un plan de mantenimiento a los compactadores de basura," *Universidad Tecnológica de Tamaulipas*, pp. 67-78, 2013.
- [15] A. Ortiz, R. C y H. Izquierdo, "Gestión de mantenimiento en pymes industriales," *Revista Venezolana de Gerencia*, vol. 18, nº 61, pp. 86-104, 2013.
- [16] C. d. P. Carranza y Y. A. Rosales, "Aplicación del mantenimiento preventivo, para mejorar la disponibilidad de flota de montacargas en la empresa Grúas Luguensi SAC-Chimbote," *Universidad Cesar Vallejo*, 2018.
- [17] J. O. Ramos, "Aumento de la Disponibilidad Mediante la Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo a las Maquinarias de la Empresa Atlanta Metal drill sac.," *Universidad Nacional de Trujillo*, 2018.
- [18] J. E. Escobar y L. P. Flores, "Elaboración del plan de mantenimiento preventivo para la infraestructura civil del edificio de hospitalización y administración, áreas verdes y parqueaderos del Hospital General Riobamba utilizando la norma


UNE–EN 15331. 2018. Tesis de Licenciatura,” *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.*, 2018.


[19] F. C. Gómez, “Tecnología del mantenimiento Industrial,” Servicio de publicaciones Universidad de Murcia, Murcia, 1998.

[20] L. F. B. Marqués, “Diagnóstico de averías y mantenimiento correctivo de sistemas domóticos e inmódicos,” IC Editorial, Málaga, 2015.


ANEXOS


Anexos A1. Diagnóstico de la caja compactadora CC01

COD	Caja Compactadora CC01 Marca McNeilus					
		Partes y sistemas	1	2	3	Observaciones
CC01-1	Carrocería - Piso			X	Carrocería en buen estado, el piso, paredes laterales y techo se encuentran con polvo debido a las condiciones de trabajo	
CC01-2	Carrocería - Paredes laterales			X		
CC01-3	Carrocería - Techo			X		
CC01-4	Tolva – Lados			X	Tolva se encuentra en buen estado, con restos de basura y presencia de lixiviado por condiciones de trabajo	
CC01-5	Tolva - Piso			X		
CC01-6	Compactador Expulsor – Placa de cara corredora			X	Compactador Expulsor se encuentra en buen estado; la placa de cara corredora y barrido tiene presencia de lixiviados por condiciones de trabajo, tira de borde compactador perfectamente aceitado y zapatas del expulsor en buenas condiciones.	
CC01-7	Compactador Expulsor –Placa de la cara de barrido			X		
CC01-8	Compactador Expulsor –Tira de borde el compactador			X		
CC01-9	Compactador Expulsor –Zapatas del expulsor			X		


COD	Caja Compactadora CC01 Marca McNeilus				
		Partes y sistemas	1	2	3
CC01-10	Compuerta trasera – paredes		X		Partes de compuerta traerá en estado regular con presencia de polvo y lixiviado por condiciones de trabajo, se presenta sonidos de rozamiento de partes mecánicas.
CC01-11	Compuerta trasera - Tiras de desgaste		X		
CC01-12	Hidráulico – bomba			X	Sistema hidráulico se encuentra en buenas condiciones, ha aceptoración del filtro hidráulico en estado regular, ya que se encuentra en el tiempo límite de funcionamiento.
CC01-13	Hidráulico – Válvulas de control			X	
CC01-14	Hidráulico – Depósito de aceite			X	
CC01-15	Hidráulico – Filtro		X		
CC01-16	Cilindros – Expulsor			X	Cilindros del sistema se encuentran en buen estado de funcionamiento durante operación.
CC01-17	Cilindros - corredora			X	
CC01-18	Cilindros - Barrido			x	
CC01-19	Cilindros - compuerta trasera			X	


Anexos A2. Diagnóstico de la caja compactadora CC02

COD	Caja Compactadora N° 02					
	Marca McNeilus	Estado actual				
	Partes y sistemas	1	2	3		Observaciones
CC02-1	Carrocería - Piso			X	Carrocería en buen estado, el piso, paredes laterales y techo se encuentran con polvo debido a las condiciones de trabajo	
CC02-2	Carrocería - Paredes laterales			X		
CC02-3	Carrocería - Techo			X		
CC02-4	Tolva – Lados			X	Tolva se encuentra en buen estado, con restos de basura y presencia de lixiviado por condiciones de trabajo	
CC02-5	Tolva - Piso			X		
CC02-6	Compactador Expulsor – Placa de cara corredora			X	Compactador Expulsor se encuentra en buen estado; la placa de cara corredora y barrido tiene presencia de lixiviados por condiciones de trabajo, tira de borde compactador perfectamente aceitado y zapatas del expulsor en buenas condiciones.	
CC02-7	Compactador Expulsor –Placa de la cara de barrido			X		
CC02-8	Compactador Expulsor –Tira de borde el compactador			X		
CC02-9	Compactador Expulsor –Zapatitas del expulsor			X		


COD	Caja Compactadora N° 02					
	Marca McNeilus	Estado actual				
	Partes y sistemas	1	2	3		Observaciones
CC02-10	Compuerta trasera – paredes			X	Partes de compuerta trasera en estado regular con presencia de polvo y lixiviado por condiciones de trabajo, se presenta sonidos de rozamiento de partes mecánicas.	
CC02-11	Compuerta trasera - Tiras de desgaste			X		
CC02-12	Hidráulico – bomba			X	Sistema hidráulico se encuentra en buenas condiciones, ha aceptación del filtro hidráulico en estado regular, ya que se encuentra en el tiempo límite de funcionamiento.	
CC02-13	Hidráulico – Válvulas de control			X		
CC02-14	Hidráulico – Depósito de aceite			X		
CC02-15	Hidráulico – Filtro			X		
CC02-16	Cilindros – Expulsor			X	Cilindros del sistema se encuentran en buen estado de funcionamiento durante operación.	
CC02-17	Cilindros - corredora			X		
CC02-18	Cilindros - Barrido			X		
CC02-19	Cilindros - compuerta trasera			X		


Anexos A3. Diagnóstico de la caja compactadora CC03

COD	Caja Compactadora N° 03				
	Marca McNeilus				
	Partes y sistemas	Estado actual			
		1	2	3	Observaciones
CC03-1	Carrocería - Piso		X		Carrocería en estado regular, se observa desgaste en la pintura y zonas corroídas
CC03-2	Carrocería - Paredes laterales		X		
CC03-3	Carrocería - Techo		X		
CC03-4	Tolva – Lados	X			Tolva en mal estado, se observa zonas desgastadas reforzadas con láminas de acero y sin juntas que unen la tolva con la carrocería posterior de la caja.
CC03-5	Tolva - Piso	X			
CC03-6	Compactador Expulsor – Placa de cara corredora		X		Compactador expulsor en estado regular con presencia de corrosiones por lixiviados
CC03-7	Compactador Expulsor –Placa de la cara de barrido		X		
CC03-8	Compactador Expulsor –Tira de borde el compactador		X		


COD	Caja Compactadora N° 03				Estado actual	
	Marca McNeilus				Observaciones	
	Partes y sistemas	1	2	3		
CC03-9	Compactador Expulsor –Zapatitas del expulsor		X			
CC03-10	Compuerta trasera – paredes		X		Compuerta trasera en estado regular con presencia de corrosiones por lixiviados	
CC03-11	Compuerta trasera - Tiras de desgaste		X			
CC03-12	Hidráulico – bomba	X				Sistema hidráulico en malas condiciones por fallo de válvulas con fugas de aceites
CC03-13	Hidráulico – Válvulas de control	X				
CC03-14	Hidráulico – Depósito de aceite	X				
CC03-15	Hidráulico – Filtro	X				
CC03-16	Cilindros – Expulsor			X	Cilindros en buen estado de funcionamiento durante operación	
CC03-17	Cilindros - corredora			X		
CC03-18	Cilindros - Barrido			X		
CC03-19	Cilindros - compuerta trasera			X		

Anexos A4. Diagnóstico de la caja compactadora CC04

COD	Caja Compactadora N° 04				
	Marca McNeilus				
	Partes y sistemas	Estado actual			
		1	2	3	Observaciones
CC04-1	Carrocería - Piso		X		Carrocería en estado regular, se observa desgaste en la pintura y zonas corroídas
CC04-2	Carrocería - Paredes laterales		X		
CC04-3	Carrocería - Techo		X		
CC04-4	Tolva – Lados	X			Tolva en mal estado, se observa zonas desgastadas reforzadas con láminas de acero y sin juntas que unen la tolva con la carrocería posterior de la caja.
CC04-5	Tolva - Piso	X			
CC04-6	Compactador Expulsor – Placa de cara corredora		X		Compactador expulsor en estado regular con presencia de corrosiones por lixiviados
CC04-7	Compactador Expulsor –Placa de la cara de barrido		X		
CC04-8	Compactador Expulsor –Tira de borde el compactador		X		


COD	Caja Compactadora N° 04					
	Marca McNeilus	Estado actual				
	Partes y sistemas	1	2	3		Observaciones
CC04-9	Compactador Expulsor –Zapatitas del expulsor		X			
CC04-10	Compuerta trasera – paredes		X		Compuerta trasera en estado regular con presencia de corrosiones por lixiviados	
CC04-11	Compuerta trasera - Tiras de desgaste		X			
CC04-12	Hidráulico – bomba	X			Sistema hidráulico en malas condiciones por fallo de válvulas con fugas de aceites	
CC04-13	Hidráulico – Válvulas de control	X				
CC04-14	Hidráulico – Depósito de aceite	X				
CC04-15	Hidráulico – Filtro	X				
CC04-16	Cilindros – Expulsor		X		Cilindros en buen estado de funcionamiento durante operación	
CC04-17	Cilindros - corredora		X			
CC04-18	Cilindros - Barrido			X		
CC04-19	Cilindros - compuerta trasera			X		

Anexos A5. Diagnóstico de la caja compactadora CC05

COD	Caja Compactadora N° 05				Estado actual	
	Marca McNeilus				Observaciones	
	Partes y sistemas	1	2	3		
CC05-1	Carrocería - Piso		X		Carrocería en estado regular, se observa desgaste en la pintura y zonas corroídas	
CC05-2	Carrocería - Paredes laterales		X			
CC05-3	Carrocería - Techo		X			
CC05-4	Tolva – Lados	X			Tolva en mal estado, se observa zonas desgastadas y sin juntas que unen la tolva con la carrocería posterior de la caja, se observa basura sin disposición final en tolva.	
CC05-5	Tolva - Piso	X				
CC05-6	Compactador Expulsor – Placa de cara corredora		X		Compactador expulsor en estado regular con presencia de corrosiones por lixiviados	
CC05-7	Compactador Expulsor –Placa de la cara de barrido		X			
CC05-8	Compactador Expulsor –Tira de borde el compactador		X			

CC05-9	Compactador Expulsor –Zapatas del expulsor		X		
CC05-10	Compuerta trasera – paredes		X		Compuerta trasera en estado regular con presencia de corrosiones por lixiviados
CC05-11	Compuerta trasera - Tiras de desgaste		X		
CC05-12	Hidráulico – bomba	X			Sistema hidráulico en muy malas condiciones por fallo de válvulas con fugas de aceites
CC05-13	Hidráulico – Válvulas de control	X			
CC05-14	Hidráulico – Depósito de aceite	X			
CC05-15	Hidráulico – Filtro	X			
CC05-16	Cilindros – Expulsor	X			Cilindros en muy mal estado de funcionamiento y sin operación.
CC05-17	Cilindros - corredora	X			
CC05-18	Cilindros - Barrido	X			
CC05-19	Cilindros - compuerta trasera	X			

Anexos B. Identificación de los componentes de las cajas compactadoras

	<p>EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y ASEO DE CAYAMBE</p>			
<p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</p>				
<p>Carrocera - Piso</p>				
<p>Carrocera - Paredes laterales</p>				
<p>Carrocera - Techo</p>				
<p>Tolva</p>				
<p>Tolva - Lados</p>				



**EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE,
ALCANTARILLADO Y ASEO DE CAYAMBE**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

<p>Tolva - Piso</p>				
<p>Compactador Expulsor – Placa de cara corredora</p>				
<p>Compactador Expulsor – Placa de la cara de barrido</p>				
<p>Compactador Expulsor – Tira de borde del compactador</p>				
<p>Compactador Expulsor – Zapatitas del expulsor</p>				
<p>Compuerta trasera – paredes</p>				



EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y ASEO DE CAYAMBE

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

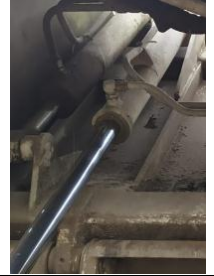
<p>Compuerta trasera - Tiras de desgaste</p>				
<p>Hidráulico - bomba</p>				
<p>Hidráulico - Válvulas de control</p>				
<p>Hidráulico - Depósito de aceite</p>				
<p>Hidráulico - Filtro</p>				
<p>Cilindros - Expulsor</p>				
<p>Cilindros - corredora</p>				



**EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE,
ALCANTARILLADO Y ASEO DE CAYAMBE**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Cilindros -
Barrido



Cilindros -
compuerta
trasera



Anexos C. Resumen de las rutas de recolección del Cantón Cayambe

No	RESUMEN RUTAS DE RECOLECCIÓN CANTÓN CAYAMBE				
	RUTA	UNIDAD	RECORRIDO	VEL. PRO.Km/h	TIEMPO (h)
1	RUTA 1 RECORRIDO A CAYAMBE	KM	11,68	3	5:30:00
2	RUTA 1 RECORRIDO B CAYAMBE	KM	12,93	3	4:28:00
3	RUTA 2 RECORRIDO A CAYAMBE	KM	11,71	3	5:58:56
4	RUTA 2 RECORRIDO B CAYAMBE	KM	12,55	3	4:39:00
5	RUTA 3 RECORRIDO A CAYAMBE	KM	14,30	3	5:02:00
6	RUTA 3 RECORRIDO B CAYAMBE	KM	5,72	3	3:13:00
7	RUTA 3 RECORRIDO C CAYAMBE	KM	7,73	3	4:15:00
8	RUTA 4 CAYAMBE	KM	7,36	5	2:58:01
9	RUTA 1 ASCAZUBI	KM	14,36	5	4:55:00
10	RUTA 2 ASCÁZUBI	KM	13,75	5	4:25:00
11	RUTA 1 AYORA	KM	12,93	4,5	5:05:00
12	RUTA 2 AYORA	KM	7,68	4,5	3:26:00
13	RUTA 1 CANGAGUA	KM	8,41	4,5	3:41:00
14	RUTA 2 CANGAGUA	KM	4,37	4,5	2:37:00
15	RUTA 1 RECORRIDO A CUSUBAMBA	KM	7,97	4,5	5:03:12
16	RUTA 1 RECORRIDO B CUSUBAMBA	KM	6,19	4,5	2:27:56
17	RUTA 2 CUSUBAMBA	KM	9,52	4,5	4:31:56
18	RUTA 1 RECORRIDO A JUAN MONTALVO	KM	18,92	4,5	4:59:00
19	RUTA 1 RECORRIDO B JUAN MONTALVO	KM	9,71	4,5	2:33:00
20	RUTA 2 JUAN MONTALVO	KM	17,56	4,5	6:00:00
21	RUTA 1 RECORRIDO A OLMEDO	KM	20,24	4,5	4:48:00
22	RUTA 1 RECORRIDO B OLMEDO	KM	15,31	4,5	3:32:00
23	RUTA 2 OLMEDO	KM	17,87	4,5	6:35:00
24	RUTA OTON	KM	4,61	4,5	3:19:00

Anexos D. NTP 679. Valoración de Severidad Detección y Ocurrencia en matriz AMFEC

Modo de falla

Incluyen las posibles causas que pueden provocar que un elemento, equipo o sistema falle, las mismas que pueden tener distintos modos de falla, debiéndose a procesos físicos o cualquier otro tipo que haya conducido a ello [11].

El modo de falla es la forma en que se observa una falla en una función, subsistema o componente. Hay muchos modos en que un componente o sistema puede fallar. Los modos de falla de interés dependen del componente específico, el sistema, el entorno y el historial pasado de fallas en sistemas similares, todos probables e independientes.

- (1) No operar en el momento adecuado
- (2) Operación intermitente
- (3) No dejar de operar en el momento adecuado
- (4) Pérdida de producción
- (5) Salida degradada o capacidad operativa reducida

Efecto de falla

Los efectos de falla con las consecuencias al no realizar una determinada tarea o actividad que forma parte del mantenimiento. En esta etapa se realiza un análisis de efectos de falla en cada elemento del diagrama de bloques de confiabilidad, la consecuencia de cada modo de falla en la operación del elemento, y en los siguientes niveles superiores. La falla puede afectar varios niveles de operación además del nivel de operación bajo análisis. Por lo tanto, se analizan los efectos locales, inmediatamente superiores y finales. En los efectos de falla también se debe considerar los objetivos de la misión, los requisitos de mantenimiento y la seguridad del sistema y del personal [11].

Los niveles de efecto de falla se definen de la siguiente manera:

(1) Los efectos locales son aquellos efectos que resultan específicamente del modo de falla del equipo en el nivel de operación bajo consideración. Los efectos locales se describen para proporcionar una base para evaluar las provisiones de compensación y recomendar acciones correctivas, y puede ser el propio del modo de falla.

(2) Los siguientes efectos de nivel superior son aquellos efectos que se concentran en el efecto de un modo de falla en particular donde un equipo o sistema se encuentra funcionando en el siguiente nivel de operación más alto.

(3) Los efectos finales son los efectos de la supuesta falla en la operación, función y/o estado del sistema. Los efectos finales o a nivel de sistema de fallas de elementos generalmente caen dentro de una de las siguientes categorías:

- Falla del sistema donde el elemento fallido tiene un efecto catastrófico en la operación del sistema.
- Operación degradada donde el elemento fallido tiene un efecto en la operación del sistema, pero aún se puede cumplir la misión del sistema.
- Sin efecto importante cuando el elemento fallido no causa efectos inmediatos en la operación del sistema.

Severidad (S)

La severidad muestra la ocurrencia de la falla en el sistema, lo cual va a depender de la persona que clasifica el daño. Para realizar el análisis se debe considerar el daño máximo esperado. Después de que todos los modos de falla y sus efectos en el sistema hayan sido documentados en el AMFEC, se necesita proporcionar una clasificación del efecto en la misión para cada modo de falla. Se debe asegurar de que, antes de asignar estas clasificaciones, se completen todas las columnas anteriores del AMFEC. Esto ayudará al analista a asignar cada clasificación de gravedad en relación con las demás. Esta clasificación se utilizará más adelante en el análisis de criticidad para establecer clasificaciones relativas de "gravedad" de todos los posibles modos de falla [11].

(1) Cada modo de falla de elemento se evalúa en términos de las peores consecuencias potenciales sobre el nivel del sistema que puede resultar de la falla del elemento. Se debe asignar una clasificación de gravedad a cada nivel del efecto de fallo del sistema; una clasificación más baja indica un efecto de falla menos severo, y una clasificación más alta indica una mayor gravedad de efecto de falla. Las clasificaciones de gravedad proporcionan una medida cualitativa de las peores consecuencias potenciales como resultado de la falla de un elemento.

(2) Se asigna una clasificación de gravedad a cada modo de falla identificado y cada elemento se analiza de acuerdo con las categorías de la tabla 35.

Tabla 38: Descripción de los niveles de severidad. [11].

Nivel	Efecto	Descripción
1	Ninguno	No hay razón para esperar que la falla tenga algún efecto sobre la seguridad, la salud, el medio ambiente o su función
2	Muy bajo	Interrupción menor del funcionamiento de la instalación. La reparación de fallas se puede lograr de una manera sencilla
3	Bajo	Interrupción menor de la función de la instalación. La reparación de la falla puede ser más complicada pero no retrasa sus funciones.
4	Bajo a moderado	Interrupción moderada del funcionamiento de las instalaciones. Es posible que una parte de las actividades necesiten volverse a hacer o retrasar el proceso.
5	Moderado	Interrupción moderada del funcionamiento de las instalaciones. El 100% de las actividades pueden necesitar ser realizadas nuevamente
6	Moderado a alto	Interrupción moderada a alta en el funcionamiento de las instalaciones. Una parte de su funcionalidad se pierde. Retraso moderado en la restauración de la función.
7	Alta	Interrupción alta del funcionamiento de las instalaciones. Una parte de la funcionalidad se pierde. Importante retraso en la restauración de la función
8	Muy alta	Toda la Misión está perdida. Retraso importante en la función restauradora.

Nivel	Efecto	Descripción
9	Peligro Potencial	Problema de seguridad, salud o medio ambiente. La falla ocurrirá con una advertencia
10	Peligro potencial	Problema de seguridad, salud o medio ambiente. La falla ocurrirá sin advertencia

(3) Aunque esta tabla se puede utilizar para un análisis cualitativo (sin datos) o cuantitativo (con datos), algunas instalaciones pueden elegir las siguientes categorías para asignar otro formato para el análisis de criticidad cuantitativa utilizando para "marcar" a los analistas para elementos de alta severidad. No es recomendable utilizar este método para clasificar la gravedad en un análisis cualitativo [11].

- (1) Categoría I - Menor: una falla que no es lo suficientemente grave como para causar lesiones, daños a la propiedad o al sistema, pero que resultará en un mantenimiento o reparación no programada.
- (2) Categoría II - Marginal: una falla que puede causar lesiones menores, daños menores a la propiedad o daños menores al sistema que resultarán en retrasos o pérdida de disponibilidad o degradación de la misión.
- (3) Categoría III - Crítico: Una falla que puede causar lesiones graves o daños importantes al sistema que resultará en la pérdida de la misión. Se producirá un retraso significativo en la restauración de la función del sistema.
- (4) Categoría IV - Catastrófica: Una falla que puede causar daños irreparables o la incapacidad para llevar a cabo la misión sin previo aviso (falla de energía, sobrecalentamiento).
- Si hay alguna observación o comentario especial que deba registrarse, debe incluirse en la categoría "OBSERVACIONES". Esto debe incluir peligros específicos o explicaciones de los efectos del modo de falla u otras categorías asociadas con él.

Ocurrencia (O)

La clasificación de ocurrencia es un método utilizado para asignar subjetivamente una tasa de falla de un equipo o componente. Cada paso en la clasificación corresponderá a una tasa de falla estimada basada en la experiencia del analista con equipos y en un entorno similar. Una tasa de falla conocida se puede comparar con una clasificación de ocurrencia, lo que permite un análisis completo de un sistema que no tiene información sobre la tasa de falla y el modo de falla en cada elemento o componente [11].

En este tipo de análisis se utilizan datos de tasas de falla conocidas, y no solo agrega mérito a la clasificación del equipo con datos de falla, sino que también agrega mérito a las clasificaciones de ocurrencia de equipos desconocidos al proporcionar puntos de referencia dentro de la escala de clasificación. Estos valores establecerán la probabilidad cualitativa del nivel de falla según la frecuencia de ocurrencia, que pueden ser horas, días, ciclos, etc. Como se muestra en la tabla 36 [11].

Tabla 39: Descripción de los niveles de ocurrencia [11].

Nivel	Tasa de fracaso	Descripción
1	1/10000	Probabilidad remota de ocurrencia; irrazonable esperar que ocurra una falla
2	1/5000	Tasa de fallas muy baja. Similar al diseño anterior que ha tenido bajas tasas de falla para volumen/carga dados
3	1/2000	Baja tasa de fallas basada en un diseño similar para volúmenes/cargas dados
4	1/1000	Tasa de fallas ocasionales. Similar al diseño anterior que ha tenido tasas de falla similares para volumen/carga dados
5	1/500	Tasa de falla moderada. Similar al diseño anterior que tiene tasas de falla moderadas para volumen/carga dados
6	1/200	Tasa de falla moderada a alta. Similar al diseño anterior con tasas de falla moderadas para un volumen/carga determinada
7	1/100	Alta tasa de fallas. Similar al diseño anterior con fallas frecuentes que causaron problemas

Nivel	Tasa de fracaso	Descripción
8	1/50	Alta tasa de fallas. Similar al diseño anterior con fallas frecuentes que causaron problemas
9	1/20	Tasa de fracaso muy alta. Casi seguro que causará problemas
10	1/10+	Tasa de fracaso muy alta. Casi seguro que causará problemas

Detección

Esta variable consiste en que probable es que cualquier fallo que se presente en el equipo o sistema pueda ser detectado por el operador, y pueda generar consecuencias negativas en el proceso que realiza. Cuanto mayor sea el tiempo de detección del fallo y más difícil sea detectar el mismo, los daños serán más severos, como se muestra en la tabla 37 [11].

Tabla 40: Descripción de los niveles de detección [11].

Nivel	Detección	Descripción
1	Casi seguro	Control(es) actual(es) casi seguro(s) de detectar el modo de falla. Los controles confiables son conocidos con procesos similares.
2	Muy alta	Muy alta probabilidad de que los controles de corriente detecten el modo de falla
3	Alta	Alta probabilidad de que los controles actuales detecten el modo de falla
4	Moderadamente alta	Probabilidad moderadamente alta de que los controles actuales detecten el modo de falla
5	Moderada	Probabilidad moderada de que los controles actuales detecten el modo de falla
6	Baja	Los controles de corriente de baja probabilidad detectarán el modo de falla
7	Muy baja	Muy baja probabilidad de que los controles de corriente detecten el modo de falla

Nivel	Detección	Descripción
8	Remota	Los controles de corriente de probabilidad remota detectarán el modo de falla
9	Muy remota	Muy remota probabilidad de que los controles actuales detecten el modo de falla
10	Casi imposible	No se conocen controles disponibles para detectar el modo de falla

Índice de Prioridad de Riesgo (RPN)

El Índice de Prioridad de Riesgo (RPN) es el producto de la Severidad (1-10), de la Ocurrencia (1-10) y de la Detección (1-10) según la clasificación que se haya dado, y se calcula mediante la ecuación 1 [11].

$$RPN = S \times O \times D$$

Ecuación 2

El Número de Prioridad de Riesgo se utiliza para clasificar e identificar las preocupaciones o riesgos asociados con la operación debido al diseño. Este número proporcionará un medio para priorizar qué componentes deben ser evaluados por el equipo con el fin de reducir su riesgo calculado, a través de algún tipo de acción correctiva o esfuerzos de mantenimiento. Sin embargo, cuando la severidad está en un nivel alto, se puede dar una acción correctiva inmediata independientemente del RPN resultante [11].