



1



CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA

2^a
EDICIÓN



BRÚJULA

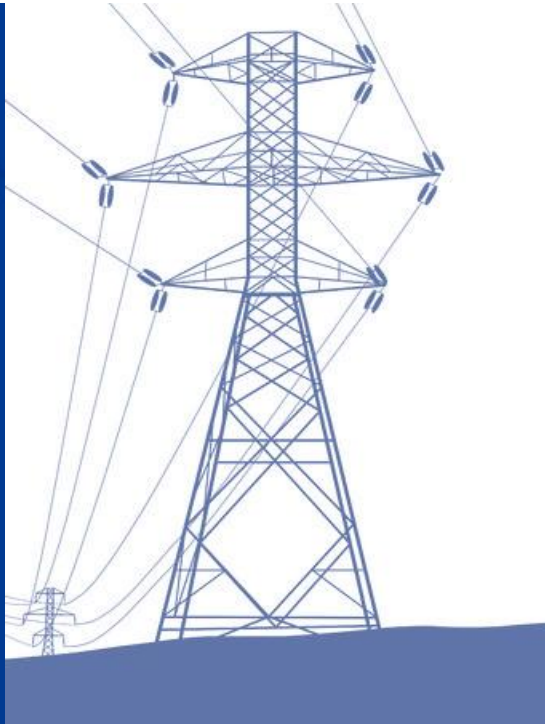
Optimización de Inspecciones en sitios complejos con Tecnología LiDAR: Una tarea resultante del RCM

Leonardo Morales
Gerente de Transmisión
Profesor PMM Business School



2

Contexto introdutorio



3

Contexto Introdutorio



4

Problemática: Fallas en Líneas de Transmisión de Energía

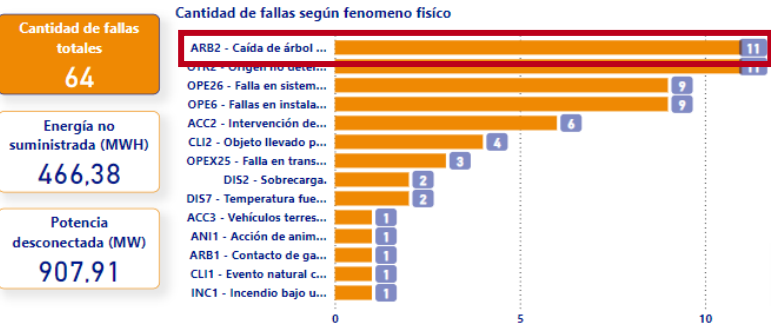
#CMCColombia2025



7

Registro de Fallas en la Región de La Araucanía (Diagrama de Pareto)

Panel de estadísticas de fallas 2023



#CMCColombia2025



8

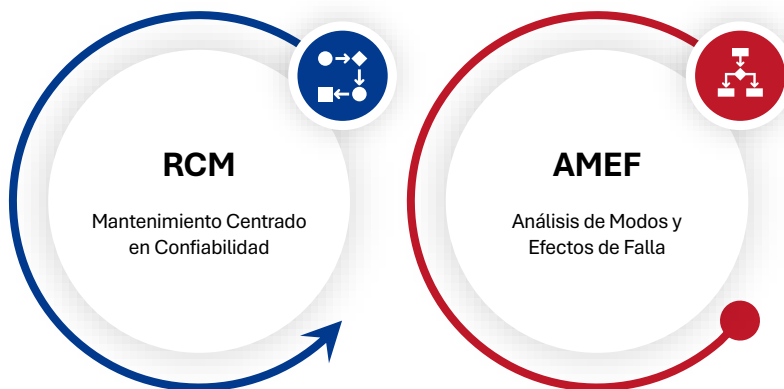
Análisis del Riesgo y el Impacto en la Organización

#CMCColombia2025

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA 2ª
EDICIÓN

9

RCM y AMEF



El análisis de riesgo se logra mediante el uso del AMEF como parte del RCM

#CMCColombia2025

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA 2ª
EDICIÓN

10

¿Cómo?

#CMCColombia2025

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA 2ª
EDICIÓN

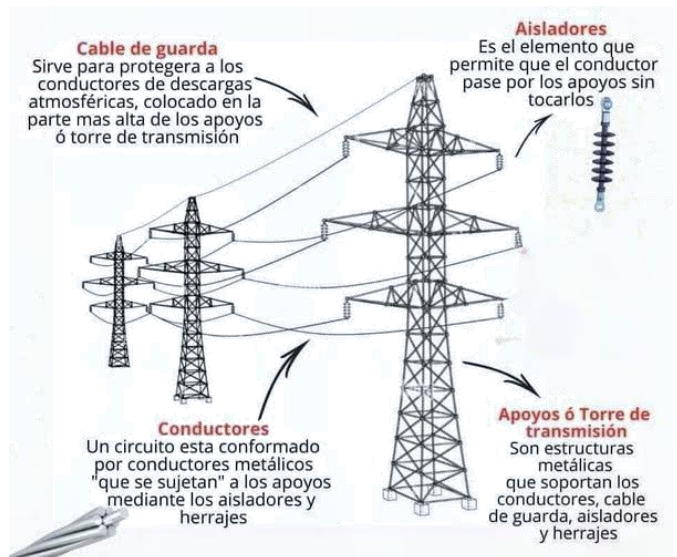
11

Activo:
Línea de Transmisión.

Taxonomía:

Repr.estructura ubicación técnica: Lista de estructura

Ubicación	AB	Visto de	24.04.2025
Denominación	ABRAUCANIA	ABRAUCANIA	
AB	ABRAUCANIA		
AB-12	Zona de líneas AT		
AB-13	Subestaciones de Poder ABRAUCANIA		
AB-14	Trenes de líneas ABRAUCANIA		
AB-TP	SE Manao de Uvacon - SE El Avellano		
AB-TP-000146			
00347	PS-15.OM		
00348	PS-15.OM		
00349	PS-16.OM		
00350	PS-15.OM		
00351	PS-15.OM		
00352	PS-15.OM		

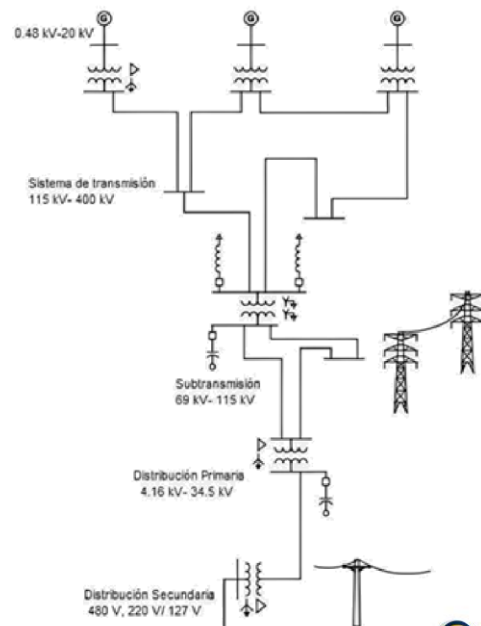
CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA 2ª
EDICIÓN

12

AMEF Análisis de Modos y Efectos de Fallas



Función o Estándar de Funcionamiento:
¿Cuáles son las Funciones?



CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA 2ª
EDICIÓN

13

Función del Activo: Línea de Transmisión



- Las líneas eléctricas **conviven** con especies arbóreas pues su trazado debe significar el menor impacto en los centros urbanos. Y
- Una de las actividades de mantenimiento es **controlar** el crecimiento de los árboles para **evitar** que por la acción de éstos se produzcan fallos.



- Estas líneas de transporte **son de difícil acceso**, su trazado es de largas distancias y en muchos casos las estructuras y torres de alta tensión están emplazadas en precordillera, en bosques frondosos o cruzan ríos y lagos.
- Lugares donde el **riesgo de caída de árboles** tiene un potencial **muy alto**.

#CMCColombia2025

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA 2ª
EDICIÓN

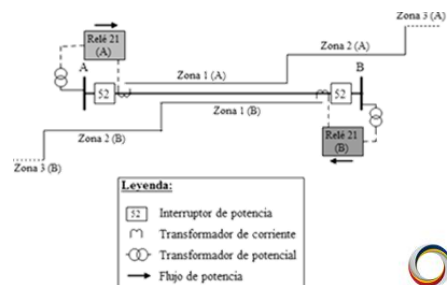
14

AMEF Análisis de Modos y Efectos de Fallas



Fallas Funcionales:
¿De qué forma puede fallar?

- 1 Fallas por **Error Humano** en la Operación y Mantenimiento
- 2 Interrupción del suministro eléctrico por eventos relacionados al **clima** o evento natural
- 3 Operación de los esquemas de protección por **sobrecarga** en la red
- 4 Fallas relacionadas por algún **elemento** del activo
- 5 Fallas relacionadas con **animales** o aves
- 6 Fallas de instalaciones de **terceros**



15

AMEF Análisis de Modos y Efectos de Fallas



Modo de Falla:
¿Qué causa que falle?



16

AMEF Análisis de Modos y Efectos de Fallas



Efectos de la Falla:
¿Qué sucede cuando falla?

Chile:
25 de Febrero de 2025

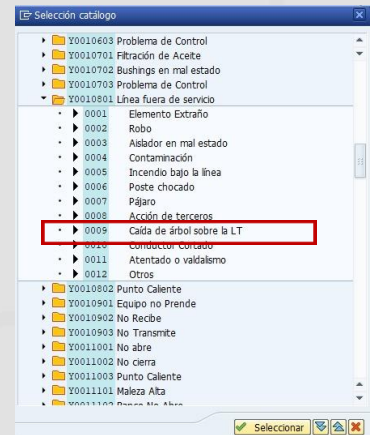
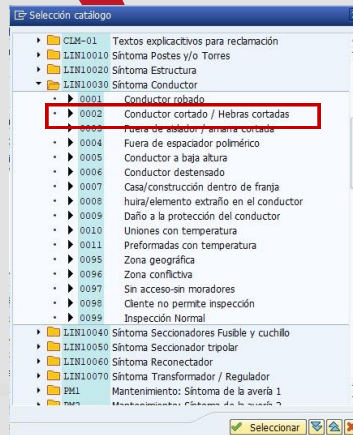
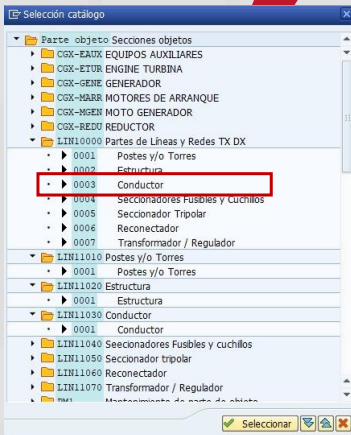


España-Portugal-Francia:
28 de Abril de 2025



17

Categorización según AMEF del RCM en SAP



#CMCColombia2025



18

Resultados del AMEF

#CMCColombia2025



19

Resultados del AMEF



01

El activo presenta una baja en su performance.
Tiene una **alta tasa de falla**
(Alta Probabilidad)

02

La pérdida de su funcionalidad tiene un **alto impacto** en las consecuencias
(Alto Impacto)

03

Una **pobre resolución de detección** temprana de las causas de falla más importantes
(Pobre Detectabilidad)

04

Alto **RPN** (Número de Prioridad de Riesgo) = Impacto x Consecuencias

#CMCColombia2025



20

Se requiere Implementar una Acción de Mitigación del Riesgo

#CMCColombia2025

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA 2ª
EDICIÓN

21

5 Tips para la Excelencia en Confiabilidad de Activos



22



23

Se decide utilizar la tecnología LiDAR.

#CMCColombia2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD COLOMBIA 2ª EDICIÓN

24

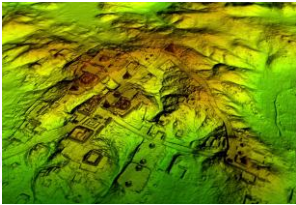
NATIONAL
GEOGRAPHIC

HISTORIA

EXCLUSIVO: Escaneo láser revela una "Megalópolis" maya en jungla de Guatemala

Una gran red interconectada de ciudades antiguas era el hogar de millones de personas, una cantidad mayor de lo que se pensaba.

POR TOM CLYNES |
PUBLICADO 1 FEB 2018, 20:02 GMT-2



<https://www.nationalgeographicla.com/historia/2018/02/exclusivo-escaneo-laser-revela-una-megalopolis-maya-en-jungla-de-guatemala>

#CMCColombia2025

BBC NEWS MUNDO

Noticias América Latina Internacional Hay Festival Economía Ciencia Salud C

Centroamérica Cuenta

LIDAR, la tecnología que permite encontrar "ciudades perdidas"



La tecnología se ha empleado en sitios como México, Camboya, Belice, Honduras y Guatemala.

Laura Piatt
BBC Mundo



https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/06/150622_tecnologia_lidar_arqueologia_lp

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA 2ª EDICIÓN

25

Actividad: Inspección LiDAR con Helicóptero



CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA 2ª EDICIÓN

26

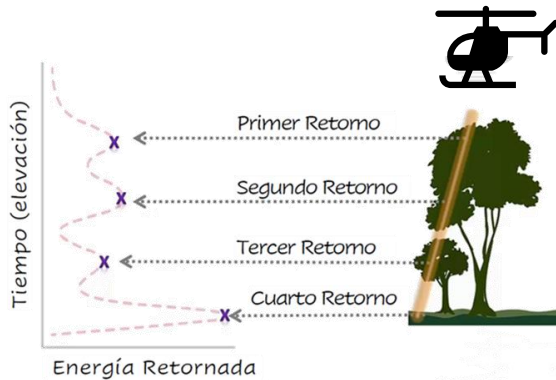
LiDAR

“Light Detection And Ranging”

“Detección y determinación de luz”



<https://saibrasil.com.br/>



Principio de Funcionamiento

- **Sensores láser** que se despliegan desde el aire iluminando la zona que se quiere cartografiar, estos emiten breves pulsos de luz.
- Se **mide el tiempo** que tardan esos pulsos en **reflejarse** en el instrumento, y cada medición se traza mediante GPS.
- Mediante un software, con esos datos se **construye un mapa tridimensional** de la zona.

#CMCColombia2025



27

Inspección LiDAR de Líneas de Transmisión



<https://saibrasil.com.br/>

#CMCColombia2025



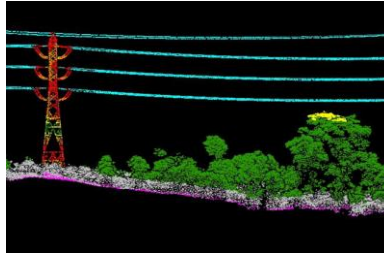
28

Inspección LiDAR de Líneas de Transmisión



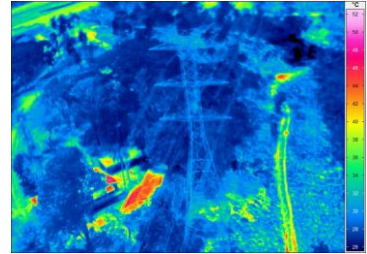
RGB

Recopilación de imágenes de alta resolución en bandas de luz red, green y blue



LiDAR

Una colección de puntos de retorno de LiDAR discretos se conoce como una nube de puntos LiDAR.



Térmica

Cámara especial que registra la distribución de la luz retornada, identificando un espectro de calor.



<https://saibrasil.com.br/>

#CMCColombia2025



29

Inspección LiDAR de Líneas de Transmisión



ccee Transmisión		Informe de Detección de Anomalías		FECHA	
LÍNEA	COORDENADA_HALLAZGO_X,Y	Registro anomalía N°	SAB		
1	2	3	4		
INFORMACIÓN DE ANOMALÍA					
COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS PLANAS			
Latitud	22.8715	UTM X	18QUN 8951		
Longitud	-77.5285	UTM Y	8838570.1249		
NIVEL DE VOLTAJE (KV)		NIVEL DE DEFECTO			
MEJOR DISTANCIA	0.867	CRITICIDAD	3		
CATEGORÍA	VEGETACIÓN	DETALLE DEL DEFECTO			
ABRILLES_CON_POSIBILIDAD_DE_CONTACTO					

Detección Anomalía

- 1) Fotografía aérea.
- 2) Vista longitudinal que muestra el hallazgo.
- 3) Distancia de la vegetación al conductor.
- 4) Vista cartografiada de la línea que detecta franja de seguridad y criticidad de hallazgos.

1. Información Anomalía
2. Georreferenciación del hallazgo.
3. Modo causal y distancia de la vegetación al conductor.
4. Criticidad.



<https://saibrasil.com.br/>

#CMCColombia2025



30

Inspección LiDAR de Líneas de Transmisión



ccee		Informe de Detección de Anomalías		FECHA	
Transmisión		LÍNEA	CARAMPANGUE-CURAMLAHUE NORTE	Registro Nº	4
FOTOGRAFÍA		Zoom Anomalia			
INFORMACIÓN DE ANOMALÍA					
NIVEL DE VOLTAJE(V)		66			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS PLANAS			
Latitud	-87.2788	UTM X	173895.7038		
Longitud	-73.2445	UTM Y	556628.912		
FAMILIA	ARMAMENTO Y ILADORES	ANOMALÍA			
ANOMALÍA	AGILADOR ROTOS (ENTRE 0 E 30%)	CÓDIGO DE DEFECTO	3		
		CRITICIDAD			

Detección Avería

- 1) Parte o pieza.
- 2) Georreferenciación del hallazgo.
- 3) Criticidad.



<https://saibrasil.com.br/>

#CMCColombia2025



31

Inspección LiDAR de Líneas de Transmisión

Ventajas vs Peestre

Alta Precisión: Con LiDAR Puede captar **detalles** muy pequeños del estado de los activos con una precisión de 5[cm] con vista aérea que no es capturable desde piso.

Recopilación Rápida de Datos: en Helicóptero LiDAR puede escanear **grandes áreas** en poco tiempo. 650 [km] en 4 días.

Eficaz en Entornos Densos: Con Helicóptero el LiDAR se puede **"ver"** a través de vegetación densa, como bosques y se **tiene acceso a zonas de difícil terreno** y en aquellos sectores donde no es posible ingresar por la negativa de propietarios.

Ventajas vs Drone

Alta Calidad de Imágenes: Con helicóptero se portan tres cámaras de alta resolución, calidad y robustez que por la capacidad del drone es más limitada.

Seguridad: El drone requiere de mayor logística en trasladados terrestres y contar con baterías para el vuelo por varias horas, con helicóptero se obtiene un mejor control de eventuales accidentes y autonomía de los vuelos.

Eficiencia: Con Helicóptero se vuelan 130 o 150 [km] por día. En cuanto al dron, considerando fotografías y láser, máximo 4 [km] por día.

Desventajas

Costoso: Las horas de vuelo son costosas pero el costo del procesamiento de la información es proporcional al volumen de datos y no de los vuelos.

Procesamiento de Datos Lento: LiDAR recopila una gran cantidad de datos, y transformarlos en mapas útiles requiere tiempo y software especializado.

Escasez de Expertos Capacitados: En Chile, no hay suficientes profesionales capacitados en su uso y procesamiento.

Benchmark

El uso de helicópteros con **LiDAR** es usado por otras empresas eléctricas en Chile, tales como **ENEL, ENGIE, SAESA y TRANSELC**

#CMCColombia2025



32

Inspección LiDAR de Líneas de Transmisión



<https://saibrasil.com.br/>

#CMCColombia2025



33

Inspección LiDAR de Líneas de Transmisión



<https://saibrasil.com.br/>

#CMCColombia2025



34

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA

2ª
EDICIÓN

Resultados en Indicadores Clave

28,4% **menos** de fallas por Caída de Árbol

»» **Confiabilidad**

Menores tiempos de Reparación (MTTR)

»» **Mantenibilidad**

55,6% **más** energía suministrada

»» **Disponibilidad**



37



iGracias!

Leonardo Morales

leo8mb@gmail.com

38