

MAXIMIZANDO EL VALOR DE LOS DATOS PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO Y DISPONIBILIDAD DE ACTIVOS OPERATIVOS

Sandra Marcela Carmona Tobón
INTERCOLOMBIA S.A E.S.P
smcarmona@intercolombia.com

Iván Lozada Ayala
INTERCOLOMBIA S.A E.S.P
ilozada@intercolombia.com

Resumen

La disponibilidad del activo operativo es uno de los indicadores más importante en un sistema eléctrico de potencia que define la calidad del servicio. Este indicador se ve impactado por las perturbación y fallas intrínsecas de los equipos que componen el activo operativo, para dar respuesta a la creciente necesidad de mejorar la calidad del servicio con bajos costos de mantenimiento, disminución de riesgo y alto desempeño de los equipos se propone una metodología que integra el cálculo a través modelaciones estadísticas con datos de mantenimiento y operación (MTTR y tasas de falla) combinada con análisis de efectividad del mantenimiento, el resultado obtenido de este análisis nos da información de como priorizar la intervención de los activos operativos y sus equipos de acuerdo al potencial impacto que una falla en los mismos pueda tener en el indicador de disponibilidad.

Palabras claves

Confiabilidad, Analítica de datos, MTBF (Tiempo promedio entre fallas), β (Comportamiento de la confiabilidad).

Introducción

En este artículo, se muestra la aplicación de una metodología aplicada a la confiabilidad de activos basada en datos y efectividad del mantenimiento para aumentar la rentabilidad del negocio priorizando la disponibilidad del sistema, enmarcado en los objetivos estratégicos de la

organización (puntualmente eficiencias en TOTEX y reducción de falla)

Para lograr estos objetivos desarrollamos una metodología que consta de 3 etapas fundamentales. La primera etapa se denomina Identificación y *Priorización Posibles Malos Actores*, aquí hacemos una diferenciación en el análisis de los activos operativos y el análisis de los equipos, la segunda es *Eliminación de defectos* con un análisis a nivel de detalle y la tercera es la *verificación de la efectividad de las acciones*.

1. Etapa I: Identificación y Priorización Posibles Malos Actores a nivel de Activo Operativo

Saber priorizar es muy importante para poder enfocar esfuerzos y recursos sobre los activos de una compañía. El punto de partida de esta metodología y de esta primera etapa, es la información asociada a las fallas de los activos operativos. Realizar una limpieza de datos es fundamental para obtener unos resultados reales a la realidad que se está viviendo con los activos para luego ser procesados por algoritmos computaciones por medio de modelaciones estadísticas y encontrar tendencias, patrones o valores que nos den una dirección a una solución de su comportamiento.

Una vez obtenido las tendencias, se clasifican respecto a sus valores de TF, MTTR e indisponibilidad para poder así identificarlos respecto a su valores límites de comportamiento.

Es importante analizar nuestro pasado para entender nuestro presente y pronosticar el futuro para tomar decisiones, anticipándonos con acciones y evitar materialización de eventos no deseados.

1.1 Procesamiento de datos históricos de operación.

Para obtener resultados confiables en cualquier proceso donde se utilicen datos, se debe realizar un análisis de estos y de su origen. El fin de dicho análisis es identificar errores en digitación, datos atípicos y faltantes que puedan afectar los resultados.

Para esta metodología, se utilizan datos de fechas de ocurrencias de aquellos eventos que generan indisponibilidad total o parcial, los cuales se obtienen desde la plataforma **SIGO**.

Utilizando la información depurada por las causas regulatorias y causas reales, se calculan los tiempos para fallar **TPF** y tiempos fuera de servicio **TFS** con las columnas que registran **las fechas de ocurrencia de los eventos y el tiempo de indisponibilidad generado** por estos, de manera respectiva.

1.2 Modelamiento de la información e identificación de activos operativos como malos actores

Uno de los objetivos del análisis RAM es enfocar la consecución de resultados hacia los activos o equipos más críticos. Una de las herramientas utilizadas para cumplir con este objetivo es el diagrama de Jack Knife, el cual es un método para analizar el tiempo de indisponibilidad y tasa de fallas de equipos o sistemas usando diagramas de dispersión en un plano con unidades logarítmicas. Con el fin de representar la confiabilidad, indisponibilidad y mantenibilidad en el diagrama, se utiliza **la tasa de fallas, MTTF y MTTR**

respectivamente para cada uno de los equipos o sistemas que se estén comparando.

Los resultados de estos análisis se observan en esta grafica. Los cuadrantes de interés para esta metodología son el cuadrante superior derecho llamado agudo y crónico; y el inferior derecho llamado crónico I.

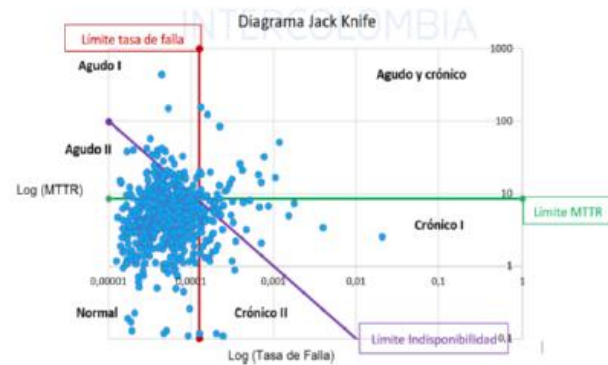


Figura 1. Dispersión de datos (Diagrama de JackKnife).

En el plano logarítmico: eje X representa la tasa de fallas, eje Y representa MTTR.

Se podría tomar como lectura del diagrama de dispersión para la tasa de falla como todo activo o equipo ubicado a la derecha de la tasa de falla está superando nuestro promedio de valor, línea roja. De igual manera sucede con el MTTR dado que todo activo ubicado en la parte superior de la línea verde está superando el promedio en tiempo medio de reparación. Y para la indisponibilidad se toma el mismo principio de lectura.

El resultado final de este análisis se puede clasificar por familia, sección o sistema de acuerdo con los datos inicialmente analizados. Para este ejemplo, fueron clasificados por centro de transmisión dividido en zonas del país para la compañía.

2. Etapa II: Efectividad de mantenimiento sobre los equipos.

La etapa II de la metodología se refiere al análisis de efectividad de mantenimiento de los equipos, este análisis nos permite identificar y gestionar de los modos de falla que se están presentando en los equipos y sus efectos, y de esta forma permite implementar tareas preventivas y predictivas adecuadas a través de revisión de las estrategias de mantenimiento, las actividades definidas, su frecuencia o incluso hasta identificar nuevos modos de falla no identificados en el RCM inicial.

Es crucial para la metodología aquí presentada los resultados obtenidos del análisis de efectividad ya que nos dan la información mas detallada de las causas por las que el activo operativo priorizado o identificado en la etapa I disminuye su desempeño y requiere intervención.

Los resultados del análisis de efectividad del mantenimiento nos dan respuesta de los malos actores a nivel de equipo que afectan el desempeño del activo operativo.

Para lograr los resultados de la etapa II, le aplicamos el siguiente proceso al activo operativo priorizado

2.1 Procesamiento de datos históricos de mantenimiento

El primer paso es la adquisición de datos históricos de mantenimiento y falla. La fuente de información proviene tanto del proceso Operación como indisponibilidades programadas y no programadas y eventos forzados; así como datos del proceso Mantener con las actividades de mantenimiento preventivo o correctivo.

En la gráfica 2 se observan un ejemplo de las intervenciones que ha sufrido un activo operativo, tanto programadas como no programadas, y nos permite identificar entre periodos de mantenimiento cuantos eventos por falla se han

presentado. Idealmente se desea que no haya salidas del activo operativos entre periodos de mantenimiento definidos en la estrategia.



Figura 2. Indisponibilidad del activo

El siguiente paso el análisis de efectividad de mantenimiento para identificar malos actores se obtiene del análisis de datos provenientes de mantenimiento y operación, con esta información se identifican los equipos o sistemas que ms recurrencias de intervención presentado durante la indisponibilidad del activo, en otras palabras, el equipo que ha causado la indisponibilidad debido a un evento de falla. A estos son los que llamamos Posibles Malos Actores.

En la figura 3 se observan los resultados de los malos actores identificados en un activo operativo después del análisis. En el diagrama se observa que el primero equipo ha presentado una recurrencia de casi 20 eventos, y así sucesivamente para otros equipos.

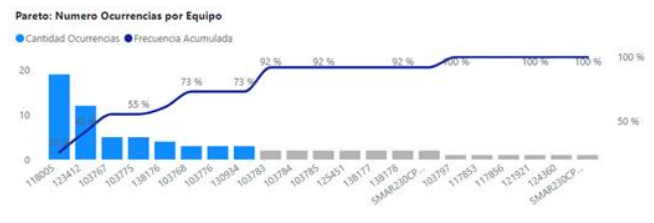


Figura 3. Identificación de malos actores

2.2 Análisis descriptivo de la información.

Con uso de la analítica descriptiva aplicada a los datos históricos entendemos que ha sucedido.



8º CONGRESO MUNDIAL
DE MANTENIMIENTO Y
GESTIÓN DE ACTIVOS



21 · 22 · 23
MAYO · 2025
Centro de Convenciones
Cartagena de Indias - Colombia



22º Congreso Iberoamericano de Mantenimiento
27º Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos - CIMGA

El origen y naturaleza de los datos para el análisis descriptivo se realizó con los datos de mantenimiento y fallas de los equipos de ISA INTERCOLOMBIA, la fuente de información utilizada se obtuvo del ERP (SAP) y y la plataforma de operación de la compañía con un periodo de análisis de 12 años, desde el 2010 al 2022.

Una vez obtenida la base de datos inicial se hace limpieza y preprocesado de los datos antes de iniciar el análisis con el propósito de mejora su calidad, a este paso lo llamamos Exploración Inicial de los Datos. A través del uso de filtros se descartaron aquellos que no cumplieran con los criterios definidos para el análisis.

Una vez que los datos están limpios, se pueden aplicar diversas técnicas estadísticas para resumir y visualizar la información. Esto incluye el uso de medidas de tendencia central y dispersión, como promedios y desviaciones estándar, así como la creación de distribuciones de frecuencia y gráficos para identificar patrones y tendencias en los datos

3. Etapa III: Eliminación de defectos

Después de terminadas las etapas I y II, donde el insumo de la primera es la priorización del activo operativo y la segunda es la identificación de los equipos responsables de los eventos, se inicia la tercera etapa.

3.1 Análisis a nivel de detalle de activos priorizados.

Para lograr la eliminación de las causas por las cuales el equipo falla y el activo operativo presenta indisponibilidad, se toman los resultados de las etapas anteriores y se crean células de trabajo con personas de diferentes áreas donde se gestionan los diferentes procesos que de una u otra forma hacen parte de la cadena de valor del activo según la

metodología de Gestión de Activos (crear, operar, mantener, renovar).

Personal experto del proceso mantener, operar y ejecutar se congregan en espacio de discusión donde se comparten las experiencias y conocimientos sobre estos equipos identificados como malos actores y su comportamiento, la naturaleza de los eventos, así como las acciones que se han implementado para dar solución.

Estos escenarios de co-creación y cooperación resultan ser de gran valor para integrar en la etapa de eliminación de defectos acciones o intervenciones desde muchos ángulos o enfoques que abarcan de forma más holística la intervención del equipo.

3.2 Toma de decisiones basada en resultados

Como resultado de la tercera etapa se obtiene un plan de acción detallado con fechas definidas (cronograma), acciones concretas, insumos y responsables, cálculo de costos y riesgos según el tipo de acciones a implementar. Estas acciones pueden ir desde garantizar la existencia de un repuesto, hasta la decisión de renovar un equipo, pasando por cambios en las estrategias de mantenimiento.

Derivado de la etapa III surgen acciones adicionales a otras áreas o equipos de trabajo donde se requieren estudios o análisis mas especializados como la implementación de un nuevo RCM o herramientas de toma de decisiones como Diagrama de Ishikawa, Árbol Lógico, Cinco Por Qué's, etc con el propósito de que la implementación del plan de acción reduzca la probabilidad de materialización de un evento que cause indisponibilidad al activo de manera parcial o permanente.



En la figura 4 se muestra un ejemplo de un ejercicio real haciendo uso del Diagrama de Ishikawa y con el cual se analizaron variables como Entorno/Medio Ambiente, Método/Procedimiento, Herramientas/Equipos, Medición. La decisión de utilizar esta herramienta se derivó de la identificación de un activo operativo con alta recurrencia en indisponibilidades y se pretendía responder la pregunta de cuales era las causas de los eventos y generar acciones más efectivas.

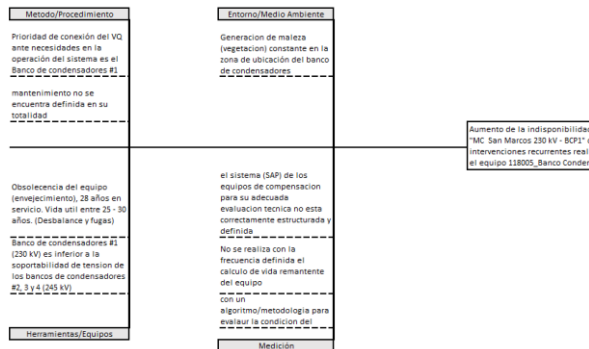


Figura 4. Diagrama Ishikawa

Como resultado del uso de la herramienta se identifican las acciones que al implementar tendrían más impacto en la disminución de eventos que causan indisponibilidad. El uso de estas herramientas también incorpora las variables costo y riesgo.

3.3 Impactos evitados

Al implementar las acciones identificadas en Diagrama de Ishikawa, se obtuvieron los siguientes resultados como impactos evitados:

- Inversión de renovación inmediata NO presupuestada: USD360.000
- Impacto financiero anual: COP3´000.000
- Horas asociadas a eventos de indisponibilidad: 17
- Eventos que generan indisponibilidad: 2

4. Caso de Uso: Banco de Compensación San Marcos

El banco de compensación de San Marcos fue uno de los activos operativos priorizados en la etapa I cuando se implementó la metodología, a continuación, presentamos en análisis por etapa y sus resultados.

Este activo operativo es de gran impacto en el sistema de transmisión nacional y los eventos que causan indisponibilidad afectan la calidad de prestación del servicio el cual tiene impactos social y financiero, y su ubicación estratégica en el STN (sistema de transmisión nacional) tiene repercusiones en la exportación de energía eléctrica a través de la interconexión con Ecuador.

4.1 Etapa I: Identificación de malos actores a nivel de activo operativo

En la figura 5 se muestran los resultados del análisis que identifico este activo como un mal actor, y se pueden observar las horas compensadas en un periodo de 5 años. Estos valores superan los valores esperados en un activo con un desempeño deseado de acuerdo con las estrategias definidas en la compañía. Esta estrategia integra conceptos regulatorios, de costo, de riesgo y desempeño.

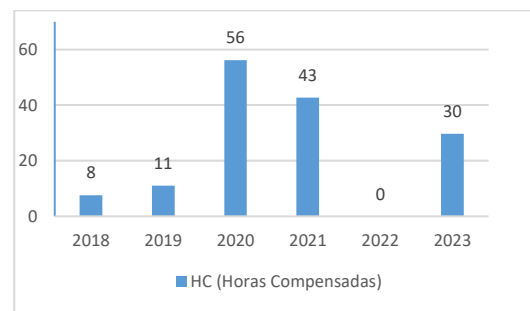


Figura 5. Horas compensadas anuales del activo

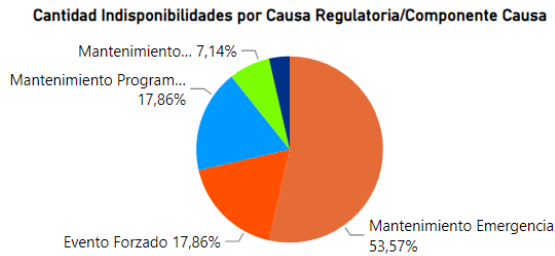


Figura 6. Indisponibilidades por causa regulatoria

4.2 Etapa II: Análisis de efectividad de mantenimiento a nivel de equipos.

La imagen 7 nos permite evidenciar el comportamiento de este equipo entre periodos de mantenimiento preventivo (columna verde) entre el año 2015 y 2022, evidenciándose los eventos recurrentes entre este periodo. Como se menciona anteriormente no es deseable tener acciones correctivas de mantenimiento entre el año 2015 y 2022 y nos hacen cuestionar y revisar la estrategia de mantenimiento o las causas por las cuales el activo presenta estas horas de inoponibilidad.



Figura 7. Indisponibilidades en el tiempo

El Pareto de los malos actores según el análisis de efectividad del mantenimiento identificó los siguientes equipos como responsables de causar la mayor indisponibilidad del activo

1. Banco de condensadores
2. Seccionador Tripolar CP11
3. Cuchilla Puesta a tierra CP19
4. Transformador de corriente
5. Interruptor

Con la información obtenida en esta etapa y la anterior, se congregan los expertos en el equipo y se identifican las causas por las cuales se presentaron estos eventos. Dentro de las discusiones se considera además información sobre el activo, que pudieran complementar la toma de decisiones o las conclusiones de los análisis.

Las acciones de mantenimiento y renovación identificadas para este activo operativo que se incluyen en los análisis de efectividad se enumeran a continuación:

- Renovación del interruptor en 2022
- Retiro de maleza anual.
- Mantenimiento mayor del activo en 2022
- Renovación de CT Fase B en 2021

4.3 Etapa III: Eliminación de defectos

Las acciones realizadas sobre el activo operativo incluyen:

- Renovación de los sistemas de Control y Protecciones
- Actualización cálculo de variables de equipos de compensación
- Pavimentación patio de la subestación
- Cambio de prioridad (entrada en operación) banco de condensadores paralelos 230 kV
- Estructuración y definición información técnica
- Revisión y actualización algoritmo de calificación condición equipos
- Ajuste y actualización documentos técnicos en equipos compensación
- Balanceo del Banco de condensadores #1
- Revisión de efectividad de las acciones
- Renovación de equipos.

Estas acciones están distribuidas en el tiempo a corto, mediano y largo plazo.



Figura 8. Resultados de una de las acciones derivadas del análisis

El plan de acción incluye actividades a corto, mediano y largo plazo y como resultado de la implementación de las acciones a corto plazo, los equipos considerados malos actores no han vuelto a presentar recurrencia de indisponibilidades.

Conclusiones

Como resultado de toda esta metodología se pudieran desprender acciones como:

- Revisión y retroalimentación a la estrategia de mantenimiento.
- Creación de documentos técnicos de mantenimiento
- Toma de decisiones sobre la renovación o cambio de equipo; o incluso posponerla.
- Identificación de marcas o referencias de equipos para dar señales a Proyectos y aprovisionamiento.
- Acciones rápidas e inmediatas, acciones de largo plazo.
- Planes de contingencia.
- Socialización y divulgación de los resultados y de las acciones.
- Asumir responsabilidades definidas en el plan de acción por las áreas correspondientes.

- Revisar si este comportamiento identificado se esté evidenciando en equipos de la misma familia en otros activos o contextos operativos similares, y de esa forma replicar acciones y oportunidades de mejora.

Hoja de Vida

Sandra Marcela Carmona Tobón: Ingeniera electricista de la Universidad Nacional de Colombia, con especialización en Gerencia de Proyectos de la Universidad Pontificia Bolivariana, desempeñando el cargo de Analista Estrategia de Mantenimiento en ISA INTERCOLOMBIA S.A E.S.P y con experiencia profesional en el sector energético en generación, en distribución y en transmisión de energía.

Iván Javier Lozada Ayala: Ingeniero electricista con especialización en sistemas de potencia de la Universidad Del Norte, con experiencia profesional en el sector energético en transmisión y distribución de energía. Trabajando actualmente en la Dirección Gestión Integral Mantenimiento de ISA INTERCOLOMBIA S.A E.S.P

REFERENCIAS

- [1] The New Weibull Handbook; Fifth Edition ; Dr Robert B Abernethy
- [2] CIGRE TB642, Transformer Reliability Survey, W.G A2.37, 2015.
- [3] Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM II, John Moubray, Aladon, USA - 2004.

1. Sandra Marcela Carmona Tobón
Celular 3013704198
Calle 12 sur No. 18A – 64
Medellín, Colombia



8º CONGRESO MUNDIAL
DE MANTENIMIENTO Y
GESTIÓN DE ACTIVOS



EXPO
MANTENER

21 · 22 · 23

MAYO · 2025

Centro de Convenciones
Cartagena de Indias - Colombia



Federação Iberoamericana
de Manutenção



ACIEM
Asociación Colombiana
de Ingenieros

22º Congreso Iberoamericano de Mantenimiento

27º Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos - CIMGA

- Iván Javier Lozada
Celular 3012864771
Calle 12 sur No. 18A – 64
Medellín, Colombia