

## **Gestión de Activos en el Mantenimiento de Líneas de Transmisión de Energía**

**J. Maya- Montoya, D. Gómez-Torres**  
**INTERCOLOMBIA S.A E.S.P. Calle 12 Sur # 18-168 – Medellín, Colombia**

### **Resumen**

El trabajo describe el avance en las actividades realizadas en la Gerencia de Operaciones para dar cumplimiento al Plan Estratégico de Gestión de Activos de INTERCOLOMBIA S.A. E.S.P. en lo referente al mantenimiento de las Líneas de Transmisión de Energía. Se muestra de manera general las principales actividades que desde el mantenimiento han sido realizadas en todo el ciclo de vida del activo (Creación, Operación, Mantenimiento y Renovación), considerando además los costos, los riesgos y su desempeño para maximizar su valor y lograr los objetivos estratégicos de manera sostenible.

Como resultado del proceso de implementación de la Gestión de Activos se muestra algunos logros técnicos y económicos alcanzados hasta el momento, que están alineados con las declaraciones estratégicas de la compañía de incrementar la rentabilidad en sus actividades.

### **Introducción**

Las líneas de transmisión de energía son componentes vitales para el Sistema de Transmisión de Energía Eléctrica del país y de su integridad y buen desempeño depende el suministro confiable de energía para los usuarios.

Es por esto que la Gestión de Activos de líneas de transmisión en INTERCOLOMBIA, busca agregar valor a la compañía a través de una efectiva administración de los riesgos, de las mejores prácticas desde el diseño, suministro y construcción de las líneas de transmisión, así como alcanzar las metas de disponibilidad aplicando exigentes protocolos de operación, mantenimiento y renovación de estos activos, potencializando el talento humano.

En este documento se muestra como la

estrategia diseñada para el mantenimiento de las líneas de transmisión de energía se encuentra alineada con el Plan Estratégico Organizacional de INTERCOLOMBIA, con la Política de Gestión de Activos, con el Plan Estratégico de Gestión de Activos (PEGA) y con las Estrategias Funcionales del ciclo de vida.

También se describen algunas de las estrategias definidas para todo el ciclo de vida de los principales componentes de las líneas de transmisión de energía, tendientes a mejorar el desempeño futuro del activo.

En el documento se muestra la estrategia diseñada considerando todo el ciclo de vida de este activo desde la creación, la operación, el mantenimiento y la renovación de las líneas de transmisión de energía de INTERCOLOMBIA; se incluyen estrategias específicas sobre

componentes principales de líneas de transmisión como son las estructuras metálicas, los cables conductores, los cables de guarda y el aislamiento.

### Alineación Estratégica

Las estrategias de líneas de transmisión de energía están plenamente alineadas con la Política y la Estrategia de Gestión de Activos de INTERCOLOMBIA que señala: “Gestionar los activos con una visión integrada de su ciclo de vida, considerando la optimización del costo, el riesgo y su desempeño para lograr su máximo valor y contribuir a obtener los objetivos de la organización de manera sostenible”.

### Línea de Vista

Un buen sistema de Gestión de Activos muestra claramente la conectividad jerárquica o "línea de vista" entre la política de la organización, plan estratégico y las actividades diarias de gestión de activos.



Fig. 1. Línea de vista de las estrategias de líneas

Esta estrategia forma parte de esa “línea de vista” como se representa gráficamente en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Allí se muestra esquemáticamente donde se encuentra la estrategia de líneas de transmisión de energía dentro del Sistema de Gestión de Activos de la compañía.

### Estrategia para la Creación del Activo

#### Calificación de Ofertas

Dentro de la planeación estratégica de los negocios de líneas de transmisión y con el fin de optimizar los recursos requeridos para la preparación de las ofertas, se definen metodologías específicas de trabajo y se priorizan de la siguiente manera las ofertas de líneas de transmisión en función de su relevancia y riesgos para la organización:

- *Ofertas estándar:* Ofertas en las que es obligatorio presentarse por requisitos de ley.
- *Ofertas atractivas:* Ofertas en las cuales se tiene interés por su rentabilidad y porque se pueden diseñar/construir bajo las prácticas comunes de la compañía.
- *Ofertas estratégicas:* Ofertas las cuales tienen alto interés estratégico para la compañía.

#### Diseño

Para efectos prácticos en el diseño de las líneas de transmisión de energía se determinó considerar solo dos niveles de atmósferas corrosivas, las atmósferas de alta agresividad corrosiva y las atmósferas de baja agresividad corrosiva, y para cada una de estas, se definieron parámetros de diseño específicos.

Uno de los principales factores de degradación en las líneas de transmisión de energía es la corrosión, dado que disminuye drásticamente la expectativa de vida de sus componentes metálicos.

Para hacer frente a esta situación, INTERCOLOMBIA aplica una metodología propia denominada “Manejo Integral de la Corrosión (MIC). En esta metodología se establecen diferentes niveles de agresividad corrosiva en los que pudiera estar sometidas las líneas de transmisión de energía en su trazado. En la siguiente tabla se detallan estos niveles.

Tabla 1. Niveles de Agresividad Corrosiva

Distancia al mar km	Niveles de Corrosión	Identificador por color
$0 \leq X \leq 5$	Extremadamente severo	
$5 < X \leq 10$	Muy severo	
$10 < X \leq 15$	Severo	
$15 < X \leq 20$	Muy alto	
$20 < X \leq 25$	Alto	
$25 < X \leq 30$	Levemente alto	
$X > 30$	Moderado - Bajo	

Con base en estos niveles de corrosión también se hicieron estudios e investigaciones tendientes a mejorar el desempeño de los principales componentes de las líneas de transmisión de energía; por ejemplo, para las estructuras metálicas después de un largo tiempo de investigación y apoyados en el proceso para la toma de decisiones “SALVO”, se determinó aplicar recubrimientos anticorrosivos para aumentar la expectativa de vida de las torres. De igual manera, se determinó la utilización de herrajes en acero inoxidable de acuerdo con el perfil de agresividad corrosiva de la zona de construcción de los nuevos proyectos.



Fig. 2. Herrajes en Acero Inoxidable para Instalar una Zona de Alta Agresividad Corrosiva

Otra innovación importante acogida desde el diseño para mejorar el desempeño de las líneas de transmisión de energía ubicadas en zonas de muy alta agresividad corrosiva, es que los aisladores poliméricos se especifican con algunas características constructivas de muy buen desempeño, además con terminales en acero inoxidable que ofrecen una expectativa de vida hasta de 30 años, mientras que en algunos aisladores poliméricos convencionales la expectativa de vida no ha superado los 10 años debido al deterioro del espigo en acero

galvanizado.



Fig. 3. Herrajes de aislador Polimerico Corroído

### Abastecimiento

Se aplica una metodología de precalificación y segmentación de proveedores (a nivel de fábrica específica), a partir del análisis de documentación y la realización de inspecciones (auditorías) periódicas presenciales con personal interno y/o externo, con el objetivo de determinar la capacidad técnica y logística de cada fabricante que es invitado a participar en los procesos de contratación.

De forma similar, se precalifican y segmentan los contratistas que tienen la capacidad y experiencia para prestar el servicio de Montaje de los elementos que componen una línea de transmisión y el servicio de Mantenimiento de los mismos, cumpliendo con los estándares definidos por INTERCOLOMBIA.

Alineado con el Sistema de Gestión de Activos, se incluye en la precalificación de proveedores y contratistas, criterios como la certificación en las normas ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 y criterios de responsabilidad social y ambiental, según sea el caso.

### Montaje y Puesta en Servicio

Después de realizar los respectivos análisis de “Causa Raíz”, enmarcados en el modelo de “Mejora Continua”, se determinó que antes del montaje de las líneas de transmisión de energía, es necesario realizar una inducción técnica donde participe un grupo multidisciplinario de involucrados en el proyecto. En esta inducción técnica se deberá mostrar el alcance del

proyecto con detalles específicos de procedimientos de montaje de cada uno de los elementos componentes de las líneas de transmisión de energía.

### **Estrategia para la Operación del Activo**

El objetivo de participar en los análisis operativos es generar espacios que rompan silos entre la operación y el mantenimiento y desde Mantenimiento generar los análisis que permitan determinar cómo estamos aportando a la disponibilidad de los activos, bien sea por mantenimientos que superan las metas de disponibilidad, porque el desempeño de los equipos esté afectando la disponibilidad del activo.

#### **Gestión de Consignaciones**

Revisar y validar el impacto sobre el Sistema Interconectado Nacional, de las intervenciones de activos por trabajos de mantenimiento o proyectos, programados o no programados, y dar conocimiento a las áreas y clientes implicados.

Coordinar con el Operador del Sistema las condiciones requeridas en las Consignaciones Programadas y no programadas, para asegurar que los trabajos se ejecuten con el mínimo riesgo para las personas, los equipos y las instalaciones.

#### **Supervisión en Tiempo Real del Sistema**

Supervisar, ejecutar y controlar la operación de los activos del Sistema Interconectado Nacional, operados por INTERCOLOMBIA, ante mantenimientos, perturbaciones o maniobras operativas, de acuerdo a las instrucciones del Operador del Sistema, los clientes y la regulación vigente, cumpliendo con los niveles de confiabilidad, disponibilidad, seguridad y calidad del servicio.

Recolectar la información generada por los equipos de protección y supervisión para realizar análisis preliminares en tiempo real de las perturbaciones presentadas en el sistema, procurando maximizar la disponibilidad de los activos y la calidad y oportunidad de la

información.

Informar y actualizar a las personas o áreas involucradas en el ciclo de vida de los activos, sobre eventos que les impacten, garantizando la toma de decisiones a partir de una visión integral del ciclo de vida y con criterios de costo, riesgo y desempeño.

#### **Análisis de Perturbaciones del Sistema**

Realizar la evaluación de las Ocurrencias Forzadas sobre los activos operados por INTERCOLOMBIA en el Sistema Interconectado Nacional, mediante el análisis de los datos de fallas generados por los equipos de protección y supervisión.

Calificar el desempeño de los equipos en los eventos, identificando el correcto o incorrecto funcionamiento y la incidencia en el sistema.

### **Estrategia para el Mantenimiento del Activo**

Parte de la estrategia corporativa es el posicionamiento de las empresas del Grupo ISA y el incremento de sus utilidades; en este sentido, se decidió comparar el desempeño de INTERCOLOMBIA en la gestión del mantenimiento respecto a sus pares a nivel mundial. Fue así como en el año 2011, ISA-INTERCOLOMBIA participó en el referenciamiento ITOMS (International Transmission Operations & Maintenance Study), el cual, entre otras, busca medir y comparar el desempeño en términos de niveles de servicios y costos, de la operación y el mantenimiento de diferentes empresas del sector de la transmisión de energía.

Una vez se recibieron los resultados, se evidenció que el nivel de servicio (Desde el punto de vista operativo), para las líneas de transmisión de ISA-INTERCOLOMBIA es muy bueno, pero el costo asociado era muy alto, ubicándonos como una empresa que podía mejorar su gestión para obtener mejores resultados técnicos y económicos.

Con base en esta información y utilizando las herramientas de Gestión de Activos, se iniciaron análisis en los costos del mantenimiento preventivo y correctivo, identificándose las causas de la diferencia de costos de ISA-INTERCOLOMBIA respecto las empresas con mejores prácticas de mantenimiento en ITOMS.

Las acciones derivadas de este análisis permitieron ajustar las frecuencias del mantenimiento preventivo, identificar acciones de mejora durante el proceso de construcción y disminuir los costos de la ejecución del mantenimiento correctivo.

#### Mejoras en el Mantenimiento de Líneas de Transmisión

En general, las líneas de transmisión de energía se pueden considerar como elementos estacionarios, en los cuales la variación del estado de sus componentes dependerá principalmente del ambiente, de acciones de terceros o por las anomalías en el proceso de construcción.

Con base en lo anterior, las acciones de mejora planteadas para las líneas de transmisión en pro de mejorar sus costos de operación y mantenimiento, fueron las siguientes:

- *Frecuencias de mantenimiento:* Para lograr la optimización de las actividades de mantenimiento periódico se realizaron las siguientes actividades:
  - Con el personal que ejecuta el mantenimiento de la servidumbre, se verificaron las características de crecimiento de la vegetación en los vanos de las líneas de transmisión, lo que permitió aumentar frecuencias de corte de 6 meses a 1 año. Adicionalmente, este ejercicio permitió incluir una frecuencia de 2 años en algunos tramos de línea que normalmente se realizaban con frecuencia anual.

- Se revisaron las estadísticas de los modos de falla de las líneas de transmisión, encontrando que no es común que en un periodo inferior a 4 años se presentara una anomalía grave; por esta razón se modificó la frecuencia de inspección con ascenso de la torre de 2 a 4 años. Dentro del mantenimiento de servidumbre se incluyó una inspección sin ascenso con el fin de detectar cualquier anomalía aleatoria que se pudiera presentar en la línea de transmisión. Adicionalmente, se modificó el formato de registro de información con el fin de tener información disponible para identificar modos de falla que no fueron reportados por el personal ejecutor.
- La inspección aérea se continuará realizando cada 6 meses, pero su ejecución dependerá de los periodos de lluvia.
- Con el fin de optimizar los tiempos de desplazamiento del personal ejecutor, se incluyó la simultaneidad del mantenimiento de servidumbre, inspecciones con ascenso y medidas de puesta a tierra dentro de los planes periódicos de largo plazo.
- Para evitar o detectar la invasión de la zona de servidumbre de las líneas de transmisión, se incluyó la inspección de infraestructura urbana en zonas susceptibles a este fenómeno. Su frecuencia promedio es mensual, pero podrá ser modificada dependiendo del riesgo de invasión de la zona.
- Se estableció que la medida de puesta a tierra y la revisión de cimentaciones se realizará cada 12 años, coincidente con la inspección con ascenso.
- Se revisó y se ajustó la duración esperada de cada actividad de mantenimiento en el plan de largo plazo; con el fin de optimizar los recursos, también se definió la cantidad de personas que conforman las cuadrillas

que ejecutan el mantenimiento periódico.

#### Actividades Correctivas:

Conocer la condición de los equipos oportunamente es de vital importancia para establecer y programar sus tareas de mantenimiento. Para ello INTERCOLOMBIA emplea reglas de diagnóstico que establecen los límites esperados de las variables cualitativas o cuantitativas monitoreadas en las líneas de transmisión durante su operación y mantenimiento.

Con el objetivo de optimizar los costos de mantenimiento sin comprometer la sustentabilidad o los niveles de exposición al riesgo, se decidió revisar en las reglas de diagnóstico la necesidad real de ejecutar algunas actividades de mantenimiento correctivo en cables, aisladores, herrajes y accesorios que para su corrección, requieren desconexión de la línea, descartando su ejecución. Los puntos de mejora se concentraron en los siguientes aspectos:

- *Corrección de pines faltantes y tuercas en grapas de suspensión:* Se creó un manual para indicar en qué casos se requería la instalación del pin y la tuerca; adicionalmente, se incluyó dentro de las actividades periódicas la instalación de aquellos elementos que no requerían la desconexión del circuito y que no implicaban riesgo para el personal.
- *Blindajes mal instalados:* Se indicó que solo deben ser corregidos en zonas de alta agresividad corrosiva.
- *Corrección de verticalidad en grapas de suspensión de conductores y cables de guarda:* Se estableció criterio para corregirla según grados de desplazamiento.
- *Corrección de colillas de puesta a tierra:* Esta actividad se debe realizar durante la ejecución de la inspección con ascenso una vez son detectadas.

En cuanto a la planeación de trabajos se tuvo en cuenta la inclusión de los siguientes aspectos:

- Programar la corrección de las condiciones no deseadas en aisladores, herrajes y accesorios integradamente evitando recurrencias en la desconexión de la línea de transmisión con el fin de disminuir los costos del mantenimiento correctivo.
- Planear secuencialmente los trabajos de consignación nacional de líneas de transmisión en bloques de mantenimiento y en una misma zona geográfica, con el fin de optimizar los tiempos de desplazamiento.
- Asegurar el cumplimiento de lo descrito en el Manual Unificado de Operación y Mantenimiento Seguro en cuanto a la preparación de trabajos, selección de materiales, preparación de herramientas e inspección del material a reinstalar entre otros.

Con las siguientes acciones también se ha logrado optimizar los costos, las intervenciones en las líneas de transmisión y la cantidad de recurso empleado para su ejecución:

#### Contratación de un Outsourcing:

La contratación del mantenimiento mediante Outsourcing se viene realizando en ISA-INTERCOLOMBIA desde el año 2002. Este tipo de contratación se realiza considerando unidades básicas de servicio (UBS), y permite solicitar recursos para la ejecución del mantenimiento por días; con este modelo, la optimización de los costos de mantenimiento, depende exclusivamente de la gestión de cada uno de los ingenieros de mantenimiento de líneas de INTERCOLOMBIA.

Con la experiencia adquirida por los ingenieros de mantenimiento en los contratos de outsourcing y luego de ajustar el plan de mantenimiento de largo plazo de las líneas, se diseñó una nueva metodología de contratación en la que además de las UBS, se considera un costo base fijo.



Esta metodología que hoy se aplica, parte de estadísticas de costos de contratos anteriores y considera un costo base fijo para cada actividad de mantenimiento en cada línea de transmisión. Este valor es entonces el que es tomado como referencia por los oferentes para estructurar su oferta.

Al tratarse de varios oferentes, estos se ven en la necesidad de realizar para la oferta un ejercicio juicioso de optimización de recursos para que su oferta sea competitiva

#### Capacitaciones Técnicas:

Buscando mejorar la calidad y la rigurosidad en la ejecución del mantenimiento periódico y correctivo, se realizaron capacitaciones técnicas específicas para la identificación de fallas en líneas de transmisión de energía, tanto al personal del outsourcing como al personal de líneas de INTERCOLOMBIA.

Los resultados obtenidos han permitido gestionar adecuadamente los riesgos asociados a las anomalías detectadas, ya que el personal ejecutor indica la urgencia de ejecutar la actividad. Adicionalmente, se ha mejorado la calidad de los reportes, derivando en menor tiempo de análisis por la precisión de la información entregada.

#### Repuestos:

Empleando el proceso SALVO y sus herramientas DST (@TWPL), se estableció el inventario óptimo de estructura metálica de torres para INTERCOLOMBIA, lo que permitió gestionar un sobre stock. Al finalizar el ejercicio, que incluyó la subasta de esta estructura, INTERCOLOMBIA obtuvo un beneficio neto cercano a los 4000 mil millones de pesos.

### **Estrategia para la Renovación del Activo**

#### Planear la Renovación

Para determinar la renovación de las líneas de transmisión de energía de INTERCOLOMBIA, se emplea la metodología de índices de salud, donde a través del monitoreo de variables de deterioro por componentes, se establece una

estimación del tiempo en que debe ser reemplazado. Para determinar las inversiones, los activos son jerarquizados por su importancia para el negocio acorde con la metodología de criticidad de activos.

#### Disposición Final

Para el proceso de disposición final de los diferentes componentes de las líneas de transmisión, en INTERCOLOMBIA se tiene establecido un procedimiento con base en criterios técnicos y económicos; de forma general, los elementos que pueden darse de baja son:

- Los repuestos y componentes desmontados que no sea posible su reparación, sean obsoletos o que su estado no garantice la prestación adecuada del servicio de transmisión de energía.
- Los componentes que según su condición técnica no son aptos para la prestación adecuada del servicio de transmisión de energía.
- Los repuestos y materiales que se encuentran en los almacenes y que por su deterioro u obsolescencia ya no son aptos para la prestación adecuada del servicio de transmisión de energía.

Una vez el componente ha surtido este proceso, el almacén custodio del material lo entrega para su respectivo manejo y disposición final por parte de un contratista especializado y certificado para este fin.

### **Resultados Obtenidos**

Documentar la estrategia adoptada por INTERCOLOMBIA en el ciclo de vida de las líneas de transmisión de energía, ha permitido obtener resultados de costo y desempeño que posicionan a INTERCOLOMBIA como empresa referente a nivel internacional en el referenciamiento ITOMS (International Transmission Operations & Maintenance Study), el cual, entre otras, busca medir y

comparar el desempeño en términos de niveles de servicios y costos, de la operación y el mantenimiento de diferentes empresas del sector de la transmisión de energía. En la Tabla 2, se presenta el resultado obtenido por INTERCOLOMBIA para el año 2013, donde el cuadrante superior derecho (ovalado verde), corresponde con las empresas cuyas prácticas redundan en un mejor desempeño del activo a menor costo.

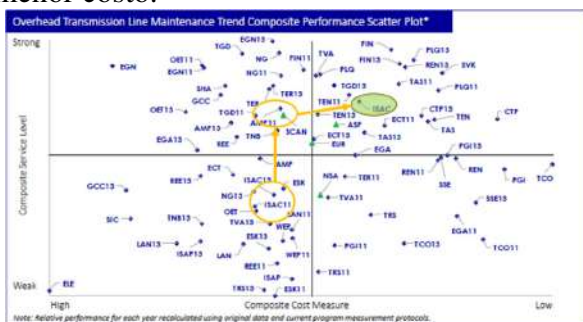


Fig. 3. Resultados ITOMS 2015 para mantenimiento de líneas de transmisión ISA-INTERCOLOMBIA

En la Figura 4, se detalla la evolución en los costos y el desempeño de las líneas de transmisión de INTERCOLOMBIA desde el año 2011 al año 2017.



Fig. 4. Costo (Millones de pesos) vs Tasa de fallas en líneas de transmisión de energía de INTERCOLOMBIA

Nótese en la gráfica que a medida la buena gestión en el ciclo de vida del activo redundó en una disminución del costo y de la tasa de falla de las líneas de transmisión de energía de INTERCOLOMBIA, lo que permite concluir que conocer el entorno operativo de cada activo, asegurar su correcta construcción y determinar las frecuencias óptimas de mantenimiento derivan en una correcta gestión del activo y generan valor para la compañía.

## Conclusiones

- Las acciones de mejora implementadas desde gestión de activos fueron efectivas gracias a que se aseguró el compromiso de todos los actores del ciclo de vida del activo en su implementación.
- La alineación estratégica de la compañía es de vital importancia para trazar los objetivos de la estrategia de activos, ya que con ella se busca direccionar los esfuerzos de cada integrante del ciclo de vida y sus habilitadores en pro de mejorar sus estados de resultados.

## Hoja de vida de los autores

### **Juan Guillermo Maya Montoya**

Ingeniero Electromecánico, Universidad Antonio Nariño. Especialista en Sistemas Automáticos de Control Tecnológico Pascual Bravo  
Cargo actual: Especialista Gestión Equipos Líneas. Dirección Mantenimiento – INTERCOLOMBIA S.A. E.S.P.

[jmmaya@intercolombia.com](mailto:jmmaya@intercolombia.com)

Medellín, Antioquia, Colombia.

### **David Ernesto Gómez Torres**

Ingeniero Electricista, Especialista en Finanzas - Universidad Nacional Sede Medellín.  
Medellín, Antioquia, Colombia.  
Cargo actual: Coordinador Gestión Equipo Líneas. Dirección Mantenimiento - INTERCOLOMBIA S.A. E.S.P.

[degomez@intercolombia.com](mailto:degomez@intercolombia.com)

Medellín, Antioquia, Colombia.