

IMPLEMENTACIÓN DE LA MATRIZ DE CRITICIDAD EN EL ÁREA DE EQUIPOS
MÓVILES Y DE ELEVACIÓN EN LA EMPRESA FAISMON S.A.S. Y ANÁLISIS DEL
COSTO DEL CICLO DE VIDA EN LAS GRÚAS TELESCÓPICAS

INFORME DE PRÁCTICA ACADÉMICA

JULIAN ANDRÉS MUÑOZ PALACIO



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

1803

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN, 2018

IMPLEMENTACIÓN DE LA MATRIZ DE CRITICIDAD EN EL ÁREA DE EQUIPOS
MÓVILES Y DE ELEVACIÓN EN LA EMPRESA FAISMON S.A.S. Y ANÁLISIS DEL
COSTO DEL CICLO DE VIDA EN LAS GRÚAS TELESCÓPICAS

JULIAN ANDRÉS MUÑOZ PALACIO

ASESOR INTERNO
JUAN CARLOS ORREGO BARRERA

ASESOR EXTERNO
CESAR ALFONZO MONTERROSA ARRIETA



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN, 2018

CONTENIDO

1	TÍTULO	7
2	RESUMEN	7
3	INTRODUCCIÓN	8
4	OBJETIVOS	9
4.1	Objetivo general	9
4.2	Objetivos específicos	9
5	MARCO TEÓRICO	10
5.1	Mantenimiento centrado en confiabilidad	10
5.2	Confiabilidad operacional	10
5.3	Contexto operacional	11
5.3.1	Historia de <i>Faismon S.A.S.</i>	12
5.3.2	Política integral	12
5.3.3	Certificaciones.....	13
5.3.4	Responsabilidad social	13
5.3.5	Misión	13
5.3.6	Visión	14
5.4	Análisis de riesgo	14
5.4.1	Métodos semi-cuantitativos	15
5.4.2	Criticidad	15
5.4.3	Matriz de riesgo	15
5.5	Ciclo de vida de un activo.....	16
5.5.1	Costo del ciclo de vida de un activo	17
5.6	Confiabilidad y costo del ciclo de vida de un activo.....	18
5.7	Renovación y adquisición de activos	18
5.8	Modelo LCC (<i>Life Cycle Costing</i>).....	19
5.8.1	Evaluación del costo durante el ciclo de vida.....	19
6	METODOLOGÍA	21
6.1	Análisis de riesgo	21
6.1.1	Selección del área de trabajo.....	22
6.1.2	Selección del grupo de trabajo	22
6.1.3	Matriz de riesgo	23
6.2	Modelo LCC para el costo del ciclo de vida	24
6.2.1	Costos de los activos durante el ciclo de vida	25
7	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	27
7.1	Análisis de criticidad	27
7.1.1	Probabilidades de falla	27
7.1.2	Consecuencias.....	27
7.1.3	Matriz de criticidad.....	28
7.2	Análisis del costo del ciclo de vida de las grúas telescópicas.....	30
7.2.1	Costos por mantenimiento	30
7.2.2	Discriminación de los costos totales por mantenimiento	32
7.2.3	Evaluación del costo del ciclo de vida de las grúas telescópicas.....	33
8	CONCLUSIONES	38
9	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
10	ANEXOS.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5.1. Cambios en las técnicas de mantenimiento	10
Figura 5.2. Diagrama de confiabilidad operacional y sus elementos integrantes.....	11
Figura 5.3. Plano de riesgo.....	16
Figura 6.1. Matriz de criticidad	22
Figura 6.2. Nivel de importancia de las variables para la unidad estratégica de negocio.....	24
Figura 6.3 Modelo LCC utilizado para analizar el costo del ciclo de vida de las grúas telescópicas.....	24
Figura 7.1 Proyección de los costos por mantenimiento de la grúa T-600.....	31



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1. Resumen de las fases del ciclo de vida.....	17
Tabla 6.1. Jerarquización y ponderación de las consecuencias	23
Tabla 7.1. Rango de probabilidades de falla.....	27
Tabla 7.2. Consecuencias en la rentabilidad de la unidad estratégica de negocio.....	27
Tabla 7.3. Consecuencias en la seguridad.....	28
Tabla 7.4. Consecuencias debido a la satisfacción del cliente.....	28
Tabla 7.5. Consecuencias para el medio ambiente.....	28
Tabla 7.6. Consecuencias por mantenimiento.....	28
Tabla 7.7. Modelo de Matriz de Criticidad.....	28
Tabla 7.8. Rangos y niveles de criticidad.....	28
Tabla 7.9. Estado de criticidad hallado para cada equipo	29
Tabla 7.10. Equipos analizados y evaluados en el modelo de criticidad.....	30
Tabla 7.11 Histórico y proyección de costos totales por mantenimiento de la grúa T-600.....	30
Tabla 7.12 Costo de inversión, mantenimiento preventivo y de operación por año de las grúas telescópicas.....	32
Tabla 7.13 Costos por mantenimiento correctivo en un lapso de cuatro años.....	33
Tabla 7.14 Tarifas de alquiler y tiempos por mantenimiento.....	34
Tabla 7.15 Valor presente neto determinado para cada uno de los activos.....	34
Tabla 7.16 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica GROVE 1.....	35
Tabla 7.17 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica E-122.....	35
Tabla 7.18 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica OMEGA.....	35
Tabla 7.19 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica GROVE 3.....	35
Tabla 7.20 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica T-600.....	35
Tabla 7.21 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica T-35.....	36
Tabla 7.22 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica COLES.....	36
Tabla 7.23 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica MILITAR.....	36
Tabla 7.24 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica T-80.....	36
Tabla 7.25 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica T-110.....	36
Tabla 7.26 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica T-150.....	37
Tabla 7.27 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica T-40-1.....	37
Tabla 7.28 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica T-40-2.....	37
Tabla 7.29 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica MINIGRÚA MAEDA.....	37
Tabla 10.1 Costos por mantenimiento correctivo de cada uno de los activos.....	41
Tabla 10.2 Evaluación del costo del ciclo de vida de la grúa GROVE 1.....	42
Tabla 10.3 Evaluación del costo del ciclo de vida de la grúa E-122.....	43
Tabla 10.4 Evaluación del costo del ciclo de vida de la grúa OMEGA.....	44
Tabla 10.5 Evaluación del costo del ciclo de vida de la grúa GROVE 3.....	45
Tabla 10.6 Evaluación del costo del ciclo de vida de la grúa T-600.....	46
Tabla 10.7 Evaluación del costo del ciclo de vida de la grúa T-35.....	47

Tabla 10.8 Evaluación del costo del ciclo de vida de la grúa COLES.....	48
Tabla 10.9 Evaluación del costo del ciclo de vida de la grúa MILITAR.	49
Tabla 10.10 Evaluación del costo del ciclo de vida de la grúa T-80.....	50
Tabla 10.11 Evaluación del costo del ciclo de vida de la grúa T-110.	51
Tabla 10.12 Evaluación del costo del ciclo de vida de la grúa T-150.	52
Tabla 10.13 Evaluación del costo del ciclo de vida de la grúa T-40-1.	53
Tabla 10.14 Evaluación del costo del ciclo de vida de la grúa T-40-2.	54
Tabla 10.15 Evaluación del costo del ciclo de vida de la grúa MINIGRUA MAEDA.....	54



1 TÍTULO

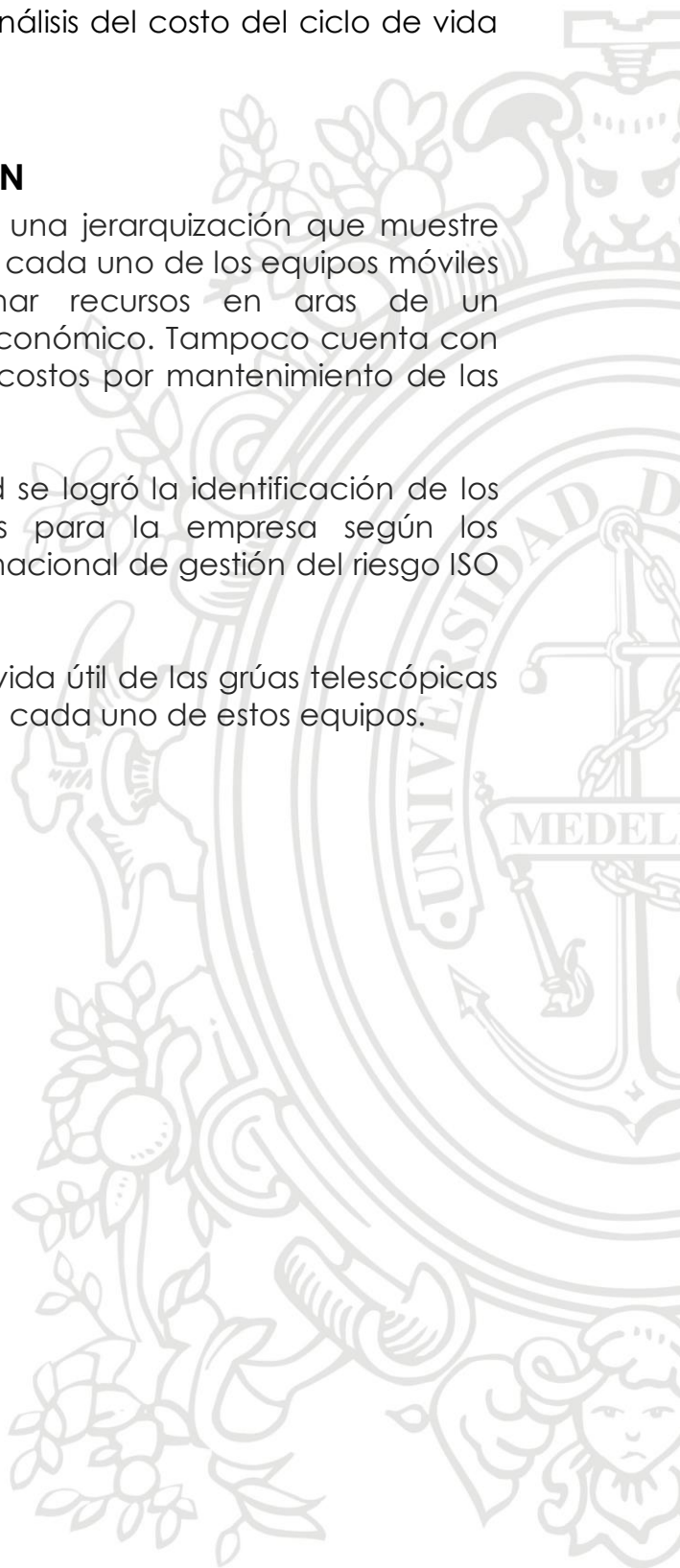
Implementación de la matriz de criticidad en el área de equipos móviles y de elevación en la empresa *Fasimon S.A.S.* y análisis del costo del ciclo de vida en las grúas telescópicas.

2 RESUMEN

La empresa *Fasimon S.A.S.* no cuenta con una jerarquización que muestre con claridad la distribución de criticidad de cada uno de los equipos móviles y de elevación para poder direccionar recursos en aras de un mantenimiento eficiente, eficaz, seguro y económico. Tampoco cuenta con un indicador donde se pueda analizar los costos por mantenimiento de las grúas telescópicas según su vida útil.

Por medio de una evaluación de criticidad se logró la identificación de los equipos móviles y de elevación críticos para la empresa según los parámetros establecidos por la norma internacional de gestión del riesgo ISO 31000 y las necesidades de la organización.

Se realizó un análisis del costo del ciclo de vida útil de las grúas telescópicas y se identificó la distribución de consumo de cada uno de estos equipos.



3 INTRODUCCIÓN

Faismon S.A.S. es una empresa dedicada a la prestación de servicios como lo es el alquiler de grúas telescópicas, mantenimiento industrial, certificaciones de trabajos seguros en alturas, fabricación y montajes de estructuras metalmeccánicas. Cuenta con más de 25 años de experiencia y opera en varias regiones del país en diversos campos del sector industrial, como lo es, el sector alimenticio, agroindustrial, público – publicitario, etc. Actualmente mantiene una responsabilidad social con más de 600 empleados por la organización y todo el personal que indirectamente se ve afectado por cada una de las operaciones que desempeña.

Debido a la necesidad de prestar y garantizar un mejor servicio de calidad en cumplimiento con la normatividad, *Faismon S.A.S.* incursiona nuevas estrategias según los cambios y avances que se presentan constantemente en el entorno. Por lo tanto, desde la dirección de mantenimiento se está implementando un modelo de gestión centrado en confiabilidad RCM (*mantenimiento centrado en confiabilidad*) como metodología para determinar la disponibilidad de los equipos y disminuir los costos por mantenimiento.

Este proyecto socaba la información de la compañía para integrarla y generar una nueva fuente de datos, inclusiva para la toma de decisiones en el enfoque de recursos de la empresa. De tal forma, se realizó una evaluación de criticidad de los equipos móviles y de elevación para la estructuración optimizada de los mismos y un análisis del costo de ciclo de vida útil de las grúas telescópicas.

Se enfatiza en los equipos móviles y de elevación porque pertenece a una de las líneas de negocio de la empresa y por ende se debe prestar la suficiente atención para mantenerlos disponibles y aptos a la hora del alquiler a los respectivos clientes.

Registrar y definir completamente los activos de una organización, de acuerdo a la necesidad que se tenga, hace que se creen bases sustentables para una buena gestión y se direccionen con mayor facilidad, predicción y ordenamiento los recursos para mantener dichos activos en funcionamiento cuando se necesiten oportunamente. Por tal motivo fue necesario realizar la evaluación de criticidad.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Implementar de la matriz de criticidad en el área de equipos móviles y de elevación en la empresa *Faismon S.A.S.* y analizar del costo del ciclo de vida en las grúas telescópicas.

4.2 Objetivos específicos

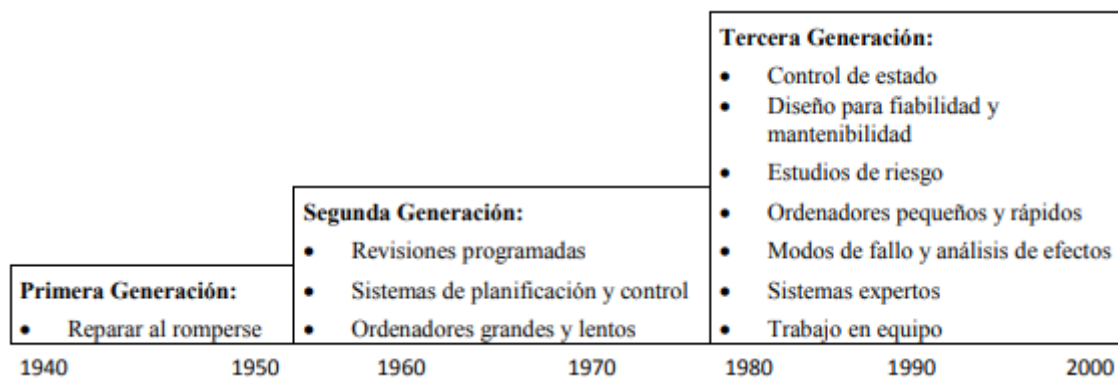
- ✓ Realizar un estado del arte acerca de la implementación de la matriz de criticidad y análisis del costo del ciclo de vida útil de activos físicos.
- ✓ Modelar un sistema en el software de Excel, donde se permita la construcción y visualización del modelo de criticidad con las respectivas variables a analizar.
- ✓ Adecuar la matriz de criticidad de acuerdo a las necesidades y el contexto operacional de la empresa.
- ✓ Recopilar y organizar toda la información de costos de inversión y mantenimiento de cada uno de los equipos móviles y de elevación.
- ✓ Evaluar la criticidad de los equipos móviles y de elevación de la empresa *Faismon S.A.S.*
- ✓ Analizar el costo del ciclo de vida útil de los equipos de las grúas telescópicas de la empresa *Faismon S.A.S.*

5 MARCO TEÓRICO

5.1 Mantenimiento centrado en confiabilidad

Mantenimiento centrado en confiabilidad o RCM por sus siglas en inglés (*Reliability Centred Maintenance*), es una metodología implementada en la industria para aumentar la disponibilidad de los equipos y disminuir los costos por mantenimiento. Inicialmente fue desarrollada en el sector de aviación, posteriormente se trasladó al campo militar y mucho después al industrial, debido a los resultados que se habían obtenido del sector aeronáutico (Zeas and Patricio 2017).

En los últimos años se han venido incursionando nuevas técnicas para este tipo de mantenimiento. A continuación se muestra en la figura la evolución que se ha tenido por generaciones según las necesidades del entorno.



Este tipo de mantenimiento está enfocado en el análisis de fallos ocurridos y

Figura 5.1. Cambios en las técnicas de mantenimiento todos aquellos que se tratan de evitar por su probabilidad alta de ocurrencia con determinadas acciones preventivas, disminuyendo así graves consecuencias y garantizando un óptimo funcionamiento de los activos físicos (Arroyave and Silva 2007).

5.2 Confiabilidad operacional

Es la probabilidad de que un equipo puede desempeñar su función prevista sin incidentes por un periodo de tiempo especificado bajo condiciones de uso ya establecidas (Alexander and Velasquez 2018).

La confiabilidad operacional posee cuatro elementos integrantes. Los cuales son: confiabilidad de los equipos, confiabilidad de los procesos, confiabilidad humana y mantenibilidad de los equipos. A continuación se expone gráficamente el concepto de confiabilidad operacional (Díaz, Abril, and Lobaina 2015).

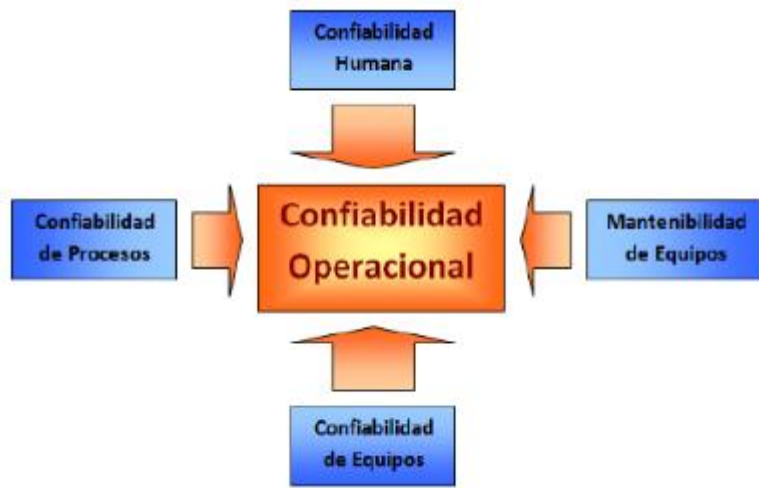


Figura 5.2. Diagrama de confiabilidad operacional y sus elementos integrantes.

Es una de las más recientes metodologías para la productividad industrial con el propósito de aprovechar el historial de fallas y convertirlo en oportunidades de mejora donde se integran las cuatro partes anteriormente descritas en el diagrama de la **figura 5.2.**

5.3 Contexto operacional

Según la norma SAE JA1011 sección 5.5.1 la definición de un contexto operacional para un activo físico incluye la descripción global de cómo se utilizará el activo, donde se utilizará y los aspectos de su desempeño (producción, rendimiento, seguridad, medio ambiente, etc.).

El contexto operacional es considerado como una parte del proceso del RCM y es un factor diferenciador en los planes de mantenimiento entre activos físicos del mismo tipo, permitiendo ajustar actividades y frecuencias a las necesidades.

Los aspectos principales que se deben revisar para el contexto operacional son los siguientes según (Orrego and Araque 2015):

- ✚ Seguridad
- ✚ Sistema de gestión
- ✚ Políticas de repuestos
- ✚ Factores ambientales
- ✚ Alarmas e indicadores
- ✚ Estándares de calidad
- ✚ Elementos de respaldo
- ✚ Tipo de demanda
- ✚ Situación del mercado
- ✚ Nivel de capacitación
- ✚ Periodo de servicio
- ✚ Normas y leyes
- ✚ Tipo de proceso
- ✚ Ubicación de activos
- ✚ Factores sociales
- ✚ Impacto de las fallas
- ✚ Régimen de marcha
- ✚ Materias primas

5.3.1 Historia de Faismon S.A.S.

En Medellín fue fundada el 8 de febrero de 1991 la empresa *Faismon sas*, la cual desarrollaba labores de fabricación, aislamiento y montaje de estructuras metalmecánicas.

En 1995 se incursiono la prestación del servicio de alquiler de grúas telescópicas.

En 2005 se implementó una línea de mantenimiento industrial como otra de las unidades estratégicas de negocio.

En 2010 se empezó con el alquiler de equipos de elevación como lo son los Manlieft, Telehandler, etc.

En 2014 se iniciaron los procesos de capacitación y certificación de trabajos seguros en alturas.

Actualmente cuentan con cuatro unidades estratégicas de negocios: Fabricación de Estructuras Metalmecánicas, Montajes y Desmontajes Industriales, Mantenimiento Industrial y Alquiler de Grúas Telescópicas y Equipos de Elevación. Adicional a esto, tienen la infraestructura y el aval para certificar trabajos seguros en alturas.

5.3.2 Política integral

Calidad: La satisfacción de las necesidades del cliente respecto a los servicios de fabricación de estructuras metálicas, montajes y desmontajes industriales, mantenimiento industrial y alquiler de grúas telescópicas y equipos de elevación.

Seguridad vial: Promoción de campañas, hábitos, comportamientos y conductas seguras para el autocuidado y prevención de accidentes de tránsito derivados de la operación vehicular y peatonal.

No alcohol, sustancias psicoactivas y fumadores:

- Generar estrategias de promoción prevención e intervención para el consumo, abuso y adicción al tabaco, alcohol y sustancias psicoactivas.
- Prevención del consumo, abuso y adicción al tabaco, alcohol y sustancias psicoactivas, en pro del sano desarrollo de nuestros colaboradores y una mejor calidad de vida laboral social y familiar.

Sostenibilidad: El fomento de sostenibilidad, qué beneficia a nuestros grupos de interés como: accionistas empleados comunidad clientes proveedores, contratistas, subcontratistas, estado, medio ambiente, entre otros.

Seguridad, salud en el trabajo y medio ambiente:

- Controlar los riesgos prioritarios que puedan generar accidentes y enfermedades laborales.
- Disminuir el impacto ambiental negativo generado a partir de los procesos y actividades organizacionales.
- identificación de los peligros, evaluación y valoración de los riesgos, determinación de los respectivos controles y riesgos prioritarios, la prevención de accidentes y enfermedades laborales daños a la propiedad e impactos socio-ambientales negativos.

5.3.3 Certificaciones

- ✓ Certificación en prestación de servicios Incontec CS-CER598703
- ✓ Certificación en calidad ISO 9001.
- ✓ Certificación en seguridad y salud en el trabajo OHSAS 18001.
- ✓ Certificación en medio ambiente ISO 14001.
- ✓ Certificación Fenalco Solidario debido a la responsabilidad social.

5.3.4 Responsabilidad social

Somos una empresa comprometida con el desarrollo, económico, social y ambiental del país. Desde el año 2010; Fenalco Solidario nos otorgó el sello de RSE.

5.3.4.1 Medio ambiente

Identificamos aspectos, valoramos impactos y definimos controles para prevenir incidentes y accidentes ambientales.

5.3.5 Misión

Contribuir al desarrollo de las empresas industriales, de la construcción y de servicios a nivel nacional, satisfaciendo sus necesidades y expectativas referentes a la prestación de servicios de fabricación de estructuras metalmecánicas, montajes y desmontajes industriales, mantenimiento industrial, alquiler de grúas telescópicas y equipos de elevación. Trabajar con responsabilidad y cumplimiento, características que permiten alcanzar metas y satisfacer las necesidades de los clientes internos y externos. Para *Faismon* es muy importante manejar un buen ambiente laboral basado en el respeto, compañerismo y trabajo en equipo, lo cual impulsa a obtener desarrollo personal, profesional, técnico y socio-económico, tanto en los clientes como en la propia organización.

5.3.6 Visión

Para el año 2020 seremos una organización con cobertura a nivel nacional, reconocida por nuestras soluciones integrales, comprometida en fidelizar a nuestros clientes, generando valor agregado a nuestros servicios y grupos de interés y aportar al desarrollo sostenible en los aspectos Social, Ambiental y Económico.

5.4 Análisis de riesgo

La gestión del riesgo es una práctica que minimiza el impacto de las consecuencias debido a evaluaciones realizadas para implementar acciones correctivas o preventivas a sistemas o procesos. Desde el 2001 se ha venido identificando y gestionando todo tipo de riesgo, tales como: riesgo estratégico, riesgo de mercado, riesgo de insumos, riesgo de productos, riesgo legal, riesgo tecnológico, riesgo laboral, riesgo físico y riesgo de procesos (Martínez 2014).

Los pasos para llevar a cabo un análisis de riesgo y obtener unos resultados adecuados son (Guerrero 2013):

1. Selección del área de trabajo: Esta selección delimita el foco de análisis y define un alcance para la consecución de los objetivos. El alcance puede variar desde un área concreta, por ejemplo, desde una línea de producción en una planta, a una planta por completo.
2. Selección del equipo de trabajo: Es importante incluir a los departamentos directamente implicados para el análisis con el fin de tener una mirada general de a su experiencia y procesos de aprendizaje. Es necesario definir el grupo de trabajo con sus respectivos roles.
3. Definición de criterios: Atendiendo a los objetivos de la organización y a los específicos de mantenimiento se deben seleccionar las variables a analizar y evaluar.
4. Metodología de análisis: Una vez definidos los criterios, se debe definir una metodología que permita el análisis y recoja el peso de cada uno de los criterios en justa medida.
5. Evaluación y análisis: Debe llevarse a cabo el análisis por parte del grupo de trabajo. Una vez finalizado, se analizan los resultados, en busca de incoherencia y posibles errores en la evaluación o metodología.

Un buen análisis genera un gran impacto en la organización, debido a que las políticas de mantenimiento son completamente dependientes de los resultados obtenidos (Seifeddine 2003).

5.4.1 Métodos semi-cuantitativos

Son semi-cuantitativos porque emplean técnicas numéricas y alfanuméricas al tiempo. La definición de criterios de decisión depende de la madurez de la organización, la información disponible y de los objetivos de análisis. Estos métodos utilizados usan clasificaciones de palabras como alto, medio o bajo o descripciones más detalladas de las probabilidades de falla con su respectiva consecuencia. Las clasificaciones se muestran en relación con una escala apropiada para calcular el nivel de riesgo (ISO 9001 2015).

Existen metodologías de evaluación de riesgo que permiten una flexibilidad en los sistemas seleccionados. A continuación se muestra el método implementado para la determinación de resultados según el análisis de riesgo.

5.4.2 Criticidad

La evaluación de criticidad establece una jerarquización de los equipos a analizar según su estado de criticidad. Este método separa dos aspectos que determina el riesgo común, que son la frecuencia de fallos y las consecuencias.

La expresión que determina el riesgo es la siguiente (Sanchez Montes 2017):

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} * \text{Consecuencia}$$

Donde:

Frecuencia: Esta dada por el número de fallos respecto al tiempo.

Consecuencia: Es el efecto que puede ocasionar debido a los fallos que se puedan ocasionar. Se deben tener en cuenta factores según sea las necesidades y el contexto de la organización, tales como la seguridad, medio ambiente, rentabilidad, mantenimiento, satisfacción al cliente, etc. La consecuencia se determina con la sumatoria de cada una de estos factores.

$$\text{Consecuencia} = \text{SEG} + \text{MA} + \text{REN} + \text{MAN} + \text{SAT}$$

Donde:

SEG: Seguridad.

MA: Medio ambiente.

REN: Rentabilidad.

MAN: Mantenimiento.

SAT: Satisfacción del cliente.

5.4.3 Matriz de riesgo

Esta herramienta es utilizada como una técnica para evaluar subjetivamente peligros en cuanto a sus riesgos. Los cuales están expresados como una combinación de la severidad o consecuencia y la probabilidad de falla. Estas dos variables definen un plano de riesgo según (Orrego and Araque 2015b):



Figura 5.3. Plano de riesgo.

En la **figura 5.3** se puede observar que a medida que aumenta la probabilidad de falla y la severidad, el riesgo se incrementa hasta el punto que se considera catastrófico en cada uno de los aspectos evaluados. También se puede ver las curvas de nivel de ISO – RIESGO, donde se consideran estados aceptables, medianamente aceptables e inaceptables en función del incremento del riesgo.

Al momento de aplicar este método, el riesgo debe ser evaluado en el peor caso creíble. No hacerlo haría que el resultado obtenido en la evaluación de criticidad sea bajo debido al sesgo y apreciaciones personales, donde se comprometería todo el proceso con fuentes de datos arrojados de forma no confiables para la toma de decisiones.

5.5 Ciclo de vida de un activo

La norma IEC_60300-3 define el ciclo de vida de los activos como "...el intervalo de tiempo entre la concepción del producto y su eliminación". Se consideran cuatro etapas en el ciclo de vida de un activo.

1. Concepción: Es cuando se considera por parte de una planeación estratégica, la renovación o el suministro de un activo para la organización. En esta etapa es necesario conocer la normatividad, las especificaciones técnicas y constructivas que conforman el activo físico.
2. Creación o adquisición: Es cuando la empresa adquiere el activo basado en el análisis de todas las especificaciones de la primera fase.
3. Operación y mantenimiento: Es cuando el activo está en funcionamiento y requiere de algunos recursos para su operación, además de un mantenimiento y monitoreo de acuerdo a la condición y diagnostico (Aliani and Romero 2014).
4. Desincorporación o eliminación: Esta última etapa es determinada por la organización cuando el beneficio que ofrece el activo no se

considera importante y se toma la decisión de eliminarlo, venderlo o destruirlo.

5.5.1 Costo del ciclo de vida de un activo

La determinación de costo del ciclo de vida de un activo, se obtiene mediante un análisis económico, el cual permite determinar los costos totales de su inversión, operación, mantenimiento y desincorporación.

Los costos financieros del ciclo de vida de los activos se pueden clasificar de la siguiente forma (Pérez and Carrasquilla 2013):

- Costos de inversión o CAPEX (*Capital Expenditures*):
Los gastos de capital incluyen todos los gastos durante el año, tanto para estructuras, equipos nuevos y usados con cargo a las cuentas de activos para los que la depreciación o armonización se mantienen normalmente.
- Costos de propiedad u OPEX (*Operational Expenditures*): Estos, tienen en cuenta todo aquello que afecta la operación del activo. Un ejemplo de ello, serían los costos por mantenimiento debido a mano de obra, repuestos o insumos, gestión, estudios, etc.
- Desincorporación o etapa de eliminación: Es un tema que la compañía considera como necesario y adecuado para que el activo cubra la necesidad y genere una retribución económica a la misma.

En la siguiente tabla se muestran las tres fases del ciclo de vida: Según la IEC 60300-3,2013 los costos del ciclo de vida de un activo es la suma de los diferentes costos que se presentan en cada una de las etapas del ciclo de vida, por lo tanto el costo de ciclo de vida (CCV) está dado por (Castañeda and Pérez 2017):

$$CCV(t) = CA(t) + COM(t) + CD(t)$$

Tabla 5.1. Resumen de las fases del ciclo de vida.

FASE	ALCANCE
Planeación, inversión, diseño y ejecución del proyecto	Plan de inversiones, cumplimiento legal y regulatorio, estudios de expansión, proyectos (ingeniería, diseño, adquisición y ejecución)
Operación, mantenimiento, renovación (<i>refurbishment</i>)	Operación, mantenimiento preventivo y correctivo, renovación, manejo de inventarios, seguimiento a proveedores, salud ocupacional, gestión ambiental
Reemplazo y disposición final	Deberá cumplir con la legislación vigente

Donde:

CA: Representa el valor de la inversión inicial por el cual fue adquirido por la organización o monto por el cual se realiza una repotenciación del activo.

COM: Es el costo por mantenimiento. Está relacionado con las labores de mantenimiento que se realizan al activo, los repuestos o partes implicados en esas acciones, la mano de obra, consultorías de expertos y también en la consecución de los objetivos de la organización, representando pérdidas y costos mayores.

CD: Es el costo por desincorporación. Se asocia a los costos por recolección, transporte y disposición final de los residuos (Romero, Mombello, and Rattá 2012).

5.6 Confiabilidad y costo del ciclo de vida de un activo

La confiabilidad se usa para describir la disponibilidad de un activo y sus factores de influencia, como lo es la operación, mantenimiento, suministro de productos y equipos, documentación, formación de personal, energía, consumibles, etc. El rendimiento de estas variables puede tener un aporte significativo sobre CCV. Un mayor costo inicial puede resultar en mejora del mantenimiento, operación o suministro de productos y equipos consumibles generando una mejor disponibilidad de los activos y un coste menor en la etapa de operación y mantenimiento (Norma Española UNE-EN 60300-3-3 2009).

5.7 Renovación y adquisición de activos

Los activos se deben renovar teniendo en cuenta los siguientes criterios (Pérez and Carrasquilla 2013):

1. Si los equipos cumplieron con su vida original o ciclo de vida extendido (cuando previamente fueron renovados).
2. Cuando ha sido evaluada la relación costo/beneficio y resulta mejor reemplazarlo que asumir un riesgo por indisponibilidad del activo.
3. Cuando los equipos no tienen soporte del proveedor y no se cuenta con la tecnología o repuestos para repararlos.
4. Cuando las nuevas tecnologías representen un beneficio que justifica el cambio, aunque se cuente aún con vida útil remanente.
5. Cuando hay equipos que representen un riesgo inminente para las personas, la sociedad o el medio ambiente.
6. Cuando el diseño de los equipos no cumple con la disponibilidad exigida por la regulación.
7. Cuando hay equipos con un alto índice de fallas que ocasionan pagos de compensaciones (penalidades).

8. Cuando los costos de mantenimiento se incrementan con el tiempo de uso, ocasionando disminución en los ingresos e, incluso, pérdidas.

5.8 Modelo LCC (Life Cycle Costing).

El modelo LCC es reconocido por varias normas internacionales, y de acuerdo a la norma IEC 60300, se recomienda para cualquier tipo, un costeo detallado del activo mediante tres diferentes variables (Pérez and Carrasquilla 2013):

1. Costo de ingeniería: Es una metodología, que a partir del estudio de métodos y tiempos, se pueden determinar los costos asociados a cada una de las actividades del sistema.
2. Analogía: Es una estimación que se hace mediante el uso de resultados históricos de productos similares o competentes.
3. Paramétrico: Es una relación entre los costos y algunos productos y procesos.

El costo de instalación, operación, mantenimiento y desincorporación del activo hacen parte del costo total, el cual permite calcular los indicadores financieros y determina la vida económica del activo.

5.8.1 Evaluación del costo durante el ciclo de vida

La norma IEC 60300 (IEC, 2004, p. 29) indica que para realizar el modelo de cálculo de costos se debe:

1. Realizar un desglose de los costos y determinar su estructura.
 - a) Seleccionar las categorías de los diferentes costos.
 - b) Seleccionar los elementos de costos.
2. Estimación de costos.
3. Análisis de sensibilidad.
4. Análisis de riesgos.
5. Presentación de los resultados.

Por otro lado, la norma también recomienda los siguientes pasos para las diferentes etapas del ciclo de vida del activo:

1. Concepción: incluye los costos para investigación de mercado, costos por definición de especificaciones y preparación de información técnica.

2. Creación o adquisición: Incluye los costos para la administración del proyecto, diseño, ingeniería, documentación, desarrollo de software, pruebas y evaluación, manejo de calidad y otros.
3. Operación y mantenimiento: Incluyen los costos asociados con la operación, entrenamiento, herramientas y repuestos iniciales; además, los consumibles, costos de laboratorios y energía. También se pueden incluir los costos asociados con el mantenimiento preventivo y correctivo y los costos indirectos.
4. Desincorporación o eliminación: incluye los costos por desmontar el equipo, además de los costos asociados a la disposición final, de acuerdo con la legislación ambiental vigente.



6 METODOLOGÍA

La metodología RCM se ha venido incursionando en la empresa debido a proyecciones de mejora y capacidad de respuesta de los equipos a mediano y largo plazo. Para la realización de este proyecto, Inicialmente se identificó la necesidad de la compañía *Faismon S.A.S.* en cuanto a una estructuración organizada y metódica de los equipos móviles y de elevación de la unidad estratégica de negocio del área de grúas, para que el direccionamiento de los recursos aportados desde la dirección de mantenimiento fuera más objetivo.

Se obtuvo la información que había disponible de los equipos, como el histórico de fallos, la disponibilidad, el tiempo de ocupación, una estimación de facturación, indicadores de accidentalidad, riesgos ambientales y calidad del servicio prestado. Esto fue realizado con el fin de hacer un análisis sencillo en relación a esas variables y obtener información por medio de una sola.

Se adaptó un modelo para la evaluación del riesgo de acuerdo al contexto operativo de la organización y específicamente a la unidad estratégica de negocio del área de grúas. Las partes involucradas en este modelo fueron las siguientes: rentabilidad, seguridad, medio ambiente, satisfacción del cliente, mantenimiento y la probabilidad de falla de los equipos.

En el software de Excel se diseñó el modelo de riesgo, el cual se implementó para la evaluación de criticidad de cada uno de los equipos móviles y de elevación de la empresa.

Posteriormente se realizó un análisis del costo del ciclo de vida de las grúas telescópicas con la información de los costos de inversión, operación y mantenimiento. Este ejercicio fue realizado igualmente por medio de una plantilla diseñada en el software de Excel y suministrado por la empresa MANTONLINE.

6.1 Análisis de riesgo

Para el análisis de riesgo se implementó una matriz de criticidad. La matriz tiene un código de colores que permite identificar el estado o la intensidad de riesgo de cada uno de los equipos de acuerdo al valor obtenido según la magnitud de cada una de las variables asignadas. A continuación se muestra un esquema de lo que es la matriz de criticidad y como se debe entender y utilizar (Romero 2013).

Categoría de Frecuencia	5	M	M	A	A	A
	4	M	M	A	A	A
	3	B	M	M	A	A
	2	B	B	M	M	A
	1	B	B	B	M	A
Categoría de Consecuencias	1	2	3	4	5	

Figura 6.1. Matriz de criticidad

Como se observa en la **figura 6.1**, la matriz de criticidad se identifica con las letras B, M y A. Las cuales significan bajo (Verde), medio (Amarillo) y alto (Rojo) respectivamente. En respuesta a una consecuencia y probabilidad de falla, se proyecta en el mapa de criticidad y se determina el estado del equipo.

6.1.1 Selección del área de trabajo

Se definieron las fronteras de aplicación y análisis el taller de grúas de la unidad estratégica de negocio de la empresa, y se estableció como un marco de referencia para determinar los flujos de entrada y salida de recursos.

6.1.2 Selección del grupo de trabajo

Un factor clave para el desarrollo de este proyecto fue seleccionar un grupo adecuado de trabajo, que pudiera responder a la información requerida. En el grupo de trabajo se involucraron varias partes disciplinarias de la organización, para abarcar en gran medida los eventos que puedan afectar a la empresa. Estas son las siguientes:

- Salud ocupacional. Esta parte involucra todos los temas relacionados con la seguridad y salud en el trabajo.
- Medio ambiente. Es la que lleva a cabo el proceso de gestión y control de los residuos y emisiones al medio que generan los activos.
- Mantenimiento. Involucra todos los aspectos relacionados con la disponibilidad de los equipos para una buena prestación del servicio.
- Calidad y gestión humana. Es uno de los factores clave para la sostenibilidad de la organización en cuanto a la responsabilidad social empresarial y la armonización del entorno de proveedores, clientes y legislación.

- Financiera. Es la responsable de llevar a cabo la gestión contable de la organización.

6.1.3 Matriz de riesgo

Se realizó un modelo semi-cuantitativo para la evaluación de los equipos móviles y de elevación, con valores ponderados de acuerdo a las variables tenidas en cuenta, como lo fueron:

- Frecuencias o probabilidad de fallas.
- Seguridad.
- Rentabilidad.
- Satisfacción al cliente.
- Medio ambiente.
- Mantenimiento.

Probabilidad de fallas: es el número de veces que se repite una falla en un periodo de tiempo determinado. La variable de tiempo es medida en horas para este proyecto.

Seguridad: es la medida de importancia por la seguridad y salud en el trabajo de los colaboradores de la unidad estratégica de negocio. Debido a que la organización desempeña labores de alto riesgo, la seguridad es considerada con esencial para el cumplimiento de logros y objetivos.

Rentabilidad: es una variable que identifica los aspectos financieros de la unidad estratégica de negocio, y tiene en cuenta los costos por operación, mano de obra, insumos, etc.

Satisfacción al cliente: Evalúa e incursiona varios factores, tales como la disponibilidad de los equipos, la prestación del servicio, la calidad del trabajo y conservación y fidelidad de cada cliente.

Medio ambiente: mide la consecuencia de los fallos en el ambiente debido a la contaminación producida por los residuos peligrosos generado por cada uno de los equipos. Más que una norma es una responsabilidad con el medio, y la sociedad que esta directa o indirectamente relacionada con la empresa.

Mantenimiento: identifica el tiempo, recursos físicos y económicos para garantizar la disponibilidad de los equipos.

Para tener una jerarquización de las consecuencias se realizó una encuesta en el equipo de trabajo y se obtuvieron las siguientes ponderaciones para cada una de ellas:

Tabla 6.1. Jerarquización y ponderación de las consecuencias

JERARQUIZACIÓN DE CONSECUENCIAS	
Consecuencia	Ponderación
Seguridad	40
Mantenimiento	30
Satisfacción al cliente	25
Rentabilidad	21
Medio ambiente	15

En la siguiente figura se puede observar mejor el nivel de prioridad para cada una de las variables en la unidad estratégica de negocio.

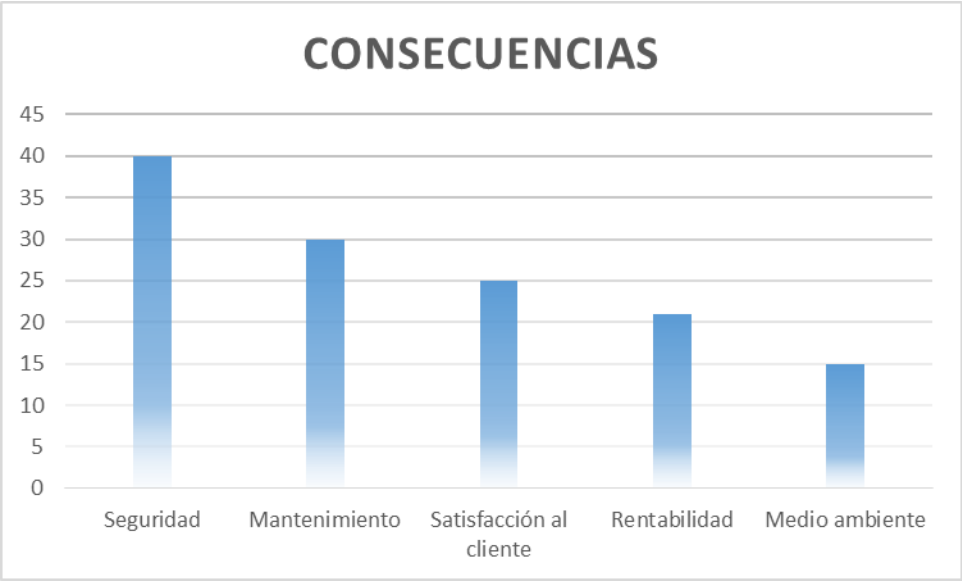


Figura 6.2. Nivel de importancia de las variables para la unidad estratégica de negocio

Se diseñó e implementó una plantilla en Excel para la evaluación de los equipos, donde se tenía en cuenta cada una de las ponderaciones y se llevaban a cabo las operaciones básicas para obtener los resultados que aportaban el estado de cada uno de los activos. Posterior a ello, se sometieron a un análisis los equipos críticos para mitigar los impactos debido a los fallos continuos y las consecuencias negativas que pueden afectar a la empresa en toda su estructura.

6.2 Modelo LCC para el costo del ciclo de vida

El modelo utilizado para realizar el análisis del costo del ciclo de vida de las grúas telescópicas en la organización Faismon sas, fue diseñado y suministrado por la empresa MANTONLINE. A continuación se muestra la plantilla del modelo (Mantonline).

OPEX Equipo Actual											
	Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costos de Operación	Costos para formación inicial del personal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Documentación.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Repuestos iniciales.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Equipos.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Instalaciones.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Herramientas especiales.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Costos de mano de obra.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Insumos.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Combustible	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Formación continua.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mejoras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Costos de Operación		-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Costos Mantenimiento o Preventivo	Costos de adquisición de equipos de prueba.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Herramientas.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Repuestos iniciales.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Consumibles.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Formación inicial de personal.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Documentación inicial.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Instalaciones.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Costos de mano de obra.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Repuestos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Consumibles.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Formación continua.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Documentación.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Documentación recurrente)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Costos Mantenimiento Preventivo		-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Figura 6.3 Modelo LCC utilizado para analizar el costo del ciclo de vida de las grúas telescópicas.

Los costos de OPEX del equipo actual están subdivididos en costos de operación, mantenimiento preventivo, correctivo y mantenimiento mayor.

6.2.1 Costos de los activos durante el ciclo de vida

Se realizó una búsqueda de información acerca de los costos generados anualmente por cada una de las grúas telescópicas y se proyectaron los mismos según el horizonte con respecto al ciclo de vida por medio de un formato de Excel. Este histórico contemplaba los costos totales por mantenimiento, por lo que se necesitó categorizar costos para promover un mejor detalle de la información.

Los costos operativos (OPEX) fueron los que se tuvieron en cuenta debido a que los equipos ya tenían un tiempo de funcionamiento en la empresa. Estos costos se dividieron en costos por operación, mantenimiento preventivo, correctivo y de desincorporación. A partir de allí se realizó el análisis del costo del ciclo de vida.

6.2.1.1 Costos por mantenimiento preventivo

Los costos por mantenimiento preventivo se obtuvieron principalmente por medio del consumo y cambio de elementos en los equipos para evitar posibles fallas. Se creó una categoría de costos para poder diferenciar y sectorizarlos, como lo son los cambios que se realizan anualmente de aceite, filtros, líquido de frenos, llantas y guayas para el izaje de cargas.

6.2.1.2 Costos por operación

Los costos por operación se obtuvieron debido al consumo de combustible y el recurso humano necesario para el funcionamiento de los equipos, teniendo en cuenta los implementos de seguridad, capacitaciones o pruebas que demanda la labor.

6.2.1.3 Costos por mantenimiento correctivo

Los costos por mantenimiento correctivo fueron determinados por medio de la resta del costo por mantenimiento preventivo y por operación al costo total hallado de mantenimiento con los históricos. No se categorizó este costo como los dos anteriores, ya que aproximadamente el 96% del mantenimiento realizado es correctivo, según fue evidenciado en la información rastreada desde el 2009 para los equipos más antiguos.

6.2.1.4 Costos por desincorporación

Para el costo de desincorporación se tuvo en cuenta una semana de trabajo de un equipo conformado por una persona de seguridad (SISO), dos paileros y tres auxiliares entendidos. Los consumibles necesarios para la desincorporación, como lo es el cilindro de oxígeno, acetileno, pulidoras, extensiones, transporte, equipos de oxicorte y elementos de protección personal se ve compensado con la venta por chatarra de los equipos.



7 RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación se muestran y se describen los resultados que se obtuvieron en respuesta al proyecto propuesto, los cuales se consideran como un avance al modelo de gestión de activos en la unidad estratégica de negocio.

7.1 Análisis de criticidad

De acuerdo a la unidad estratégica de negocio y la dirección de mantenimiento, fueron determinadas las consecuencias del modelo de criticidad. Por otro lado, las probabilidades de falla se encontraron debido a que se contaba con un histórico de mantenimiento de los equipos móviles y de elevación. Además, se pondero cada una de estas variables acorde a la jerarquización que se le había asignado a cada una de estas variables.

7.1.1 Probabilidades de falla

Teniendo en cuenta los tiempos medios entre fallas (*MTTF*) y los tiempos medios de operación (*MTTR*), se lograron estimar las frecuencias de fallas en los equipos móviles y de elevación de la empresa. En la siguiente tabla se definen los rangos de probabilidades de falla.

Tabla 7.1. Rango de probabilidades de falla.

N°	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
4	Frecuente	Ocurre repetidamente en la empresa durante el año. En un periodo no mayor a (≤ 130 horas) hábiles.
3	Probable	Posiblemente ocurra varias veces en el año. En un periodo entre (>130 y ≤ 250 horas) hábiles.
2	Ocasional	Puede ocurrir algunas veces en la empresa durante el año. En un periodo entre (> 250 y ≤ 480 horas) hábiles.
1	Improbable	Probabilidad de ocurrencia muy baja. En un periodo mayor a (> 480 horas) hábiles.

Donde:

N°: equivale a la ponderación que se le dieron a cada una de las variables.

Categoría: Es el nombre que se le asigna a la variable.

Descripción: Expone cada una de las categorías, acorde a los rangos encontrados o establecidos.

7.1.2 Consecuencias

Se analizaron cinco variables, las cuales se ajustan al contexto operacional de la unidad estratégica de negocio e incluyen las áreas que mantienen a flote la organización. En resumen son rentabilidad, seguridad, satisfacción al cliente, medio ambiente y mantenimiento. A continuación en las siguientes tablas se describen cada una de estas variables.

Tabla 7.2. Consecuencias en la rentabilidad de la unidad estratégica de negocio.

RENTABILIDAD		
N°	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
21	RENTABILIDAD $\leq 80\%$	El equipo disminuye la rentabilidad de la unidad estratégica de negocio en un 20% o mas.
14	$80\% < \text{RENTABILIDAD} \leq 90\%$	El equipo disminuye la rentabilidad de la unidad estratégica de negocio en un rango entre 10 y 20%.
7	$90\% < \text{RENTABILIDAD} \leq 95\%$	El equipo disminuye la rentabilidad de la unidad estratégica de negocio en un rango entre 5 y 10%.
1	RENTABILIDAD $> 95\%$	El equipo disminuye la rentabilidad de la unidad estratégica de negocio en un 5% o menos.

Tabla 7.3. Consecuencias en la seguridad.

SEGURIDAD		
N°	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
40	4 < Incapacidad ≤ 180 días (incluida muerte)	Incapacidad y generación de restricciones para realizar labores, muerte por accidente o enfermedad laboral.
27	1 < Incapacidad ≤ 4 días	Incapacidad para desempeñar labores en un periodo no mayor a 4 días.
14	Incapacidad ≤ 1 día	Incapacidad por un periodo no mayor a 1 día.
1	Incidentes	No genera algún tipo de incapacidad en el personal operativo.

Tabla 7.4. Consecuencias debido a la satisfacción del cliente.

SATISFACCIÓN AL CLIENTE		
N°	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
25	Satisfacción ≤ 85%	Representa una pérdida de cinco clientes para los equipos en un periodo no mayor a 1 año.
17	85% < Satisfacción ≤ 90%	Representa una pérdida de dos clientes para los equipos en un periodo no mayor a 1 año.
9	90% < Satisfacción ≤ 95%	Representa una pérdida de 1 cliente para los equipos en un periodo no mayor a 1 año.
1	Satisfacción ≥ 95%	No representa una pérdida clientes para los equipos, pero tiene sugerencias y anotaciones por mejorar.

Tabla 7.5. Consecuencias para el medio ambiente.

MEDIO AMBIENTE		
N°	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
15	RPE ≥ 30 kg	Vehículos que debido al mantenimiento generan Residuos Peligrosos ≥ 30 kg
10	20 kg < RPE ≤ 30 kg	Vehículos que debido al mantenimiento generan Residuos Peligrosos entre 20 y 30 kg
5	5 kg < RPE ≤ 20 kg	Vehículos que debido al mantenimiento generan Residuos Peligrosos entre 5 y 20 kg
1	RPE ≤ 5 kg	Vehículos que debido al mantenimiento generan Residuos Peligrosos ≤ 5kg

Tabla 7.6. Consecuencias por mantenimiento.

COSTO POR MANTENIMIENTO		
N°	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
30	Muy alto	Vehículos que consumen en su mantenimiento anualmente entre 50 y 100 millones de COP
20	Alto	Vehículos que consumen en su mantenimiento anualmente entre 10 y 50 millones de COP
10	Medio	Vehículos que consumen en su mantenimiento anualmente entre 1 y 10 millones de COP
1	Bajo	Vehículos que consumen en su mantenimiento anualmente entre cero y 1 millón de COP

7.1.3 Matriz de criticidad

Una vez establecidas las consecuencias, probabilidades de falla y las ponderaciones asignadas a cada una de las variables, se creó el siguiente modelo de matriz de criticidad.

Tabla 7.7. Modelo de Matriz de Criticidad.

CONSECUENCIAS						PROBABILIDAD DE FALLA			
Categoría	Rentabilidad	Seguridad	Satisfacción clientes	Medio ambiente	Mantenimiento	Improbable	Ocasional	Probable	Frecuente
						D	C	B	A
I Catastrófico	0% < Rentabilidad < 10%	Incapacidad permanente (incluida muerte)	75% < Satisfacción < 80%	No pasa técnico mecánica	TTR 60 días	131	262	393	524
II Crítico	10% < Rentabilidad < 15%	Incapacidad ≤ 180 días	80% < Satisfacción < 85%	Multa de 30 SMLV	TTR 15 días	88	176	264	352
III Marginal	15% < Rentabilidad < 20%	Incapacidad ≤ 30 días	85% < Satisfacción < 90%	Técnico mecánica límite	TTR 8 días	45	90	135	180
IV Insignificante	20% < Rentabilidad < 100%	Incidentes menores	90% < Satisfacción < 100%	Técnico mecánica full	TTR 1 día (8 horas)	5	10	15	20

En la tabla 7.7 se pueden identificar tres regiones de colores. La roja indica que los equipos representan un estado crítico para la unidad estratégica de negocio, la amarilla muestra los equipos semi-críticos y la región verde evidencia los equipos no críticos.

Los niveles de criticidad establecidos se definieron de un 25% para los equipos críticos y semi-críticos, y para los no críticos de un 50% respecto al valor más alto, el cual se halló después de realizar las operaciones matemáticas de las consecuencias por su debida probabilidad de falla. A continuación se muestran en la siguiente tabla los niveles de criticidad.

Tabla 7.8. Rangos y niveles de criticidad.

NIVEL DE CRITICIDAD		
Rango	Nivel	Color
[524 - 393]	Crítico	

[392 - 262]	Semi-Crítico	Yellow
[262 - 0]	No crítico	Green

Después de establecer los límites y ajustar el modelo de criticidad para la empresa, se evaluaron los equipos móviles y de elevación de la organización. A continuación se muestran los resultados del estado de criticidad encontrados.

Tabla 7.9. Estado de criticidad hallado para cada equipo

	NOMBRE DEL EQUIPO	ESTADO DE CRITICIDAD
GRÚAS TELESCÓPICAS	GRÚA GROVE 1	Semi-crítico
	GRÚA CAMION HYN0	No crítico
	GRÚA E-122	Semi-Crítico
	GRÚA P&H OMEGA	Semi-Crítico
	GRÚA GROVE 3	No crítico
	GRÚA P&H T-600XL	Semi-Crítico
	GRÚA TMS 300LP T35	Semi-Crítico
	GRÚA GROVE COLES	Semi-Crítico
	GRÚA GROVE MILITAR	Semi-Crítico
	GRÚA LIEBHERR T-80	Crítico
	GRÚA LIEBHERR T-110	Crítico
	GRÚA LIEBHERR T-150	Crítico
	GRÚA GROVE TMS 300B T-40 - 1	No crítico
	GRÚA GROVE DTC 35 T-40 - 2	Semi-Crítico
	MINIGRÚA MAEDA	No crítico
EQUIPOS DE ELEVACIÓN DE PERSONAS	MANLIFT 1	No crítico
	MANLIFT 2	Semi-Crítico
	MANLIFT 3	No crítico
	MANLIFT 4	No crítico
	PLATAFORMA UNIPERSONAL 1	No crítico
	PLATAFORMA UNIPERSONAL 2	No crítico
	PLATAFORMA DE TIJERAS	Semi-Crítico
EQUIPOS DE ELEVACIÓN DE CARGA	TELEHANDLER 1	No crítico
	TELEHANDLER 2	No crítico
	TELEHANDLER 3	No crítico
	TELEHANDLER 4	Semi-Crítico
CAMIONES + TRAILERS	MACK 1	Semi-Crítico
	MACK 2	Semi-Crítico
	BRIGADIER	Semi-Crítico
	CAMIÓN GRÚA VOLSKWAGEN	No crítico
CAMIONETAS	CAMIONETA NISSAN BLANCA A GAS	No crítico
	CAMIONETA NISSAN BLANCA	No crítico
	CAMIONETA MAZDA	No crítico
	CAMIONETA KIA 2700	No crítico
	CAMIONETA NISSAN D22/NP300	No crítico

MOTOS	BOXER CT 100 MENSAJERÍA	No crítico
-------	-------------------------	------------

Como se puede observar en la tabla anterior, solo son tres (3) los equipos críticos, los cuales tienen mayor oportunidad de mejora. Catorce (14) de los equipos se determinaron como semi-críticos para la unidad estratégica de negocio y diecisiete (17) como no críticos.

También se muestra a continuación los equipos analizados y evaluados en el modelo de criticidad diseñado, con las variables respectivas especificadas adecuadamente.

Tabla 7.10. Equipos analizados y evaluados en el modelo de criticidad.

NOMBRE DEL EQUIPO	PROBABILIDAD DE FALLA	CONSECUENCIAS					ESTADO DE CRITICIDAD
		RENTABILIDAD	SEGURIDAD	SATISFACCIÓN AL CLIENTE	MEDIO AMBIENTE	MANTENIMIENTO	
GRÚA GROVE 1	Frecuente	90% < RENTABILIDAD ≤ 95%	Incidentes	Satisfacción ≥ 95%	RPE ≥ 30 kg	Medio	Semi-crítico
GRÚA CAMION HYN0	Improbable	90% < RENTABILIDAD ≤ 95%	Incidentes	Satisfacción ≥ 95%	RPE ≤ 5 kg	Medio	No crítico
GRÚA E-122	Frecuente	90% < RENTABILIDAD ≤ 95%	Incidentes	Satisfacción ≥ 85%	RPE ≥ 30 kg	Medio	Semi-Crítico
GRÚA P&H OMEGA	Probable	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	Satisfacción ≤ 85%	20 kg < RPE ≤ 30 kg	Medio	Semi-Crítico
GRÚA GROVE 3	Improbable	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	90% < Satisfacción ≤ 95%	5 kg < RPE ≤ 20 kg	Medio	No crítico
GRÚA P&H T-600XL	Frecuente	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	85% < Satisfacción ≤ 90%	5 kg < RPE ≤ 20 kg	Medio	Semi-Crítico
GRÚA TMS 300LP T35	Frecuente	80% < RENTABILIDAD ≤ 90%	Incidentes	90% < Satisfacción ≤ 95%	5 kg < RPE ≤ 20 kg	Medio	Semi-Crítico
GRÚA GROVE COLES	Probable	80% < RENTABILIDAD ≤ 90%	Incidentes	90% < Satisfacción ≤ 95%	RPE ≥ 30 kg	Medio	Semi-Crítico
GRÚA GROVE MILITAR	Frecuente	90% < RENTABILIDAD ≤ 95%	Incidentes	90% < Satisfacción ≤ 95%	RPE ≥ 30 kg	Medio	Semi-Crítico
GRÚA LIEBHERR T-80	Frecuente	RENTABILIDAD ≤ 80%	4 < Incapacidad ≤ 180 días (incluida muerte)	90% < Satisfacción ≤ 95%	20 kg < RPE ≤ 30 kg	Alto	Crítico
GRÚA LIEBHERR T-110	Frecuente	RENTABILIDAD ≤ 80%	4 < Incapacidad ≤ 180 días (incluida muerte)	90% < Satisfacción ≤ 95%	RPE ≥ 30 kg	Alto	Crítico
GRÚA LIEBHERR T-150	Frecuente	RENTABILIDAD ≤ 80%	4 < Incapacidad ≤ 180 días (incluida muerte)	90% < Satisfacción ≤ 95%	5 kg < RPE ≤ 20 kg	Muy alto	Crítico
GRÚA GROVE TMS 300B T-40 - 1	Frecuente	90% < RENTABILIDAD ≤ 95%	Incidentes	90% < Satisfacción ≤ 95%	5 kg < RPE ≤ 20 kg	Medio	No crítico
GRÚA GROVE DTC 35 T-40 - 2	Frecuente	80% < RENTABILIDAD ≤ 90%	Incidentes	85% < Satisfacción ≤ 90%	5 kg < RPE ≤ 20 kg	Medio	No crítico
MINIGRÚA MAEDA	Ocasional	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	Satisfacción ≥ 95%	20 kg < RPE ≤ 30 kg	Medio	No crítico
MANLIFT 1	Frecuente	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	90% < Satisfacción ≤ 95%	20 kg < RPE ≤ 30 kg	Medio	No crítico
MANLIFT 2	Frecuente	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	Satisfacción ≥ 85%	RPE ≥ 30 kg	Medio	Semi-Crítico
MANLIFT 3	Improbable	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	Satisfacción ≥ 95%	5 kg < RPE ≤ 20 kg	Medio	No crítico
MANLIFT 4	Frecuente	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	Satisfacción ≥ 95%	5 kg < RPE ≤ 20 kg	Medio	No crítico
PLATAFORMA UNIPERSONAL 1	Ocasional	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	85% < Satisfacción ≤ 90%	5 kg < RPE ≤ 20 kg	Medio	No crítico
PLATAFORMA UNIPERSONAL 2	Ocasional	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	85% < Satisfacción ≤ 90%	5 kg < RPE ≤ 20 kg	Medio	No crítico
PLATAFORMA DE TIJERAS	Frecuente	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	90% < Satisfacción ≤ 85%	5 kg < RPE ≤ 20 kg	Medio	Semi-Crítico
TELEHANDLER 1	Improbable	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	90% < Satisfacción ≤ 95%	5 kg < RPE ≤ 20 kg	Medio	No crítico
TELEHANDLER 2	Frecuente	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	Satisfacción ≥ 95%	5 kg < RPE ≤ 20 kg	Medio	No crítico
TELEHANDLER 3	Frecuente	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	90% < Satisfacción ≤ 95%	20 kg < RPE ≤ 30 kg	Medio	No crítico
TELEHANDLER 4	Frecuente	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	85% < Satisfacción ≤ 90%	RPE ≥ 30 kg	Medio	Semi-Crítico
MACK 1	Frecuente	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	85% < Satisfacción ≤ 90%	20 kg < RPE ≤ 30 kg	Medio	Semi-Crítico
MACK 2	Frecuente	90% < RENTABILIDAD ≤ 95%	Incidentes	Satisfacción ≥ 95%	20 kg < RPE ≤ 30 kg	Alto	No crítico
BRIGADIER	Frecuente	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	85% < Satisfacción ≤ 90%	5 kg < RPE ≤ 20 kg	Medio	Semi-Crítico
CAMIÓN GRÚA VOLSKWAGEN	Ocasional	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	90% < Satisfacción ≤ 95%	5 kg < RPE ≤ 20 kg	Medio	No crítico
CAMIONETA NISSAN BLANCA A GAS	Improbable	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	Satisfacción ≥ 95%	RPE ≤ 5 kg	Medio	No crítico
CAMIONETA NISSAN BLANCA	Improbable	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	Satisfacción ≥ 95%	RPE ≤ 5 kg	Medio	No crítico
CAMIONETA MAZDA	Improbable	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	Satisfacción ≥ 95%	RPE ≤ 5 kg	Medio	No crítico
CAMIONETA KIA 2700	Improbable	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	Satisfacción ≥ 95%	RPE ≤ 5 kg	Medio	No crítico
CAMIONETA NISSAN D22/NP300	Improbable	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	Satisfacción ≥ 95%	RPE ≤ 5 kg	Medio	No crítico
BOXER CT 100 MENSAJERÍA	Improbable	RENTABILIDAD > 95%	Incidentes	Satisfacción ≥ 95%	RPE ≤ 5 kg	Bajo	No crítico

7.2 Análisis del costo del ciclo de vida de las grúas telescópicas

El análisis del costo del ciclo de vida fue realizado hasta determinar el valor presente neto de los costos proyectados por mantenimiento. Se deja como oportunidad continuar con el análisis, haciendo la comparación entre los costos generados por los equipos existentes y los que posiblemente fueran adquiridos nuevos en reemplazo de los mismos.

7.2.1 Costos por mantenimiento

Para cada una de las 14 grúas telescópicas se realizó una proyección de costos totales por mantenimiento de acuerdo al horizonte de funcionamiento estipulado por la empresa *Fasimon sas*. A continuación se muestra para uno de los equipos el procedimiento desarrollado en Excel.

Tabla 7.11 Histórico y proyección de costos totales por mantenimiento de la grúa T-600.

AÑO	T-600	TOTAL COSTOS
2009	TOTAL	257.343.944

		2009	
	2010	TOTAL 2010	197.264.799
	2011	TOTAL 2011	163.095.262
	2012	TOTAL 2012	261.283.423
	2013	TOTAL 2013	152.824.148
	2014	TOTAL 2014	164.058.146
	2015	TOTAL 2015	154.434.709
	2016	TOTAL 2016	118.433.940
	2017	TOTAL 2017	136.797.840
	2018	TOTAL 2018	35.027.931
HORIZONTE DEL EQUIPO	1	2019	TOTAL 2019 112.538.283,86
	2	2020	TOTAL 2020 106.198.520,86
	3	2021	TOTAL 2021 100.410.770,69
	4	2022	TOTAL 2022 95.086.556,66
	5	2023	TOTAL 2023 90.157.104,41

En la anterior tabla se muestran los costos totales por mantenimiento desde el año 2009 hasta el 2018 para la grúa telescópica T-600. A partir del 2018 se realizó una proyección de los costos según el histórico hallado. En la siguiente figura se muestra como se proyectaron los costos.

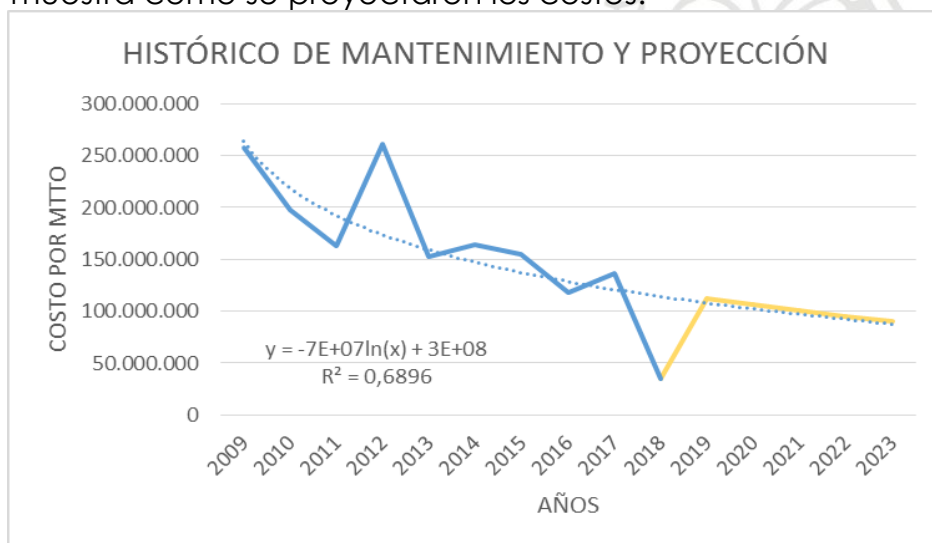


Figura 7.1 Proyección de los costos por mantenimiento de la grúa T-600.

En la figura 7.1 se puede evidenciar una línea de tendencia con una ecuación en la escala logarítmica y un R2 de 0,6896, el cual fue el valor más alto encontrado para este conjunto de datos. El tramo de la curva que aparece de color naranja fue proyectado de acuerdo a la línea de tendencia encontrada para el histórico de mantenimiento. Este procedimiento fue realizado para cada una de las grúas telescópicas de la organización, en el anexo se podrán evidenciar los costos por mantenimiento correctivo.

7.2.2 Discriminación de los costos totales por mantenimiento

Después de determinar los costos totales por mantenimiento proyectados en el horizonte de cada activo se procedió a discriminarlos de acuerdo a los procedimientos realizados por mantenimiento preventivo y los costos asociados a la operación del mismo, teniendo en cuenta los recursos necesarios para su debido funcionamiento que a la final es traducido a una escala monetaria.

A continuación se muestra una tabla con el costo de inversión y los costos por mantenimiento preventivo y por operación.

Tabla 7.12 Costo de inversión, mantenimiento preventivo y de operación por año de las grúas telescópicas.

		COSTOS OPEX / AÑO			
NOMBRE DEL EQUIPO		INVERSIÓN	PREVENTIVO	OPERATIVO	COSTO MO
GRÚAS TELESCÓPICAS	GRÚA GROVE 1	120.000.000	861.720	4.628.893	46.016.558
	GRÚA E-122	133.000.000	194.955	2.408.118	57.257.888
	GRÚA P&H OMEGA	120.000.000	794.434	3.184.045	27.203.892
	GRÚA GROVE 3	120.000.000	126.645	3.201.966	26.604.294
	GRÚA P&H T-600XL	176.400.000	2.041.742	9.087.051	64.401.397
	GRÚA TMS 300LP T35	130.900.000	1.676.420	13.197.670	53.567.374
	GRÚA GROVE COLES	139.400.000	1.132.064	12.105.672	56.948.699
	GRÚA GROVE MILITAR	130.900.000	1.168.261	9.983.723	64.959.717
	GRÚA LIEBHERR T-80	904.400.000	2.045.706	31.117.744	85.764.940
	GRÚA LIEBHERR T-110	996.600.000	2.386.448	14.943.554	109.685.037
	GRÚA LIEBHERR T-150	1.209.040.000	3.046.544	13.798.085	104.207.029
	GRÚA GROVE TMS 300B T-40 - 1	130.900.000	1.007.669	11.030.698	57.372.599
	GRÚA GROVE DTC 35 T-40 - 2	262.000.000	2.053.076	11.656.286	65.109.000
	MINIGRÚA MAEDA	242.760.000	275.053	1.359.799	23.820.742

En la tabla 7.12 se evidencia cuatro costos de inversión enmarcados en rojo, lo cual significa que no es un valor real sino ponderado de acuerdo a lo establecido en el mercado para la capacidad que maneja cada uno de

estos equipos. En los costos por operación y mantenimiento preventivo se enmarcados en un verde claro los valores obtenidos del año 2018, y los demás fueron del 2017. Esto se debe a la veracidad y cantidad de datos registrados tanto en un año como en el otro. Los costos por mano de obra (MO) se relacionan directamente con los costos de operación respecto al recurso humano necesario.

En el anexo se muestran los costos por mantenimiento correctivo y el horizonte de cada uno de los equipos, debido a que el tamaño de la hoja es en un formato más grande. A continuación se puede visualizar un lapso de cuatro años para cada uno de los activos, allí se puede dimensionar la variedad de los costos y es de resaltar que el horizonte de los equipos esta entre cinco y veinte años.

Tabla 7.13 Costos por mantenimiento correctivo en un lapso de cuatro años.

	NOMBRE DEL EQUIPO	2019	2020	2021	2022
GRÚAS TELESCÓPICAS	GRÚA GROVE 1	97.367.255	95.330.533	93.334.140	91.377.279
	GRÚA E-122	102.478.855	102.083.783	101.723.111	101.391.324
	GRÚA P&H OMEGA	78.951.458	78.126.291	77.309.335	76.500.508
	GRÚA GROVE 3	70.115.544	67.295.087	64.720.211	62.351.555
	GRÚA P&H T-600XL	101.409.491	95.069.728	89.281.978	83.957.764
	GRÚA TMS 300LP T35	137.261.558	135.304.228	133.517.326	131.873.536
	GRÚA GROVE COLES	115.083.326	113.333.561	111.736.150	110.266.674
	GRÚA GROVE MILITAR	126.141.662	121.937.997	118.100.352	114.570.061
	GRÚA LIEBHERR T-80	172.136.881	160.219.911	148.302.941	136.385.972
	GRÚA LIEBHERR T-110	156.598.500	136.930.741	119.487.003	104.015.796
	GRÚA LIEBHERR T-150	307.788.260	302.063.293	296.338.326	290.613.359
	GRÚA GROVE TMS 300B T-40- 1	182.236.873	184.406.876	186.348.010	188.103.979
	GRÚA GROVE DTC 35 T-40 - 2	161.131.216	163.757.356	165.977.725	167.901.097
	MINIGRÚA MAEDA	45.471.239	46.558.904	47.542.816	48.441.058

7.2.3 Evaluación del costo del ciclo de vida de las grúas telescópicas

En la evaluación del costo del ciclo de vida para cada una de las 14 grúas telescópicas se identificó el costo del valor hora de alquiler y los días por mantenimiento que fueron efectuados en el año 2018. Posteriormente se determinaron las horas por día que se dedicarían al mantenimiento diario según la relación que se obtiene por año. La siguiente tabla muestra el cada uno de las variables expuestas.

Tabla 7.14 Tarifas de alquiler y tiempos por mantenimiento.

	NOMBRE DEL EQUIPO	TARIFA / HORA	DIAS/MTTO 2018	HORAS DE MTTO / DIA
GRÚAS TELESCÓPICAS	GRÚA GROVE 1	127.000	42,1875	1,081730769
	GRÚA E-122	127.000	69,5	1,782051282
	GRÚA P&H OMEGA	190.000	8,875	0,227564103
	GRÚA GROVE 3	216.000	3,375	0,086538462
	GRÚA P&H T-600XL	345.000	6,25	0,16025641
	GRÚA TMS 300LP T35	227.000	10	0,256410256
	GRÚA GROVE COLES	227.000	2,375	0,060897436
	GRÚA GROVE MILITAR	227.000	41,75	1,070512821
	GRÚA LIEBHERR T-80	363.000	12,5625	0,322115385
	GRÚA LIEBHERR T-110	200.000	18,7	0,479487179
	GRÚA LIEBHERR T-150	727.000	10,4375	0,267628205
	GRÚA GROVE TMS 300B T-40 - 1	209.091	14,3125	0,366987179
	GRÚA GROVE DTC 35 T-40 - 2	210.000	9,0625	0,232371795
	MINIGRÚA MAEDA	100.000	8,375	0,21474359

Con esta información de la tabla 7.14 y el costo de desincorporación del equipo, el cual es **1'929.876,00** y corresponde a la semana de trabajo de dos paíleros y tres auxiliares de la misma organización, se complementan los datos los cuales serán mostrados en el anexo 2 del trabajo y se obtiene el siguiente valor presente neto acorde al horizonte en años para cada uno de los activos.

Tabla 7.15 Valor presente neto determinado para cada uno de los activos.

	NOMBRE DEL EQUIPO	HORIZONTE (AÑOS)	VALOR PRESENTE NETO (VPN)
GRÚAS TELESCÓPICAS	GRÚA GROVE 1	10	\$ 596.533.205,67
	GRÚA E-122	10	\$ 704.945.134,28
	GRÚA P&H OMEGA	5	\$ 400.116.780,54
	GRÚA GROVE 3	5	\$ 366.471.170,38
	GRÚA P&H T-600XL	5	\$ 623.364.373,45
	GRÚA TMS 300LP T35	10	\$ 819.739.164,20
	GRÚA GROVE COLES	10	\$ 760.115.754,86
	GRÚA GROVE MILITAR	10	\$ 813.931.404,17
	GRÚA LIEBHERR T-80	10	\$ 1.849.224.466,25
	GRÚA LIEBHERR T-110	15	\$ 1.891.251.853,46
	GRÚA LIEBHERR T-150	15	\$ 2.657.163.126,95
	GRÚA GROVE TMS 300B T-40 - 1	10	\$ 982.523.185,68
	GRÚA GROVE DTC 35 T-40 - 2	15	\$ 1.138.830.070,65
	MINIGRÚA MAEDA	20	\$ 502.847.687,66

Este valor presente neto mostrado en la anterior tabla fue determinado con una tasa de descuento del 30%. A continuación se muestran las variables utilizadas para la evaluación de cada uno de los activos.

Tabla 7.16 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica GROVE 1.

Valor en Libros Equipo Existente (Tomado como Inversión de este escenario)	\$ 120.000.000,00
Costos Desincorporación	\$ 1.929.876,00
Tasa de Descuento	30%
Horizonte Económico (Años)	10
Horas de mtto por día (horas/día)	1,082
Costo de alquiler por hora	\$ 127.000,00

Tabla 7.17 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica E-122.

Valor en Libros Equipo Existente (Tomado como Inversión de este escenario)	\$ 133.000.000,00
Costos Desincorporación	\$ 1.929.876,00
Tasa de Descuento	30%
Horizonte Económico (Años)	10
Horas de mtto por día (horas/día)	1,78
Costo de alquiler por hora	\$ 127.000,00

Tabla 7.18 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica OMEGA.

Valor en Libros Equipo Existente (Tomado como Inversión de este escenario)	\$ 120.000.000,00
Costos Desincorporación	\$ 1.929.876,00
Tasa de Descuento	30%
Horizonte Económico (Años)	5
Horas de mtto por día (horas/día)	0,228
Costo de alquiler por hora	\$ 190.000,00

Tabla 7.19 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica GROVE 3.

Valor en Libros Equipo Existente (Tomado como Inversión de este escenario)	\$ 120.000.000,00
Costos Desincorporación	\$ 1.929.876,00
Tasa de Descuento	30%
Horizonte Económico (Años)	5
Horas de mtto por día (horas/día)	0,087
Costo de alquiler por hora	\$ 216.000,00

Tabla 7.20 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica T-600.

Valor en Libros Equipo Existente (Tomado como Inversión de este escenario)	\$ 176.400.000,00
Costos Desincorporación	\$ 1.929.876,00
Tasa de Descuento	30%
Horizonte Económico (Años)	5

Horas de mto por día (horas/día)	0,16
Costo de alquiler por hora	\$ 345.000,00

Tabla 7.21 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica T-35.

Valor en Libros Equipo Existente (Tomado como Inversión de este escenario)	\$ 130.900.000,00
Costos Desincorporación	\$ 1.929.876,00
Tasa de Descuento	30%
Horizonte Económico (Años)	10
Horas de mto por día (horas/día)	0,256
Costo de alquiler por hora	\$ 227.000,00

Tabla 7.22 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica COLES.

Valor en Libros Equipo Existente (Tomado como Inversión de este escenario)	\$ 139.400.000,00
Costos Desincorporación	\$ 1.929.876,00
Tasa de Descuento	30%
Horizonte Económico (Años)	10
Horas de mto por día (horas/día)	0,061
Costo de alquiler por hora	\$ 227.000,00

Tabla 7.23 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica MILITAR.

Valor en Libros Equipo Existente (Tomado como Inversión de este escenario)	\$ 130.900.000,00
Costos Desincorporación	\$ 1.929.876,00
Tasa de Descuento	30%
Horizonte Económico (Años)	10
Horas de mto por día (horas/día)	1,071
Costo de alquiler por hora	\$ 227.000,00

Tabla 7.24 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica T-80.

Valor en Libros Equipo Existente (Tomado como Inversión de este escenario)	\$ 904.400.000,00
Costos Desincorporación	\$ 1.929.876,00
Tasa de Descuento	30%
Horizonte Económico (Años)	10
Producción Esperanda (Horas/día)	0,322
Ganancia de horas por día	\$ 363.000,00

Tabla 7.25 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica T-110.

Valor en Libros Equipo Existente (Tomado como Inversión de este escenario)	\$ 996.600.000,00
Costos Desincorporación	\$ 1.929.876,00
Tasa de Descuento	30%
Horizonte Económico (Años)	15
Horas de mto por día (horas/día)	0,48

Costo de alquiler por hora	\$ 550.000,00
----------------------------	---------------

Tabla 7.26 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica T-150.

Valor en Libros Equipo Existente (Tomado como Inversión de este escenario)	\$ 1.209.040.000,00
Costos Desincorporación	\$ 1.929.876,00
Tasa de Descuento	30%
Horizonte Económico (Años)	15
Horas de mtto por día (horas/día)	0,268
Costo de alquiler por hora	\$ 727.000,00

Tabla 7.27 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica T-40-1.

Valor en Libros Equipo Existente (Tomado como Inversión de este escenario)	\$ 130.900.000,00
Costos Desincorporación	\$ 1.929.876,00
Tasa de Descuento	30%
Horizonte Económico (Años)	10
Horas de mtto por día (horas/día)	0,367
Costo de alquiler por hora	\$ 209.091,00

Tabla 7.28 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica T-40-2.

Valor en Libros Equipo Existente (Tomado como Inversión de este escenario)	\$ 262.000.000,00
Costos Desincorporación	\$ 1.929.876,00
Tasa de Descuento	30%
Horizonte Económico (Años)	15
Horas de mtto por día (horas/día)	0,232
Costo de alquiler por hora	\$ 210.000,00

Tabla 7.29 Datos utilizados para el análisis de la grúa telescópica MINIGRÚA MAEDA.

Valor en Libros Equipo Existente (Tomado como Inversión de este escenario)	\$ 242.760.000,00
Costos Desincorporación	\$ 1.929.876,00
Tasa de Descuento	30%
Horizonte Económico (Años)	20
Horas de mtto por día (horas/día)	0,215
Costo de alquiler por hora	\$ 100.000,00

La información suministrada de cada uno de los equipos anteriormente corresponde al siguiente paso después de haber determinado cada uno de los costos por operación, mantenimiento preventivo y correctivo. Se reitera que en el anexo 2 se puede encontrar de forma completa el análisis y la evaluación de cada uno de los equipos con respecto al costo del ciclo de vida útil.

8 CONCLUSIONES

- ✓ La empresa *Faismon SAS* no contaba con una evaluación de criticidad de los equipos móviles y de elevación. Por tanto, debido a los modelos y normas establecidas para la gestión del riesgo se logró una evaluación y análisis coherente correspondiente a las condiciones y necesidades de la organización.
- ✓ Es de resaltar que en el proyecto se integraron varias áreas del saber para la recolección de información, desde aspectos técnicos, sociales, ambientales, de seguridad y financieros, los cuales a su vez tuvieron una jerarquización acorde a las prioridades de la empresa. a partir de allí, se identificaron tres (3) de los activos como críticos, catorce (14) como semi-críticos y diecisiete (17) como no críticos.
- ✓ Se pudo evidenciar en el análisis del costos del ciclo de vida de las grúas telescópicas que la tendencia de los costos totales por mantenimiento han venido disminuyendo notablemente en el tiempo, promovido por una mejor gestión de los recursos y acciones tendientes a predecir y prevenir fallas continuas de los activos.
- ✓ De acuerdo al valor presente neto (VPN), el costo de mantenimiento para los equipos que se van a depreciar en cinco (5) será tres veces su valor de inversión, en comparación a los que se van a depreciar a 10, 15 y 20 años, los cuales, el máximo costo por mantenimiento será dos (2) veces su valor de inversión.

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexander, Jhonny and Maya Velasquez. 2018. "Aplicación de RCM Como Estrategia de Implementación Del Mantenimiento Predictivo Para La Metodología TPM."
- Aliani, E. and A. Romero. 2014. "Consideraciones Para La Gestión de Transformadores de Potencia, En El Marco de La ISO 55000." *Biennial Congress of Argentina (ARENCON)*. Retrieved (<https://doi.org/10.1109/ARGENCON.2014.6868556>).
- Arroyave, Juan Felipe and Carlos Eduardo Silva. 2007. "RCM , PREVIA EXISTENCIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Case of Application of Maintenance Centered Reliability RCM , Previous Existence of Preventive NPR = F * G." (37):273–78.
- Castañeda, Daniel and Daniel Pérez. 2017. "Metodología Para Desarrollar Un Sistema de Gestión de Activos Enfocado Al Mantenimiento Según Normatividad ISO 55000:2014. Caso de Estudio: Subestación Eléctrica de La Facultad Tecnológica, Universidad Distrital." *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*.
- Díaz, Armando, Romero Abril, and Mariana Lobaina. 2015. "El Análisis de Confiabilidad Operacional. Un Caso de Estudio." (January).
- Guerrero, Alejandro. 2013. "Técnicas de Jerarquización de Activos Industriales Aplicadas a La Industria Minera."
- ISO 9001. 2015. "Metodologías Para La Gestión de Riesgo."
- Mantonline. n.d. "Mantonline - Consultoría Especializada." Retrieved (<http://mantonline-rcm.com/portal/>).
- Martínez, León. 2014. "Metodología Para La de Tareas de Mantenimiento Basado En Confiabilidad, Condición Y Riesgo Aplicada a Equipos Del Sistema de Transmisión Nacional."
- Norma Española UNE-EN 60300-3-3. 2009. "Gestión de Confiabilidad Parte 3-3: Guía de Aplicacion Cálculo Del Coste Del Ciclo de Vida."
- Orrego, Juan and Jonatan Araque. 2015a. "Contexto Operacional."
- Orrego, Juan and Jonatan Araque. 2015b. "Matriz de Riesgo."
- Pérez, Alvaro and Eduardo Carrasquilla. 2013. "Costeo Del Ciclo de Vida de Un Activo: Proyecto Unidad Constructiva."
- Romero, A., E. Mombello, and G. Rattá. 2012. "An Overview on Power Transformer Management: Individual Assets and Fleets." *2012 Sixth*

IEEE/PES Transmission and Distribution: Latin America Conference and Exposition (T&D-LA), 1-7.

Romero, José. 2013. "Análisis de Criticidad Y Estudio RCM Del Equipo de Máxima Criticidad de Una Planta Desmotadora de Algodón."

Sanchez Montes, A. 2017. "Evaluación de Criticidad de Los Equipos de La Empresa Crystal S.a.s Sede Marinilla Y Elaboración de Una Jerarquización Piloto En Los Activos Físicos de Una Sección de La Planta." 72.

Seifeddine, Sammy. 2003. "Effective Maintenance Program Development/Optimization." (May):0–19.

Zeas, Alvarez and Ivan Patricio. 2017. "Implementación de La Metodología RCM Para Los Vehículos de Emergencia Del Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cuenca."



10 ANEXOS

Anexo 1. Costos por mantenimiento correctivo.

Tabla 10.1 Costos por mantenimiento correctivo de cada uno de los activos.

		HORIZONTE DEL EQUIPO Y COSTO POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO																			
NOMBRE DEL EQUIPO		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
GRÚAS TELESCÓPICAS	GRÚA GROVE 1	97.367.255	95.330.533	93.334.140	91.377.279	89.459.166	87.579.035	85.736.132	83.929.721	82.159.080	80.423.500										
	GRÚA E-122	102.478.855	102.083.783	101.723.111	101.391.324	101.084.138	100.798.154	100.530.635	100.279.339	100.042.410	99.818.295										
	GRÚA P&H OMEGA	78.951.458	78.126.291	77.309.335	76.500.508	75.699.728															
	GRÚA GROVE 3	70.115.544	67.295.087	64.720.211	62.351.555	60.158.522															
	GRÚA P&H T-600XL	101.409.491	95.069.728	89.281.978	83.957.764	79.028.312															
	GRÚA TMS 300LP T35	137.261.558	135.304.228	133.517.326	131.873.536	130.351.624	128.934.757	127.609.367	126.364.355	125.190.526	124.080.179										
	GRÚA GROVE COLES	115.083.326	113.333.561	111.736.150	110.266.674	108.906.152	107.639.536	106.454.697	105.341.711	104.292.360	103.299.759										
	GRÚA GROVE MILITAR	126.141.662	121.937.997	118.100.352	114.570.061	111.301.522	108.258.585	105.412.107	102.738.252	100.217.275	97.832.635										
	GRÚA LIEBHERR T-80	172.136.881	160.219.911	148.302.941	136.385.972	124.469.002	112.552.032	100.635.063	88.718.093	76.801.124	64.884.154										
	GRÚA LIEBHERR T-110	156.598.500	136.930.741	119.487.003	104.015.796	90.294.066	78.123.984	67.330.089	57.756.762	49.265.984	41.735.339	35.056.256	29.132.441	23.878.488	19.218.650	15.085.744					
	GRÚA LIEBHERR T-150	307.788.260	302.063.293	296.338.326	290.613.359	284.888.392	279.163.425	273.438.458	267.713.491	261.988.524	256.263.557	250.538.590	244.813.623	239.088.656	233.363.689	227.638.722					
	GRÚA GROVE TMS 300B T-40- 1	182.236.873	184.406.876	186.348.010	188.103.979	189.707.053	191.181.739	192.547.084	193.818.190	195.007.231	196.124.163										
	GRÚA GROVE DTC 35 T-40 - 2	161.131.216	163.757.356	165.977.725	167.901.097	169.597.631	171.115.232	172.488.069	173.741.372	174.894.298	175.961.741	176.955.507	177.885.113	178.758.343	179.581.647	180.360.425					
MINIGRÚA MAEDA	45.471.239	46.558.904	47.542.816	48.441.058	49.267.360	50.032.396	50.744.628	51.410.876	52.036.720	52.626.782	53.184.932	53.714.447	54.218.120	54.698.359	55.157.246	55.596.601	56.018.017	56.422.903	56.812.506	57.187.939	

Anexo 2. Evaluación del costo del ciclo de vida de los activos.

Tabla 10.2 Evaluación del costo del ciclo de vida de la grúa GROVE 1.

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión	\$ 120.000.000,00										
Costos de Mantenimiento Preventivo (\$/AÑO)		\$ 861.720,00	\$ 889.122,70	\$ 917.396,80	\$ 946.570,02	\$ 976.670,94	\$ 1.007.729,08	\$ 1.039.774,86	\$ 1.072.839,70	\$ 1.106.956,01	\$ 1.142.157,21
Costo de Mantenimiento Correctivo (\$/AÑO)		\$ 97.367.254,77	\$ 95.330.532,54	\$ 93.334.140,11	\$ 91.377.278,89	\$ 89.459.166,13	\$ 87.579.034,54	\$ 85.736.132,05	\$ 83.929.721,48	\$ 82.159.080,23	\$ 80.423.500,03
Costos de Mantenimiento Mayor (\$/AÑO)		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costos Mtto \$		\$ 98.228.974,77	\$ 96.219.655,23	\$ 94.251.536,90	\$ 92.323.848,91	\$ 90.435.837,07	\$ 88.586.763,62	\$ 86.775.906,92	\$ 85.002.561,18	\$ 83.266.036,24	\$ 81.565.657,24
Días por Mantenimiento Preventivo											
Días por Mantenimiento Correctivo											
Días por Mantenimiento Mayor			-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Días		42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00
Producción Esperada (piezas/día)		1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
Costo de Oportunidad por Actividades de Mtto \$		5.771.388,00	5.771.388,00	5.771.388,00	5.771.388,00	5.771.388,00	5.771.388,00	5.771.388,00	5.771.388,00	5.771.388,00	5.771.388,00
Costos de Operación \$		50.645.450,18	52.255.975,50	53.917.715,52	55.632.298,87	57.401.405,97	59.226.770,68	61.110.181,99	63.053.485,78	65.058.586,63	67.127.449,68
Costos Desincorporación \$		-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.929.876,00
Costo Total Actual \$		154.645.812,95	154.247.018,73	153.940.640,42	153.727.535,78	153.608.631,04	153.584.922,30	153.657.476,91	153.827.434,96	154.096.010,87	156.394.370,92

VPN Costo del Ciclo de Vida (Equipo Actual) \$ 596.533.205,67

Tabla 10.4 Evaluación del costo del ciclo de vida de la grúa OMEGA.

Años	0	1	2	3	4	5
Inversión	\$ 120.000.000,00					
Costos de Mantenimiento Preventivo (\$/AÑO)		\$ 794.434,00	\$ 819.697,00	\$ 845.763,37	\$ 872.658,64	\$ 900.409,19
Costo de Mantenimiento Correctivo (\$/AÑO)		\$ 82.929.936,91	\$ 82.104.770,25	\$ 81.287.814,14	\$ 80.478.986,87	\$ 79.678.207,57
Costos de Mantenimiento Mayor (\$/AÑO)		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costos Mtto \$		\$ 83.724.370,91	\$ 82.924.467,25	\$ 82.133.577,50	\$ 81.351.645,51	\$ 80.578.616,76
Días por Mantenimiento Preventivo						
Días por Mantenimiento Correctivo						
Días por Mantenimiento Mayor			-		-	
Total Días		8,90	8,90	8,90	8,90	8,90
Producción Esperada (piezas/día)		0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Costo de Oportunidad por Actividades de Mtto \$		385.548,00	385.548,00	385.548,00	385.548,00	385.548,00
Costos de Operación \$		30.387.937,72	31.354.274,14	32.351.340,06	33.380.112,67	34.441.600,25
Costos Desincorporación \$		-	-	-	-	1.929.876,00
Costo Total Actual \$		114.497.856,63	114.664.289,39	114.870.465,56	115.117.306,18	117.335.641,01

VPN Costo del Ciclo de Vida (Equipo Actual) \$ 400.116.780,54

Tabla 10.5 Evaluación del costo del ciclo de vida de la grúa GROVE 3.

Años	0	1	2	3	4	5
Inversión	\$ 120.000.000,00					
Costos de Mantenimiento Preventivo (\$/AÑO)		\$ 126.645,00	\$ 130.672,31	\$ 126.646,00	\$ 130.673,34	\$ 126.647,00
Costo de Mantenimiento Correctivo (\$/AÑO)		\$ 73.444.154,97	\$ 70.623.697,59	\$ 68.048.821,73	\$ 65.680.165,55	\$ 63.487.132,47
Costos de Mantenimieno Mayor (\$/AÑO)		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costos Mtto \$		\$ 73.570.799,97	\$ 70.754.369,90	\$ 68.175.467,73	\$ 65.810.838,89	\$ 63.613.779,47
Días por Mantenimiento Preventivo						
Días por Mantenimiento Correctivo						
Días por Mantenimiento Mayor			-		-	
Total Días		3,38	3,38	3,38	3,38	3,38
Producción Esperanda (piezas/día)		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Costo de Oportunidad por Actividades de Mtto \$		63.423,00	63.423,00	63.423,00	63.423,00	63.423,00
Costos de Operación \$		29.806.259,82	30.754.098,88	31.732.079,23	32.741.159,34	33.782.328,21
Costos Desincorporación \$		-	-	-	-	1.929.876,00
Costo Total Actual \$		103.440.482,79	101.571.891,78	99.970.969,95	98.615.421,24	99.389.406,68

VPN Costo del Ciclo de Vida (Equipo Actual) \$ 366.471.170,38

Tabla 10.6 Evaluación del costo del ciclo de vida de la grúa T-600.

Años	0	1	2	3	4	5
Inversión	\$ 176.400.000,00					
Costos de Mantenimiento Preventivo (\$/AÑO)		\$ 2.041.742,00	\$ 2.106.669,40	\$ 2.173.661,48	\$ 2.242.783,92	\$ 2.314.104,45
Costo de Mantenimiento Correctivo (\$/AÑO)		\$ 112.538.283,86	\$ 106.198.520,86	\$ 100.410.770,69	\$ 95.086.556,66	\$ 90.157.104,41
Costos de Mantenimiento Mayor (\$/AÑO)		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costos Mtto \$		\$ 114.580.025,86	\$ 108.305.190,25	\$ 102.584.432,18	\$ 97.329.340,58	\$ 92.471.208,86
Días por Mantenimiento Preventivo						
Días por Mantenimiento Correctivo						
Días por Mantenimiento Mayor			-	-	-	-
Total Días		6,25	6,25	6,25	6,25	6,25
Producción Esperada (piezas/día)		0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Costo de Oportunidad por Actividades de Mtto \$		345.000,00	345.000,00	345.000,00	345.000,00	345.000,00
Costos de Operación \$		73.488.447,87	75.825.380,51	78.236.627,61	80.724.552,37	83.291.593,13
Costos Desincorporación \$		-	-	-	-	1.929.876,00
Costo Total Actual \$		188.413.473,73	184.475.570,76	181.166.059,78	178.398.892,94	178.037.677,99
VPN Costo del Ciclo de Vida (Equipo Actual) \$	623.364.373,45					

Tabla 10.14 Evaluación del costo del ciclo de vida de la grúa T-40-2.

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Inversión	\$ 262.000.000,00															
Costos de Mantenimiento Preventivo (\$/AÑO)		\$ 2.053.076,00	\$ 2.118.363,82	\$ 2.185.727,79	\$ 2.255.233,93	\$ 2.326.950,37	\$ 2.400.947,39	\$ 2.477.297,52	\$ 2.556.075,58	\$ 2.637.358,78	\$ 2.721.226,79	\$ 2.807.761,80	\$ 2.897.048,63	\$ 2.989.174,77	\$ 3.084.230,53	\$ 3.182.309,06
Costo de Mantenimiento Correctivo (\$/AÑO)		\$ 174.840.577,84	\$ 177.466.717,58	\$ 179.687.087,10	\$ 181.610.458,66	\$ 183.306.992,61	\$ 184.824.593,95	\$ 186.197.431,34	\$ 187.450.733,69	\$ 188.603.660,09	\$ 189.671.103,21	\$ 190.664.868,98	\$ 191.594.474,77	\$ 192.467.705,19	\$ 193.291.008,72	\$ 194.069.787,06
Costos de Mantenimiento Mayor (\$/AÑO)		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costos Mtto \$		\$ 176.893.653,84	\$ 179.585.081,40	\$ 181.872.814,88	\$ 183.865.692,59	\$ 185.633.942,98	\$ 187.225.541,34	\$ 188.674.728,86	\$ 190.006.809,27	\$ 191.241.018,87	\$ 192.392.330,00	\$ 193.472.630,78	\$ 194.491.523,40	\$ 195.456.879,96	\$ 196.375.239,25	\$ 197.252.096,12
Días por Mantenimiento Preventivo																
Días por Mantenimiento Correctivo																
Días por Mantenimiento Mayor			-													
Total Días		9,06	9,06	9,06	9,06	9,06	9,06	9,06	9,06	9,06	9,06	9,06	9,06	9,06	9,06	9,06
Producción Esperada (piezas/día)		0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Costo de Oportunidad por Actividades de Mtto \$		441.525,00	441.525,00	441.525,00	441.525,00	441.525,00	441.525,00	441.525,00	441.525,00	441.525,00	441.525,00	441.525,00	441.525,00	441.525,00	441.525,00	441.525,00
Costos de Operación \$		76.765.285,80	79.206.421,89	81.725.186,10	84.324.047,02	87.005.551,72	89.772.328,26	92.627.088,30	95.572.629,71	98.611.839,33	101.747.695,82	104.983.272,55	108.321.740,62	111.766.371,97	115.320.542,60	118.987.735,85
Costos Desincorporación \$		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.929.876,00
Costo Total Actual \$		254.100.464,63	259.233.028,28	264.039.525,99	268.631.264,61	273.081.019,70	277.439.394,60	281.743.342,16	286.020.963,98	290.294.383,20	294.581.550,82	298.897.428,33	303.254.789,02	307.664.776,93	312.137.306,85	318.611.232,97

VPN Costo del Ciclo de Vida (Equipo Actual) \$ 1.138.830.070,65

Tabla 10.15 Evaluación del costo del ciclo de vida de la grúa MINIGRUA MAEDA.

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Inversión	\$ 242.760.000,00																				
Costos de Mantenimiento Preventivo (\$/AÑO)		\$ 275.053,00	\$ 283.799,69	\$ 292.824,52	\$ 302.136,33	\$ 311.744,27	\$ 321.657,74	\$ 331.886,45	\$ 342.440,44	\$ 353.330,05	\$ 364.565,95	\$ 376.159,14	\$ 388.121,00	\$ 400.463,25	\$ 413.197,98	\$ 426.337,68	\$ 439.895,22	\$ 453.883,88	\$ 468.317,39	\$ 483.209,88	\$ 498.575,96
Costo de Mantenimiento Correctivo (\$/AÑO)		\$ 47.106.091,27	\$ 48.193.755,92	\$ 49.177.668,28	\$ 50.075.909,88	\$ 50.902.212,06	\$ 51.667.248,38	\$ 52.379.480,16	\$ 53.045.728,50	\$ 53.671.572,60	\$ 54.261.634,12	\$ 54.819.784,44	\$ 55.349.298,77	\$ 55.852.972,63	\$ 56.333.211,13	\$ 56.792.098,51	\$ 57.231.452,74	\$ 57.652.869,05	\$ 58.057.754,91	\$ 58.447.358,37	\$ 58.822.791,24
Costos de Mantenimiento Mayor (\$/AÑO)		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costos Mtto \$		\$ 47.381.144,27	\$ 48.477.555,61	\$ 49.470.492,79	\$ 50.378.046,22	\$ 51.213.956,33	\$ 51.988.906,12	\$ 52.711.366,62	\$ 53.388.168,94	\$ 54.024.902,65	\$ 54.626.200,07	\$ 55.195.943,58	\$ 55.737.419,78	\$ 56.253.435,88	\$ 56.746.409,11	\$ 57.218.436,19	\$ 57.671.347,95	\$ 58.106.752,94	\$ 58.526.072,31	\$ 58.930.568,25	\$ 59.321.367,20
Días por Mantenimiento Preventivo																					
Días por Mantenimiento Correctivo																					
Días por Mantenimiento Mayor			-																		
Total Días		8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38
Producción Esperada (piezas/día)		0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Costo de Oportunidad por Actividades de Mtto \$		180.062,50	180.062,50	180.062,50	180.062,50	180.062,50	180.062,50	180.062,50	180.062,50	180.062,50	180.062,50	180.062,50	180.062,50	180.062,50	180.062,50	180.062,50	180.062,50	180.062,50	180.062,50	180.062,50	180.062,50
Costos de Operación \$		25.180.541,38	25.981.282,60	26.807.487,38	27.659.965,48	28.539.552,38	29.447.110,15	30.383.528,25	31.349.724,45	32.346.645,69	33.375.269,02	34.436.602,58	35.531.686,54	36.661.594,17	37.827.432,86	39.030.345,23	40.271.510,21	41.552.144,23	42.873.502,42	44.236.879,80	45.643.612,57
Costos Desincorporación \$		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.929.876,00
Costo Total Actual \$		72.741.748,15	74.638.900,70	76.458.042,68	78.218.074,20	79.933.571,22	81.616.078,77	83.274.957,37	84.917.955,89	86.551.610,84	88.181.531,59	89.812.608,66	91.449.168,82	93.095.092,55	94.753.904,48	96.428.843,92	98.122.920,66	99.838.959,67	101.579.637,23	103.347.510,55	105.149.918,27

VPN Costo del Ciclo de Vida (Equipo Actual) \$ 502.847.687,66

