

Creación de un modelo de indicadores para la evaluación de la gestión de mantenimiento en el Parque del Café

Creation of an Indicators Model for the Evaluation of Maintenance Management in The Coffee Park

Recibido: mayo del 2019 - Aceptado: julio del 2019

Maria Angélica
Sánchez B.
Candidata a Magister en
Administración

Lewis Charles
Quintero Beltrán
PhD (c) Administración Gerencial
Magister en Administración
Grupo de Investigación Estudios
Empresariales
Universidad Pontificia Bolivariana


Colección Académica de
Ciencias Sociales


Universidad
Pontificia
Bolivariana
SECCIONAL PALMIRA

ISSN-e: 2422-0477
Vol. 6 No. 1
Enero - Junio 2019

Maria Angélica Sánchez B Lewis Charles Quintero Beltrán

Resumen

En este artículo, se desarrolló un modelo de indicadores para evaluar la gestión de mantenimiento de las atracciones del Parque del Café, las cuales en su momento no tenían elementos cuantitativos para determinar la efectividad del mantenimiento aplicado. Para ello, se utilizó una metodología que inicia con la identificación de requerimientos y necesidades de los activos que forman parte de las atracciones, luego se le aplicó la metodología RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad) para determinar las causas que originan fallas en los activos, el nivel de criticidad y los indicadores que respaldan mantenimientos preventivos, correctivos y predictivos. Posteriormente, se asigna al software de mantenimiento la administración de la gestión de estos activos con sus respectivos indicadores y actividades de mantenimiento. Finalmente se obtiene un plan asociado a indicadores que miden la efectividad del plan de mantenimiento frente a la prolongación del ciclo de vida de los activos y al cumplimiento de las normatividades internacionales que requiere un parque de atracciones.

Abstract

In this article, a model of indicators is shown to evaluate the management of maintenance of the attractions of the Coffee Park, at the present time. To do this, we recommend that you apply the RCM (Reliability Centered Maintenance) methodology to determine the causes that lead to asset failures, the level of criticism and the indicators that support preventive, corrective and predictive maintenance. Subsequently, maintenance management is assigned to the management of these assets with their own indicators and maintenance activities. Finally, a plan is obtained associated with indicators that measure the improvement of the maintenance plan against the prolongation of the life cycle of the assets and compliance with international standards that require an amusement park.

Key Words: *Rides, reliability, corrective, diagnosis, availability, evaluation, management, indicators, maintenance, model, plan, predictive, preventive.*

Palabras clave:

Atracciones, confiabilidad, correctivo, diagnóstico, disponibilidad, evaluación, gestión, indicadores, mantenimiento, modelo, plan, predictivo, preventivo.

Introducción

El Parque del Café es una entidad sin ánimo de lucro fundada el 24 de febrero de 1995 por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y el Comité Departamental de Cafeteros del Quindío, cuya misión es potencializar la cultura cafetera a través de un espacio natural y divertido. El Parque está ubicado en la zona rural del municipio de Montenegro en el departamento del Quindío, un contexto turístico que brinda fácil acceso a sus visitantes estando a 20 minutos de la ciudad de Armenia.

Dentro del Parque se tienen un grupo de 22 atracciones de entretenimiento que poseen sistemas mecánicos, hidráulicos, neumáticos, eléctricos y electrónicos, en donde se posee capacidad para niños y adultos, considerando las restricciones de cada fabricante. Cada atracción debe permanecer en óptimas condiciones para brindar seguridad y tranquilidad a cada persona que haga uso de ella, para esto se tiene un grupo de ingeniería que comanda un equipo de técnicos electromecánicos y soldadores, que velan

porque todos elementos que componen las maquinas estén disponibles, seguros y confiables para su operación.

Como política del Parque del Café, se realizan intervenciones según el plan de mantenimiento de cada atracción, actividades que se agrupan por frecuencia y la mayoría son estipuladas por el fabricante, las que no, son producto de conocimiento del grupo de ingeniería que estipula cuando y que debe hacerse con criterios técnicos y argumentos razonables. Este plan de mantenimiento contempla las acciones para intervenir los activos que hacen parte de una atracción pero no determina las causas que originan fallas y no presenta una estrategia cuantitativa que permita evaluar la efectividad de dicho plan, por lo que surge el siguiente interrogante: ¿Se pueden diseñar unos indicadores que permita evaluar la efectividad del plan de mantenimiento de las atracciones que se ofrecen al público en el Parque del Café? Para resolver este interrogante se estableció una metodología en cascada realimentada, la cual se compone de cuatro fases, ver figura 1.

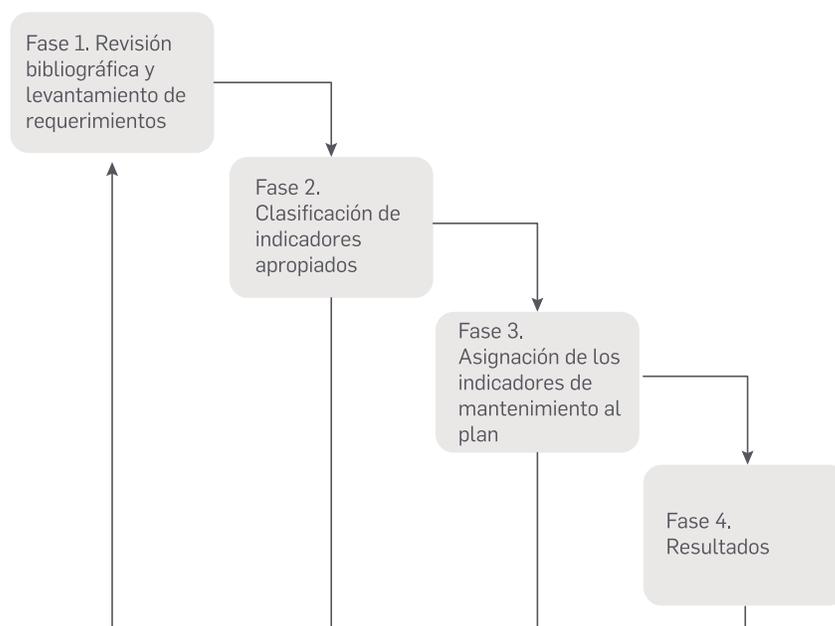


Figura 1. Metodología empleada en el proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Fase 1. Revisión bibliográfica y levantamiento de requerimientos

En esta primera fase se realiza una revisión bibliográfica del panorama actual de los indicadores existentes en mantenimiento, su uso y su objetivo, al igual que se establecen los requerimientos del área de mantenimiento del Parque del Café respecto a la evaluación de su gestión.

Objetivos

- Revisar bibliografía acerca de lo que es un indicador, sus características y lo que se debe tener en cuenta para establecer un modelo de indicadores.
- Recopilar información relevante sobre indicadores de clase mundial.
- Establecer los requerimientos del área de mantenimiento.

Marco teórico

Generalidades

El concepto de "Indicadores de Gestión" se remonta a la época de Edwards Deming en las décadas de 1950 a 1960 en Estados Unidos con la filosofía de "Calidad Total" que tiene un fuerte impacto en la industria japonesa, en donde los indicadores de calidad se entendían como instrumentos de evaluación de la gestión de las compañías respecto a sus productos y servicios (Rincón, 1998).

Deming se enfocó en explicar la importancia del liderazgo de la alta gerencia, la asociación de los clientes – proveedores y los procesos de mejoramiento continuo en la manufactura y el desarrollo de nuevos productos. Uno

de los postulados más importantes hacia la administración es la visión sistémica de los gerentes en la organización, comprendiendo todos los procesos hacia un mismo objetivo estratégico; de ahí parte la concepción del ciclo P-H-V-A (Planear- Hacer-Verificar- Actuar) que no es más que en síntesis un programa de mejoramiento continuo, en donde Verificar se puede definir como la evaluación del proceso analizado que fácilmente puede ser interpretado con el uso de indicadores (Evans & Lindsay, 2008).

Indicadores de Mantenimiento de Clase Mundial. (Silva, 2014) El tiempo es la variable principal para efectos de cálculo en mantenimiento, éste ayuda a analizar el comportamiento de los activos y con esto la gestión de mantenimiento del mismo. Los dos indicadores más conocidos y que son variables respecto al tiempo son:

MTBF (Mean Time Between Failures – Tiempo medio entre fallas)

Es el tiempo promedio entre fallas de un equipo, componente, sistema o elemento.

$$MTBF = \frac{T_0 - T_{np}}{C_f}$$

Donde:

T_0 : Tiempo establecido para operar

T_{np} : Tiempo de paradas no programadas

C_f : Cantidad de fallas presentadas durante T_0

MTTF (Mean Time To Failures – Tiempo medio de falla)

Es el tiempo promedio con que se producirá la falla de un determinado elemento.

$$MTTF: \frac{T_0}{C_f}$$

MTTR (Mean Time To Repair – Tiempo medio de reparación)

Es el tiempo promedio que tarda la reparación de una falla.

$$MTTR = \frac{T_{tr}}{C_r}$$

Donde:

T_{tr} : Tiempo total implementado para reparar la falla en un tiempo evaluado

C_r : Cantidad de reparaciones realizadas

Confiabilidad (R)

Es la probabilidad que un elemento, equipo o sistema opere sin falla durante una ventana de tiempo establecida bajo un contexto operativo previamente definido.

$$R = 1 - e^{-\lambda t}$$

Donde:

λ : Tasa de falla

t: tiempo establecido para operar

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \text{Tasa de falla}$$

Disponibilidad (D)

Es la relación de tiempo en el cual un elemento, equipo o sistema puede estar disponible para operar

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \cdot 100$$

Indicadores de Productividad en Mantenimiento

Administrar el mantenimiento de tal forma que genere productividad al área y al

resto de la organización, bien puede ser el objetivo principal del Departamento de Mantenimiento, según Wireman (1998) los indicadores se pueden clasificar en diferentes niveles:

Indicadores corporativos

Son los que miden lo que es realmente importante para la gerencia de la organización.

Indicadores de desempeño financiero

Son los que miden que el departamento este alcanzando los parámetros establecidos en el plan anual.

Indicadores de eficiencia y efectividad

Son los que miden que tan bien se logran los objetivos del área.

Indicadores de desempeño táctico

Son los que resaltan las debilidades del área en cuestión.

Indicadores de desempeño

Miden el desempeño de la función específica de mantenimiento.

Otra forma sugerida por Páez (1973) es la siguiente:

Indicadores de planeación y control

Hacen referencia al porcentaje de cobertura de programas, porcentaje de cobertura de emergencias, carga de trabajo en días y el porcentaje de cumplimiento de órdenes de trabajo

Indicadores de mantenimiento preventivo

Hacen referencia al porcentaje de cumplimiento de inspecciones, porcentaje de cobertura de mantenimiento preventivo y porcentaje de cumplimiento de órdenes de trabajo resultantes de inspecciones.

Indicadores de personal

Hacen referencia a la carga de trabajo por cada mantenedor y al porcentaje de horas extras.

Indicadores de comportamiento de equipos

Hacen referencia a frecuencia de fallas, gravedad de fallas y disponibilidad de equipos.

Indicadores

Una organización debe tomar decisiones para dirigirse hacia donde lo plantea su plan estratégico, en el camino se ha de encontrar diversas herramientas que ayudaran a argumentar la dirección del timón, una buena iniciativa para iniciar los procesos de toma de decisiones es medir; según Rincón (1998) medir es *"determinar una cantidad comparándola con un patrón, una unidad o*

un estándar de referencia" pero no se puede limitar a obtener datos de todos los procesos de la organización, deben ser aquellos que brinden una información útil y relevante que sirvan como herramienta para la toma de decisiones.

Un sistema de medición eficaz permite a la organización conocer en detalle sus procesos, la dinámica de la operación y los "cuellos de botella" que pueden existir pero éste por sí sólo no tiene relevancia, la retroalimentación es factor fundamental para redireccionar las estrategias y obtener resultados. Rincón (1998) habla de que un sistema de medición debe ser:

- * Pertinente, debe ser importante y coherente.
- * Preciso, no debe dar lugar a ambigüedades.
- * Oportuno, deben brindar la información en el momento adecuado.
- * Confiable, debe ser veraz y la información debe tener trazabilidad para conocer su origen.
- * Económico, debe tener una relación costo/beneficio con respecto a la información relevante que pueda tener la medición.

Otra definición importante es la que plantea Evans & Lindsay (2008), medir es *"cuantificar las dimensiones de desempeño de productos, servicios, procesos y otras actividades de negocios"* y bajo esta mirada se puede concluir que un indicador es el resultado de una medición.

Se puede decir que un indicador es *"una magnitud que expresa el comportamiento o desempeño de un proceso, que al compararse con algún nivel de referencia permite detectar*

desviaciones positivas o negativas" (García L. A., 2006).

Los indicadores son importantes porque permiten monitorear, predecir y retroalimentar un proceso, un avance, la ejecución de un evento determinado; permiten observar la historia a través del tiempo y mostrar los cambios más relevantes.

Osborne/Gaebler (1992)

"1. Si no medimos los resultados, no podemos distinguir el éxito del fracaso.

2. Si no vemos el éxito, no podemos recompensarlo; y si no recompensamos el éxito, es posible que recompensemos el fracaso.

3. Si no podemos reconocer el fracaso, no podemos corregirlo".

Tipos de Indicadores

Un proceso se puede caracterizar a través de un conjunto entrelazado de indicadores para las diferentes perspectivas con las cuales la organización interactúa: para la perspectiva económica, de los usuarios, de los objetivos, de los equipos internos y la del personal, para esto existen diversos tipos de indicadores. (Universidad de Granada, 2007).

Indicadores de cumplimiento: tienen que ver con la conclusión de una tarea. Los indicadores de cumplimiento están relacionados con los parámetros que nos indican el grado de consecución de tareas y/o trabajos.

Indicadores de evaluación: tienen que ver con el rendimiento que se obtiene de una tarea, trabajo o proceso. Los indicadores de evaluación están relacionados con

los métodos que ayudan a identificar las fortalezas, debilidades y oportunidades.

Indicadores de eficiencia: tienen que ver con la actitud y la capacidad para llevar a cabo un trabajo o una tarea con el mínimo gasto de tiempo. Los indicadores de eficiencia están relacionados con los parámetros que indican el tiempo invertido en la consecución de tareas y/o trabajos.

Indicadores de eficacia: tiene que ver con hacer efectivo un intento o propósito. Los indicadores de eficacia están relacionados con los parámetros que indican capacidad o acierto en la consecución de tareas y/o trabajos.

Indicadores de gestión: tiene que ver con administrar y/o establecer acciones concretas para hacer realidad las tareas y/o trabajos programados y planificados. Los indicadores de gestión están relacionados con los parámetros que permiten administrar realmente un proceso.

Características de los indicadores.

Un indicador debe tener las siguientes características; Simplicidad, capacidad para definir el evento que se pretende medir sin malgastar recursos ni tiempos. Adecuación, facilidad de la medida para describir por completo el fenómeno o efecto. Deberá reflejar la magnitud del hecho analizado y mostrar la desviación real del nivel deseado. Validez en el tiempo, deberá tener la propiedad de ser permanente por un periodo determinado. Conocimiento por parte de los usuarios, quienes tengan relación directa con los indicadores deberán hacer parte desde el diseño y deberán tener a mano los recursos y formación requerida para su implementación. Auditabilidad, un tercero podrá verificar que se sigan las reglas y procesos establecidos. Utilidad, deben estar orientados a fortalecer

los procesos. Oportunidad, capacidad para evaluar los datos a tiempo. (Rincón, 1998).

Metodología para establecer un sistema de indicadores. Para establecer las características que va a tener el sistema de indicadores que debe resolver las siguientes preguntas (Universidad de Granada, 2007):

- * ¿Qué se debe medir?
- * ¿Dónde es conveniente medir?
- * ¿Cuándo hay que medir? ¿En qué momento o con qué frecuencia?
- * ¿Quién debe medir?
- * ¿Cómo se debe medir?
- * ¿Cómo se van a difundir los resultados?
- * ¿Quién y con qué frecuencia va a revisar y/o auditar el sistema de obtención de datos?

El sistema de indicadores debe además cumplir con los siguientes postulados:

- * Deben tener un nombre claro y que no sea demasiado largo.
- * Deben tener sus propios objetivos que al tiempo este alineados con los objetivos estratégicos de la organización.
- * Deben tener una escala de evaluación para obtener una interpretación.
- * Los indicadores deben plantear una relación causa-efecto.
- * Debe tener una ecuación bajo un proceso de cálculo fácil y no complejo.
- * El número de indicadores depende del número de objetivos pueda controlar

la persona o el área encargada de los mismos, lo importante es plantear los objetivos adecuados de tal manera que sean alcanzables, realistas y coherentes.

- * Dependiendo del elemento que se vaya a evaluar, los indicadores pueden presentar diferente naturaleza y pueden tener figuras de calificación de las siguientes modalidades:
- * Cuantitativa: Se presentan de forma numérica o porcentual, dependiendo del ítem evaluado.
- * Cualitativa: Los indicadores de carácter cualitativo pueden presentar las siguientes formas
- * Valorativos: Bueno, malo, regular.
- * Binarios: si, no, positivo, negativo.
- * Escalares: de 1 a 5, de 1 a 10; etc.

Beneficios de implementar sistema de indicadores. La implementación de un correcto Sistema de Indicadores en la organización tiene los siguientes beneficios:

Satisfacción del cliente. Al focalizar las acciones a los puntos débiles, el rendimiento tiende a mejorar y con esto la calidad de los procesos, por tal motivo el cliente interno y externo notará que los cambios son positivos y benefician a la organización en pro de sus objetivos estratégicos. Monitoreo del proceso. Al obtener una radiografía del proceso, este se puede monitorear y controlar bajo parámetros entendidos como aceptables, por tal razón se observan fácilmente las oportunidades de mejora y las acciones a implementar. Benchmarking de procesos y actividades. La pretensión de la mejora continua puede llevar a la organización a compararse con otras similares y un

parámetro que facilita esto es un buen sistema de indicadores. (Rincón, 1998).

Gestión de mantenimiento y gestión de activos

Condicionado bajo un proceso evolutivo, el mantenimiento ha vivido cambios soportados en diversos paradigmas y estrategias propios del momento.

Santiago García (2009) menciona que a finales del siglo XIX, los operarios se encargaban del mantenimiento de sus máquinas, que tenían una labor bastante simple; luego las máquinas fueron más complejas en su integridad y exigieron que las reparaciones también tuvieran actividades diferentes pero ambas tareas se hacían bajo la filosofía de reparar las fallas que alterarían la función del equipo. Después de la Segunda Guerra Mundial, se interpretó entre líneas que los equipos debían ser más fiables y la industria automotriz y aeronáutica lidera estos procesos para crear nuevos conceptos que se aplicarían al resto de industrias años después.

Surgen conceptos como el RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad) que establece la necesidad de comprender la función de los equipos, conocer sus modos de falla y empezar a detectar fallas a través de tecnologías de detección. A partir de allí la tendencia es diferente, importa que el equipo, elemento o sistema funcione, pero funcione en óptimas condiciones, bajo

parámetros establecidos brindando seguridad y confiabilidad sin que por eso se afecten las finanzas de la organización.

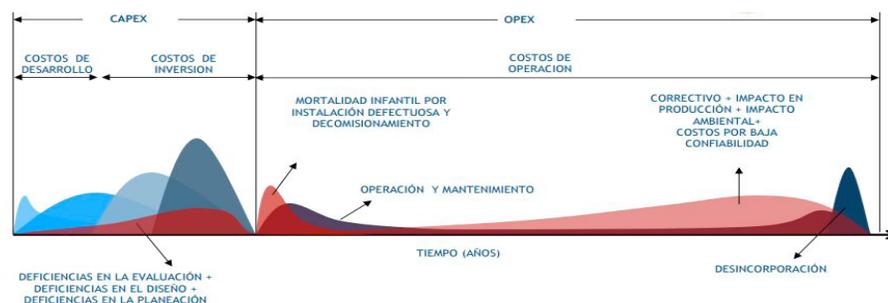
Las nuevas teorías implican que se deben crear las estrategias necesarias para que los directivos del área de mantenimiento controlen variables que se creían ajenas: costos, calidad, efectividad, entre otras.

El mantenimiento hoy por hoy debe unirse a la cadena de valor de la organización y por tanto generar competitividad, así entonces debe tener una correcta asignación de recursos, una planeación estratégica, un control adecuado y su respectiva retroalimentación (Ciclo PHVA). (Amendola, 1998).

Un nuevo concepto que se ha venido incorporando a la gestión de mantenimiento es la Gestión de Activos que según la norma PAS 55:2008 son "*actividades y practicas sistemáticas y coordinadas a través de las cuales una organización administra de manera óptima y sostenible sus activos y sistemas de activos, su desempeño, riesgos y costos asociados durante su ciclo de vida con el propósito de alcanzar su plan estratégico organizacional*".

Las actividades de mantenimiento son importantes para la Gestión de Activos pues de estas depende en gran parte el ciclo de vida del activo, que no es más que las fases por las que pasa todo equipo, elemento o sistema: Diseño, construcción, operación, mantenimiento, mejoramiento y desincorporación.

Figura 2. Ciclo de Vida de un activo. Fuente: Presentación de Gestión de Activos AMS Group ISA 2013.



Como se observa en la figura anterior, el mantenimiento incide en los costos de operación (OPEX) y afectan directamente tiempo de vida del activo. De ahí la importancia de monitorear aspectos claves del mantenimiento, lo que se hace, cómo se hace, con qué se hace y cuando se hace.

“El mantenimiento es aquello que cuando todo va bien nadie se acuerda de su existencia. Que cuando todo va mal, dicen que no existe. Que cuando es para gastar, dicen que no es necesario. Pero que cuando realmente no existe, todos concuerdan que debería existir”.
Suter (Westinghouse)

Tipos de mantenimiento. Se deben considerar varios tipos de mantenimiento que se definen a continuación. Mantenimiento Preventivo (MPR): Actividades que definidas en un plan de mantenimiento en una frecuencia determinada indican cambio o reparación de un elemento sin importar el estado en el que se encuentre el mismo para conservar la operación sin falla. Mantenimiento Predictivo (MPD): Actividades que involucran una inspección de monitoreo de condición y dependiendo de los resultados de la misma se decide intervenir un equipo y/o elemento para evitar que presente falla o avería. Mantenimiento Correctivo (MCO): Actividades realizadas para habilitar un equipo y/o elemento que se encuentra en falla o avería a su condición operativa. Mantenimiento Mejorativo (MMJ): Actividades realizadas después de un estudio para mejorar las condiciones operativas de un equipo y/o elemento. (Silva, 2014).

Prioridades

Para darle agilidad a unas actividades más que a otras se definen las prioridades.

Alta (ALT): Actividades que son urgentes y deben realizarse en máximo un día.

Media (MED): Actividades que se pueden realizar en el transcurso de 2 a 15 días.

Baja (BAJ): Actividades que se pueden realizar en el transcurso de 16 a 30 días.

Definiciones importantes. Para aclarar conceptos se definen los siguientes (Silva, 2014).

Confiabilidad. Probabilidad que un activo/equipo opere sin falla durante un periodo de tiempo determinado. Disponibilidad. Relación porcentual entre el tiempo real que opera una máquina y el que se espera que esté disponible para operar. Orden de trabajo (OT). Documento donde se registran todos los recursos, tiempos y actividades de las labores de mantenimiento realizadas en un equipo. OT Urgente. Tarea que se realiza durante el tiempo de operación del equipo. OT Sistemática. Tarea propia de un plan de mantenimiento. Falla funcional. Estado en el cual un equipo no se encuentra disponible para realizar una función específica a un nivel de desempeño esperado. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM): Procedimiento estructurado que consiste en analizar funciones, modos y causas de falla, evaluar sus consecuencias para determinar las necesidades del mantenimiento de los activos requeridos para la operación.

Modos de falla. Formas en que se presenta una falla según el elemento analizado, si es un motor eléctrico o si es en motor de combustión interna, ambos fallaran de formas diferentes.

Efecto de falla. Se define como lo que ocasiona un modo de falla. Un modo de falla común de un eje sometido a cargas dinámicas

es la fatiga (modo de falla) que genera que el elemento pueda fracturarse (efecto de falla).

contrastarlos con la metodología RCM que actualmente se implementa.

Requerimientos del área de mantenimiento del Parque del Café

El departamento de mantenimiento del Parque del Café estableció unos lineamientos base como filosofía de su trabajo y gestión, esto con el fin de garantizar cumplir con los requerimientos de operación del Parque y los estándares de servicio que se pretende que cada visitante goce al hacer uso de las atracciones mecánicas que son complemento de la oferta cultural de la entidad.

Tabla 1
Lineamientos base del departamento de mantenimiento Parque del Café

Disponibilidad de atracciones mecánicas	Confiabilidad de activos
Disminución de paradas no programadas	Disminución de fallas en equipos
Ejecución de paradas programadas dentro de los tiempos establecidos	Análisis Causa-Raíz de las fallas
Disponibilidad de activos según requerimiento de operaciones	Clasificación de activos según matriz de criticidad

Fase 2. Clasificación de Indicadores Apropriados

Para continuar con el proceso, en esta fase se clasifican los indicadores que desde la óptica de los requerimientos del área y los existentes a nivel mundial guardan coherencia con los objetivos estratégicos del Parque del Café para finalmente

Objetivos

- * Clasificar los indicadores que sean coherentes con los objetivos estratégicos del área de mantenimiento del Parque del Café.
- * Implementar estrategias de RCM para establecer los indicadores a seleccionar.

Clasificación de indicadores

Tabla 2
Clasificación de indicadores

Tiempo medio entre fallas - TMEF	Indicador relacionado con las fallas recurrentes de un equipo, se utiliza para el cálculo de la disponibilidad de un sistema.
Tiempo medio de falla - TMF	Indicador relacionado con las fallas recurrentes de un equipo, se utiliza para el cálculo de la confiabilidad de un sistema.
Tiempo medio de reparación - TMR	Indicador relacionado con las fallas recurrentes de un equipo, se evalúa la respuesta en la ejecución y se utiliza para el cálculo de la disponibilidad de un sistema.
Disponibilidad (D)	Indicador relacionado con la utilización del recurso/equipo cuando se requiere
Confiabilidad (R)	Indicador relacionado con la utilización del recurso/equipo cuando se requiere

Estrategias RCM

El objetivo del RCM es disminuir los tiempos de parada y los costos de mantenimiento logrando mantener la disponibilidad con fallas reducidas, nulas o previsibles que permitan llevar a cero los mantenimientos correctivos aumentando los preventivos y el monitoreo constante de condición de los equipos.

El RCM plantea acciones dirigidas a conocer el funcionamiento de un sistema/activo y los equipos o ítems que lo contienen para entonces analizar los posibles modos de falla que puede presentar, los síntomas, los parámetros de operación segura y el impacto que puede tener si se presenta una falla o avería según la criticidad del equipo.

Estas estrategias de actividades dirigidas a disminuir las fallas y paradas de equipo se registran en un plan de mantenimiento que básicamente es un registro de tareas a las cuales se les asigna una frecuencia para mantener el activo en sus condiciones seguras y operativas dentro del ciclo de vida del mismo. El plan de mantenimiento es un documento que entrega el fabricante de un

equipo o en su defecto lo desarrolla quien es responsable del mismo.

Teniendo en cuenta lo anterior y sabiendo que el área de mantenimiento ha desarrollado políticas para aplicar RCM a sus sistemas, la ejecución del plan de mantenimiento también es un indicador de gestión pues de esto va a depender que los equipos tengan el mantenimiento que necesitan para continuar su ciclo de vida. El plan de mantenimiento de los activos del Parque del Café se administra y gestiona a través del software Infomante® que posee los registros de las OT por solicitudes (del operador o del mantenedor) y las OT sistemáticas (tipo S) que son las que arroja el software automáticamente según el plan de mantenimiento.

Cabe resaltar que lo que se busca es que la mayor parte de las OT generadas para las atracciones sean tipo S, pues las demás son OT que llegan a partir de solicitudes que muchas veces deberían estar contempladas en el plan de mantenimiento de la atracción y con esto cubrir todas las actividades necesarias para mantener operativo el sistema.



Figura 3. Flujograma de proceso de OT por solicitud y por plan de mantenimiento. (Elaboración propia).

Esto unido a los indicadores antes mostrados cumpliría a cabalidad los lineamientos del departamento de mantenimiento del Parque del Café y permitirían evaluar desde la gestión hasta la ejecución de los trabajos realizados para mantener seguras, confiables y disponibles las atracciones que son parte de opción de entretenimiento para miles de familias colombianas y extranjeras.

Fase 3. Asignación de los indicadores de mantenimiento al plan

Ya con los indicadores seleccionados, se define el alcance los mismos y los objetivos

de estos, para finalmente establecer su método de evaluación.

Objetivos

- * Definir conceptualmente los indicadores seleccionados y los objetivos de los mismos.
- * Establecer el procedimiento de evaluación de los indicadores seleccionados.

Conceptos

Tabla 3
Definición de conceptos de los indicadores a seleccionar

Nombre	Definición	Fuente de la información
Disponibilidad (D)	Es la relación de tiempo en el cual un elemento, equipo o sistema puede estar disponible para operar.	Requisito de disponibilidad (Operaciones) – Registro de OT cerradas tipo urgente (Infomante®)
Confiabilidad (C)	Es la probabilidad que un elemento, equipo o sistema opere sin falla durante una ventana de tiempo establecida bajo un contexto operativo previamente definido.	Registro de OT cerradas tipo urgente (Infomante®)
Tiempo medio de falla (TMF)	Es el tiempo promedio con que se producirá la falla de un determinado elemento.	Registro de OT cerradas tipo urgente (Infomante®)
Tiempo medio entre fallas (TMEF)	Tiempo promedio entre fallas de un equipo, componente, sistema o elemento.	Registro de OT cerradas tipo urgente (Infomante®)
Tiempo medio de reparación (TMR)	Es el tiempo promedio que tarda la reparación de una falla.	Registro de OT cerradas tipo urgente (Infomante®)
Ejecución del plan de mantenimiento (EPM)	Cantidad de OT sistemáticas ejecutadas y cerradas en un periodo de tiempo establecido	Registro de OT cerradas tipo sistemáticas (Infomante®)

Tabla 4
Ecuación para cálculo TMEF

TMEF - Tiempo medio entre fallas. (Silva, 2014)

$$TMEF: \frac{T_0 - T_{np}}{C_f}$$

Donde:

T_0 : Tiempo establecido para operar

T_{np} : Tiempo de paradas no programadas

C_f : Cantidad de fallas presentadas durante T_0

Nota:

Tener en cuenta el tiempo establecido para operar

Fallas que se presenten durante el tiempo establecido para operar y que afecten la operación del equipo

Unidades de tiempo

Tabla 5
Ecuación para cálculo TMF

TMF - Tiempo medio de falla. (Silva, 2014)

$$TMF: \frac{T_0}{C_f}$$

Donde:

T_0 : Tiempo establecido para operar

C_f : Cantidad de fallas presentadas durante T_0

Nota:

Unidades de tiempo

Tabla 6
Ecuación para cálculo TMR

TMR - Tiempo medio de reparación. (Silva, 2014)

$$TMR: \frac{T_{tr}}{C_r}$$

Donde:

T_{tr} : Tiempo total implementado para reparar la falla en un tiempo evaluado

C_r : Cantidad de reparaciones realizadas

Nota:

Tiempo que se registra en la OT con la cual se reparó la falla

Número de intervenciones realizadas

Unidades de tiempo

Tabla 7
Ecuación para cálculo de C

C - Confiabilidad. (Silva, 2014)

$$C=1-e^{-\lambda t}$$

Donde:

λ : Tasa de falla

t: tiempo establecido para operar

Nota:

Tiempo requerido para operar

Indicador en unidades porcentuales

Tabla 8
Ecuación de cálculo de D

D - DISPONIBILIDAD. (Silva, 2014)

$$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMR} \cdot 100$$

Nota:

Indicador en unidades porcentuales

Tabla 9
Ecuación de cálculo EPM

EPM – Ejecución del plan de mantenimiento

$$EPM = \frac{OT \text{ Sistemáticas Cerradas}}{OT \text{ cerradas en To}} \cdot 100$$

Nota:

Indicador en unidades porcentuales

OT cerradas en el periodo de tiempo definido

Para evaluar la gestión de mantenimiento, como política del departamento de mantenimiento del Parque del Café se estableció que se debe entregar un informe trimestral sobre los indicadores seleccionados y las fallas recurrentes por sistema (por atracción). La primera meta es lograr que la disponibilidad de equipos sea superior al 80%, la confiabilidad tenga un rango de 90 a 92% y la ejecución del plan de mantenimiento este por encima del 85%, esto en los tiempos establecidos (3 meses).

Fase 4. Resultados

Como fase final, se evalúan los resultados obtenidos al aplicar el modelo de indicadores a la gestión del departamento de mantenimiento del Parque del Café.

Objetivo

*Evaluar el impacto del modelo de indicadores seleccionado.

Evaluación del modelo de indicadores seleccionado

Para evaluar el impacto y funcionalidad de los indicadores seleccionados, se aplicó el modelo a tres atracciones que registran el mayor número de OT ejecutadas en un periodo de tres meses: Montaña Rusa, Teleférico del Café y Karts Dobles, información tomada del informe de gestión de mantenimiento enero – marzo del año 2018.

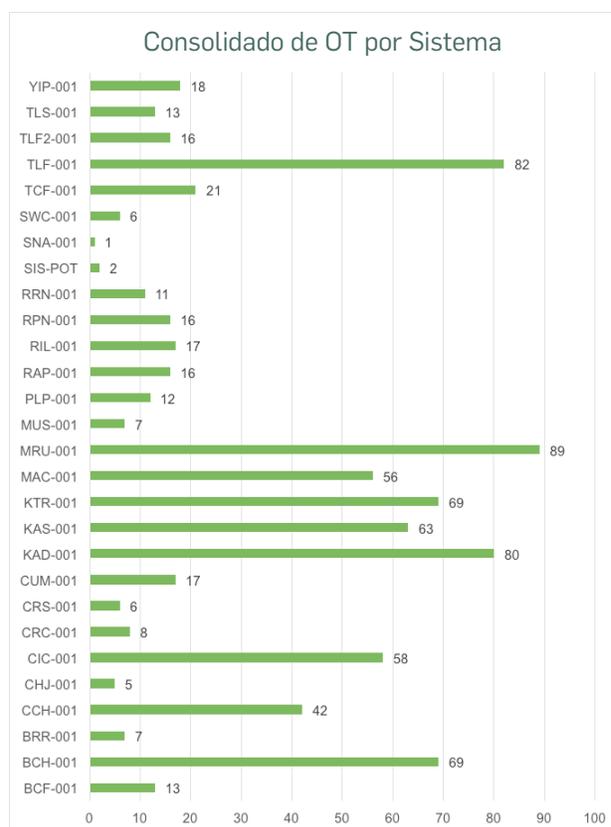


Figura 4. Consolidado de OT por sistema.
(Elaboración propia)

MRU: Montaña Rusa, TLF: Teleférico del Café y KAD: Karts Dobles

Luego de tener estas tres atracciones seleccionadas, se procede a establecer el período de tiempo para el cálculo de los indicadores seleccionados, esto teniendo en cuenta lo siguiente:

El periodo de tiempo a evaluar es de tres meses, pero como el Parque del Café tiene esquemas de operación que varían según la temporada (baja o alta) entonces se debe tener en cuenta los días operativos y las horas en las cuales se requieren operativas las atracciones, esto es, que se debe tener en cuenta que temporada alta es enero y se abre todos los días del mes pero en febrero y marzo solo se abre al público de miércoles a domingo.

Tabla 10
Días operativo del trimestre

MES	D OP/ M	H/D OP	TOTAL H/M
ENERO	31	10	310
FEBRERO	20	8	160
MARZO	24	8	192
		TOTAL HORAS OP/ TRIMESTRE	662

Donde:

D OP/ M: Días Operativos por mes

H/D Op: Horas por día operativo

Total H/M: Total de horas operativas por mes

Teniendo claro lo anterior se tabula la información que es relevante para el cálculo de los indicadores:

Tabla 11
Cálculo de TMEF, TMF, TMR, D y C

VARIABLE/ SISTEMA	MRU	TLF	KAD
TO [h]	662	662	662
Tnp [h]	38	12	21
Cf [-]	17	5	39
Tr [h]	23	15,5	28,3
Cr [-]	10	8	26
TMEF [h]	36,71	130	16,44
TMF [h]	38,94	132,40	16,97
TMR [h]	2,3	1,94	1,09
D [%]	94,1%	98,5%	93,8%
λ [-]	0,03	0,01	0,06
C [%]	100%	99%	100%

Para el cálculo de la ejecución del plan de mantenimiento, se toma la información de Infomante® filtrando el período comprendido entre Enero y Marzo del 2018, el sistema solicitado (MRU, TLF y KAD) y en Estado TER (Cerradas).



Figura 5 Interfaz de infomante en la parte inferior

En el menú de Infomante® se selecciona el módulo PLANEACIÓN OT que es donde se encuentran los registros de las OT que se ingresan al software.

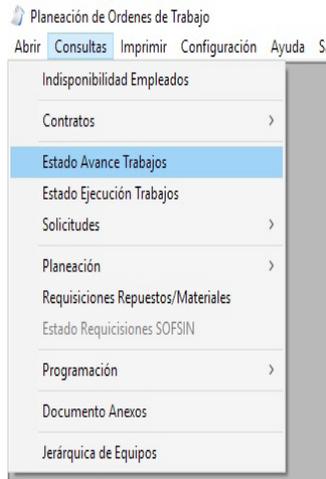


Figura 6. Módulo Planeación OT

Al ingresar al módulo PLANEACIÓN OT se selecciona la ventana Consulta y luego Estado Avance Trabajos para acceder a realizar la consulta.

La consulta se hace por rango de fecha, sistema y estado OT, se inicia la búsqueda y por practicidad de selecciona el botón ARCHIVO para exportar la información a un archivo Excel.

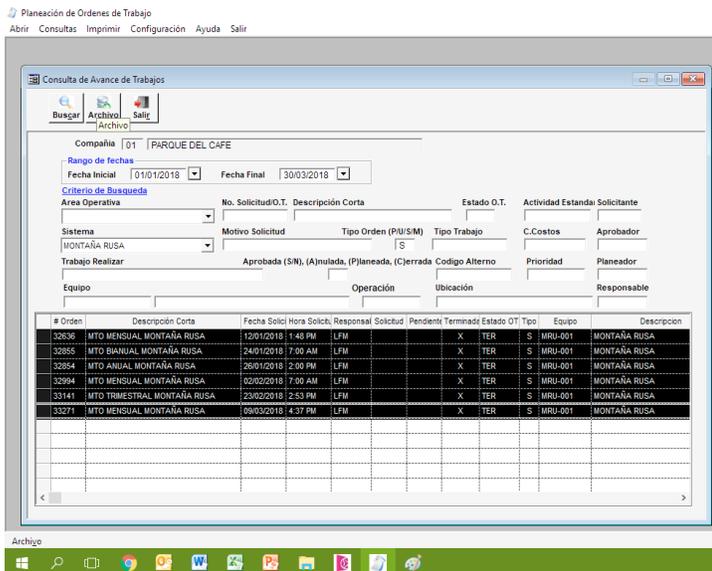


Figura 7. Filtro para la consulta.

Con la información en formato Excel es más fácil crear una tabla y registrar los datos de las OT sistemáticas que se han ejecutado versus las OT generadas y cerradas en general.

El procedimiento anterior se hizo para tabular la información de las tres atracciones y calcular el indicador de Ejecución de Plan de Mantenimiento (EPM) el cual se registra en la tabla 12.

Tabla 12
Cálculo de EPM

SISTEMA	OT TIPO P	OT TIPO S	TOTAL	EPM [%]
MRU	90	6	96	6,3%
TLF	78	4	82	4,9%
KAD	83	4	87	4,6%

Conclusiones y recomendaciones

Se observa que los indicadores permiten calificar el sistema de gestión de un área transversal a los procesos misionales de una organización que presta un servicio intangible como es la diversión.

Se establece el uso de indicadores de clase mundial para la gestión de mantenimiento, de tal forma es posible comparar la organización con otras a nivel mundial y establecer nuevos objetivos al área.

Se evidencia que es fácil implementar el modelo de indicadores seleccionado, pues requieren información que arroja el software de mantenimiento, que es parte de los archivos propios de la compañía, que es tangible, oportuna y verás. Por tanto el siguiente paso sería aplicar el modelo a todas las atracciones del Parque del Café.

Se observa que las metas de Disponibilidad y Confiabilidad, son fácilmente alcanzables para las atracciones seleccionadas, sin embargo hay que aplicar el modelo al resto de atracciones para establecer un plan de mejoramiento o mantener los indicadores.

En el indicador de la ejecución del plan de mantenimiento (EPM) se observa que hay que establecer un plan de acción para vincular las actividades rutinarias dentro del plan de mantenimiento y analizar qué actividades son esporádicas y cuales se pueden agrupar en una frecuencia determinada. De igual manera el plan de mantenimiento debe ser revisado para determinar el alcance y verificar que sean estas las actividades y las frecuencias que satisfacen la necesidades operativas del sistema para conservar el ciclo de vida de los activos que lo componen.

Referencias bibliográficas

Amendola, L. (1998). *Indicadores de Confiabilidad*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2008). *Administración y control de la calidad*. México D.F : Cengage Learning Editores.

García, L. A. (2006). *Indicadores de la gestión logística*.

García, S. (2009). *Ingeniería de Mantenimiento: Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento*.

Páez, R. (1973). *Primer Congreso de Ingeniería de Mantenimiento*. Puebla.

PAS 55: *Standards for Asset Management*. (2008).

Rincón, R. D. (1998). *Gestión Organizacional: Una guía para su definición*. *Revista Universidad Eafit*, 44-59.

Silva, P. E. (2014). *Confiabilidad en la Practica*. Barranquilla.

Universidad de Granada. (2007). *Guía para la definición e implantación de un sistema de indicadores*. Granada.

Wireman, T. (1998). *Desarrollo de indicadores de desempeño para la administración de mantenimiento*. Colombia: Rojas Eberhard.