

# Las redes de distribución eléctrica del futuro. Nuevas estrategias para su digitalización.

VII Jornadas de Minería y Energía  
Escuela Politécnica de Minas y Energía  
Universidad de Cantabria  
Abril 2021

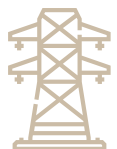


Antonio González



# Esto es Viesgo

Activos de Distribución



Red de Distribución

**31,300 km**

121 Subestaciones

11.048 Centros de Transformación

Distribuye electricidad a

**695.000**  
CLIENTES

2019 TIEPI

**32,4 min**

**1st COMPANY**  
EN COMPLETAR LA  
SUSTITUCIÓN DEL CONTADOR  
ELECTRÓNICO EN ESPAÑA

## INTEGRACIÓN ENERGÍA RENOVABLE

**3,000 MW**  
ENERGÍA  
RENOVABLE  
CONECTADA



Wind

**1.659 MW**



Hydro

**814 MW**

Thermal

**517 MW**



Solar

**10 MW**

**700 Plantas**  
PUNTOS DE CONEXIÓN



**114**  
**AÑOS**

DE HISTORIA

# Punto de partida

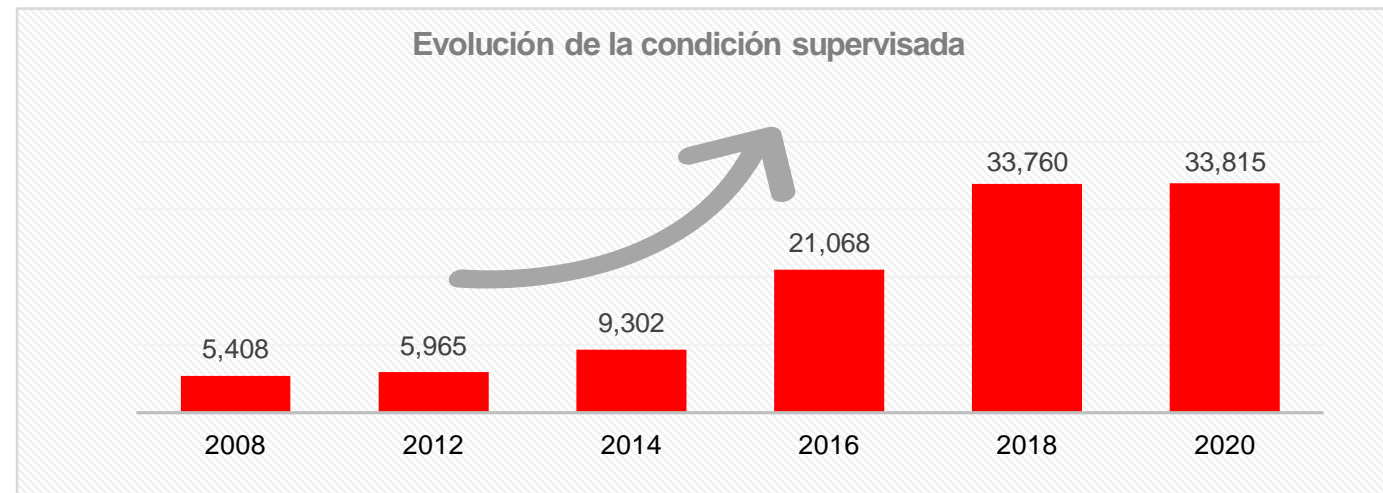
Datos iniciales de Viesgo

**1** **~275.000 activos físicos.** La pérdida de la función genera diferentes impactos en el negocio.

**2** **~12.000 km de red AT-MT:** El marco legal actual en España obliga al distribuidor a realizar inspecciones las instalaciones cada tres años

**3** **~17.500 hectáreas** de zona de servidumbre a mantener...

**4** La **medida de la condición del activo** es un parámetro fundamental para alimentar los **modelos predictivos.**



Superficie a mantener según tipología de vegetación (% hectáreas)...

Eucaliptos	Coníferas	Fronchosas	Arboles de Ribera, Frutales y Choperas	Matorral	Sin vegetación
3,6%	2,7%	13,7%	2,7%	21,2%	56,0%

...esta vegetación esta localizada en ~ 62.000 vanos ...y este es el tipo de maquinaria que debe ser utilizada

Críticos	Semi Críticos	No Críticos	Tractor	Retro-araña	A mano
12%	35%	53%	43%	27%	30%

## Mejores prácticas y proyectos clave



## Retos:

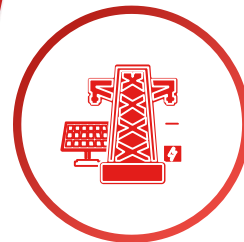
- Incrementar la eficiencia y la eficacia de los procesos
- Control de los riesgos
- Reducción del gasto (Eficiencia Opex)
- Optimización del plan de inversión (Eficacia Capex)



**Análisis de Criticidad de los activos** como herramienta de priorización de los trabajos de mantenimiento preventivo



**Optimización de la actividad de Gestión de la Vegetación** en la red de distribución mediante la aplicación de técnicas analítico predictivas



**Inspección Inteligente de activos de red:** aplicación de nuevas tecnologías de captura de datos y procesado semi automático de la información



**Implementación de un modelo de Mantenimiento Predictivo** para los activos de distribución.

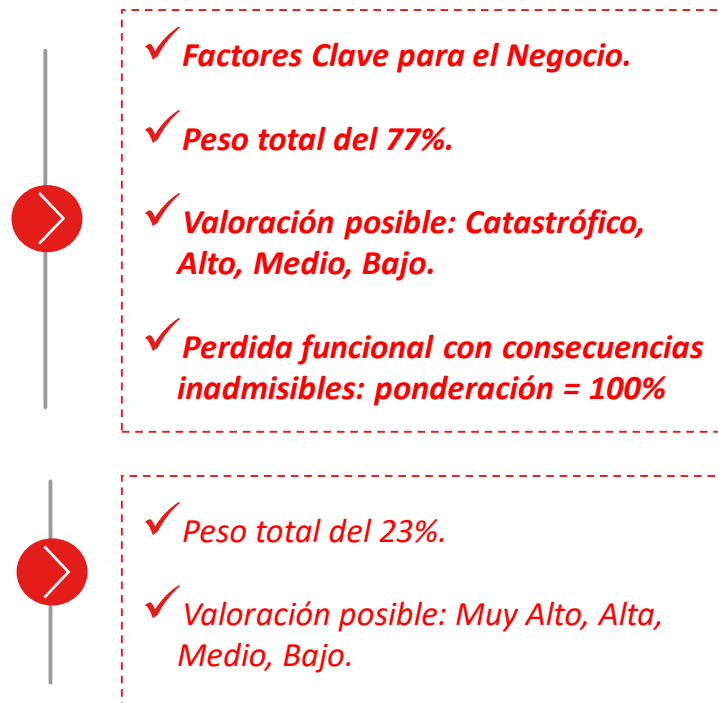
# Priorizar los trabajos en base a la criticidad del activo

Las técnicas de análisis de criticidad son herramientas que permiten identificar y **jerarquizar por su importancia los activos** de una instalación sobre los cuales vale la pena **dirigir recursos humanos, económicos y tecnológicos**.

Aplicación del **Método de Criticidad Total por Riesgo (CTR)**: Análisis semi cuantitativo.  
**Riesgo = Frecuencia de Fallo x Consecuencia Perdida Funcional.**

## Factores que miden las **CONSECUENCIAS** de pérdida funcional del activo

<b>Seguridad Industrial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daño al personal de la instalación, propio o ajeno.</li> <li>• Daño en el valor de los activos industriales y materiales usados en la producción en instalaciones propias o ajenas.</li> </ul>
<b>Medio Ambiente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evalúa las consecuencias que la pérdida funcional de un elemento provoca en el medio ambiente, incluyendo daños y costes de recuperación, sanciones o indemnizaciones.</li> </ul>
<b>Calidad de Servicio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evalúa las consecuencias de pérdida funcional de elemento en condiciones de prestación del servicio de suministro eléctrico, principalmente pérdida de línea y nº clientes.</li> </ul>
<b>Disponibilidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evalúa las consecuencias de la pérdida funcional de un elemento en la capacidad de transporte nominal de la línea y/o del resto de instalaciones propias y ajenas.</li> </ul>
<b>Costes Mantenimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evalúa las consecuencias de la pérdida funcional de un elemento en los costes de mantenimiento correctivo del mismo.</li> </ul>



Aplicación de criterios homogéneos de mantenimiento preventivo

Alineación con la norma internacional de gestión de activos ISO 55001: control del riesgo.

# Aplicación de matriz de criticidad



## Cálculo del riesgo

Riesgo: Consecuencia X Frecuencia de Fallo

Ordenadas



**FRECUENCIA DE FALLO:**  
fallos funcionales

Abscisas

### CONSECUENCIA:

Sumatorio de puntuaciones de los items:

- SEGURIDAD INDUSTRIAL 30%
- MEDIOAMBIENTE 12%
- CALIDAD DEL SERVICIO 35%
- DISPONIBILIDAD 14%
- COSTES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO 9%

### Principales beneficios

- ✓ Jerarquiza los activos en:
  - Críticos (rojos)
  - Semi Críticos (amarillos)
  - No Críticos (verde)
- ✓ Optimiza del posicionamiento del mantenimiento preventivo.
- ✓ Posibilita la optimización de los periodos legales de verificación de activos formalizando acuerdo con las CCAA`s.
- ✓ Aumenta de la eficacia y eficiencia de los planes de mantenimiento correctivo.

# Optimización actividad gestión de vegetación

Nuevo modelo de gestión

## Sistemática tradicional

Tratamiento de la vegetación mediante ciclos fijos anuales

Baja eficiencia: sobre mantenimiento la vegetación de crecimiento lento

Gestión de la vegetación mediante un contrato por nivel de servicio

Simplifica la gestión, supone altos costes y está limitada por el desconocimiento de la red por parte del proveedor



## Optimización de la actividad de tala: **Puntos Clave**

1 Incrementar el conocimiento de la red

- Cartografía de vegetación: *siete tipos*
- Modelo de crecimiento: *dos vuelos LIDAR diacrónicos y análisis big data*
- Simulación de la red de distribución en 3D: *requerimientos legales*
- Periodo de tratamiento/vano

2 Priorización de trabajos en base a la criticidad del activo

- Nuevo modelo de gestión del mantenimiento
- Fijar escala de indicadores de confianza en función de la criticidad del vano a tratar

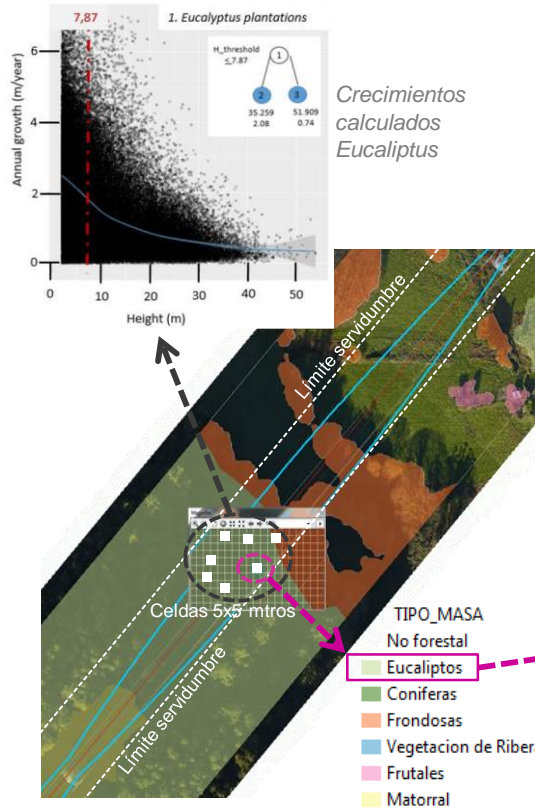
3 Tomar el control de la actividad

- Control y seguimiento centralizado
- Priorización de trabajos según: *criticidad, tipología de vegetación, anomalías, histórico de actividades.*
- Digitalización del proceso

# Análisis Big Data

## Aplicación de Modelos Predictivos

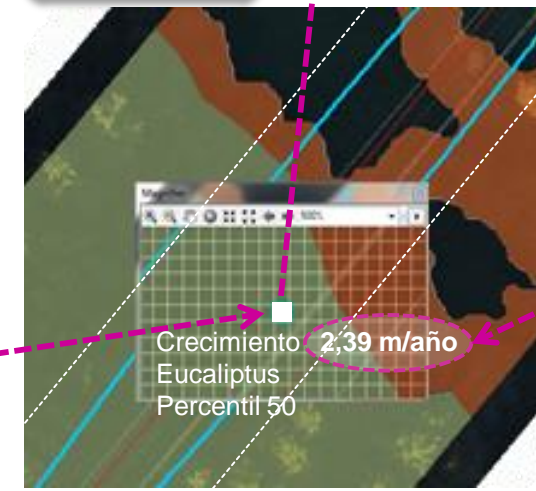
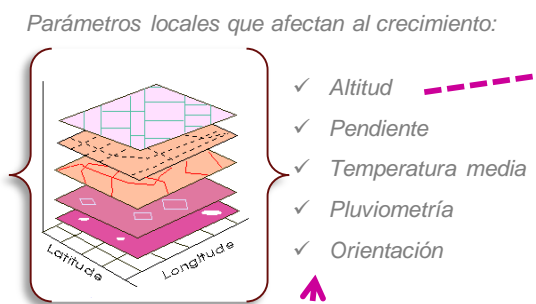
### Cálculo del Crecimiento



1) Captura altura vegetación y cálculo tasa de crecimiento a partir de dos vuelos LIDAR diacrónicos y asignación por celda 5x5 metros.

**32.273 hectáreas analizadas**

### Aplicación de parámetros locales: "por celda y tipología vegetación"

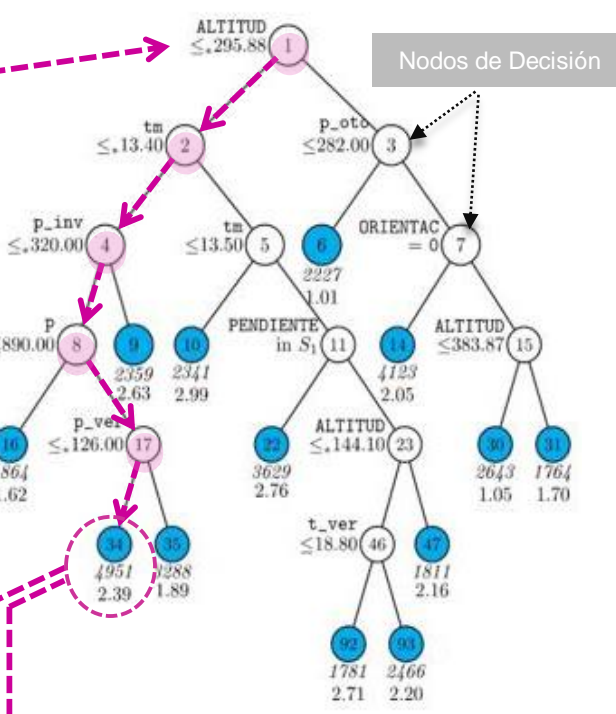


2) Aplicación de parámetros locales que afectan al crecimiento a cada celda por tipo de vegetación.

**12.909.280 "celdas 5 x 5 m" estudiadas**

### Ejemplo Eucalipto sp. Percentil 50

#### Arboles de Decisión para la generación del modelo de crecimiento



**Velocidad de crecimiento por CELDA** en m/año basado en parámetros locales y percentil 50

3) Generación de modelo de crecimiento mediante técnica "Arboles de Decisión" y aplicación a celda según parámetros locales y percentil determinados.

**Se conforma un "Big Data" de 761.647.520 datos**

**Algoritmo Predictivo: Periodo de Tratamiento/vano**

Velocidad de Crecimiento/vano = máximo {Velocidad crecimiento por celda}

Periodo de Tratamiento/vano = mínimo {aplicación velocidad de crecimiento vertical y horizontal a la catenaria en 3D y condiciones le}

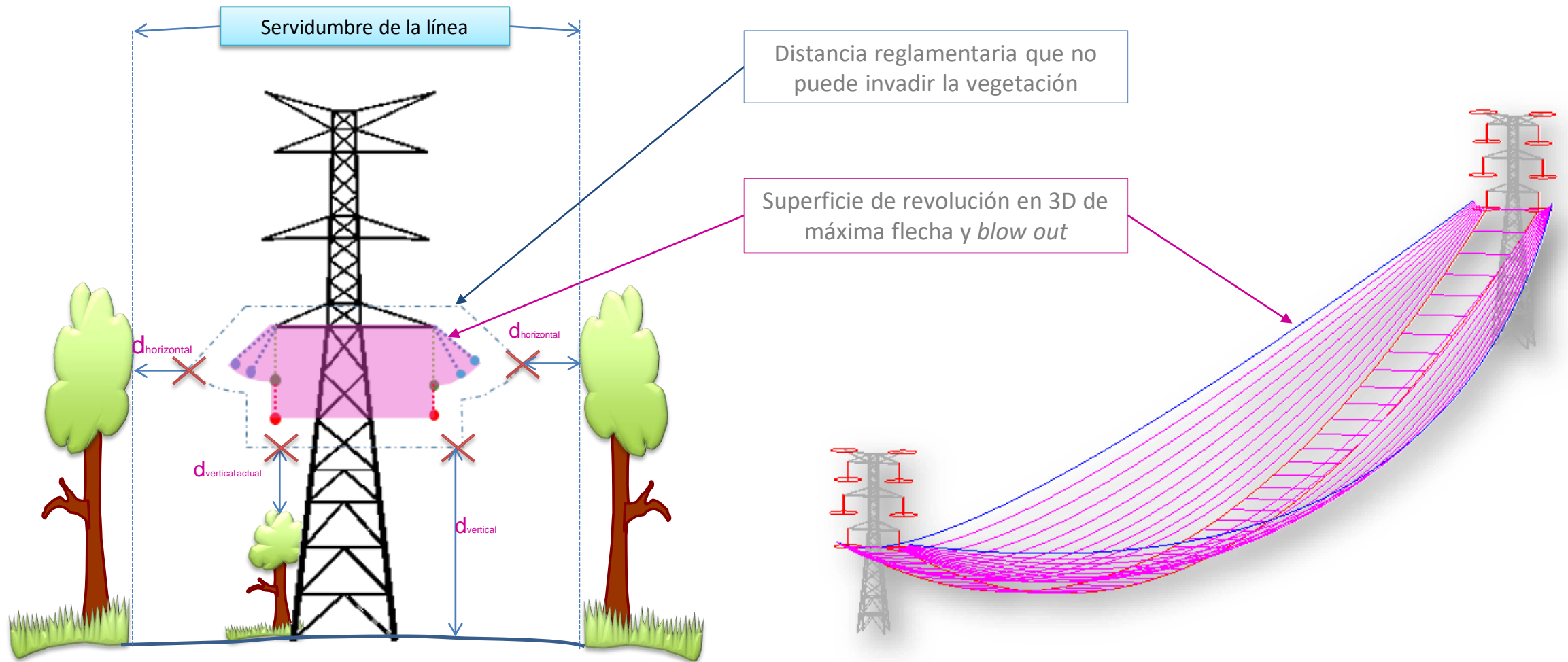
Criterio aplicado en la selección del **PERIODO DE TRATAMIENTO/VANO** de acuerdo a la criticidad del activo:

- Vano Críticos: PERCENTIL 85
- Venos Semi Críticos: PERCENTIL 75
- Vanos No Críticos: PERCENTIL 50



# Detalle algoritmo de cálculo del “Periodo de Tratamiento/vano”

Aplicación de condicionamientos legales



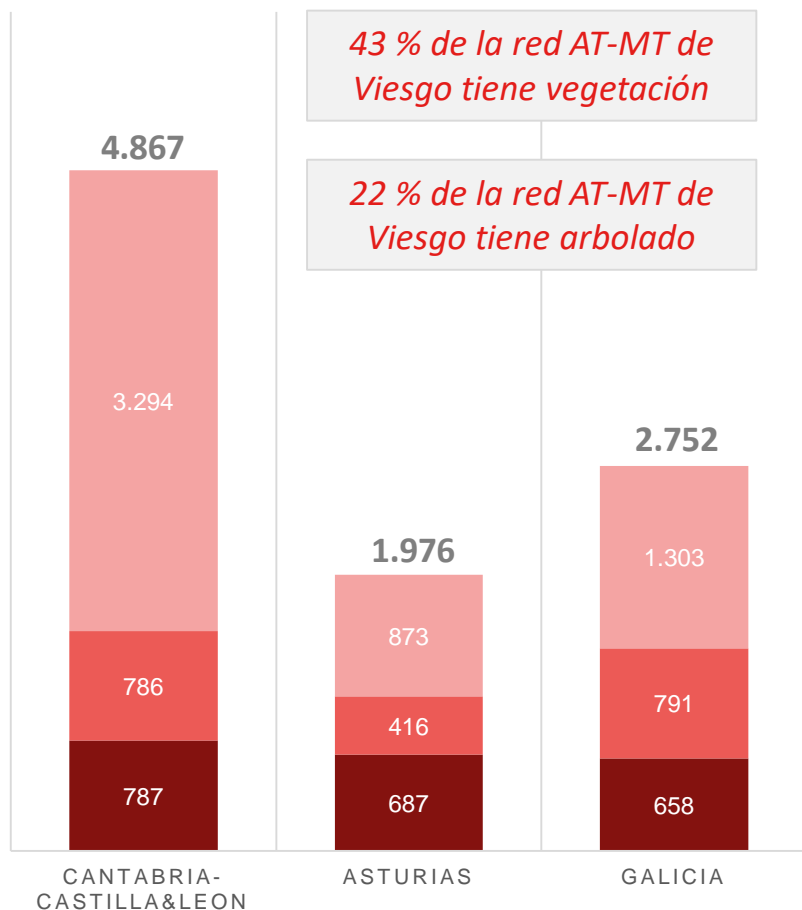
$$\text{Velocidad de Crecimiento por vano} = f_{\text{max velocidad celda 5x5}} (\text{Árbol de Decisión})$$

$$\text{Periodo Tratamiento por vano} = f_{\text{min velocidad celda 5x5}} (d_{\text{vertical}}, d_{\text{horizontal}}, V_{\text{vertical}}, V_{\text{horizontal}}, \text{MDT})$$

# Resultados análisis de vegetación en la red de Viesgo

Distribución de la vegetación en las líneas AT-MT (km)

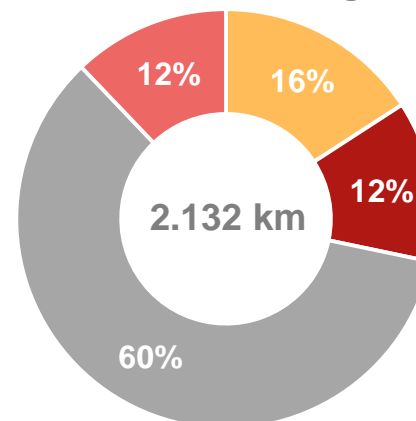
■ Arbolado ■ Matorral ■ Sin Vegetación



- EUCALIPTOS
- CONIFERAS
- FRONDOSAS
- OTROS

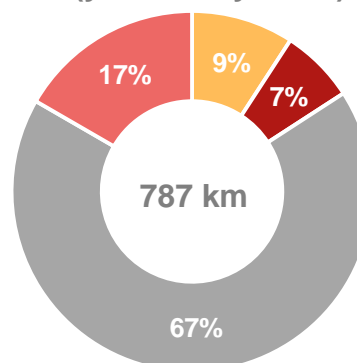
(\*) Otros → Frutales, Árboles de Ribera y Choperas

Tipología de Arbolado en la Red de Viesgo

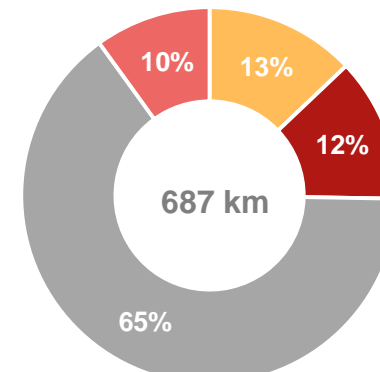


TIPO	Velocidad de Crecimiento (m/año)		
	P50	P75	P99
EUCALIPTOS	0,56	0,93	1,93
CONIFERAS	0,28	0,43	1,26
FRONDOSAS	0,17	0,29	0,77
ARB. RIBERA	0,21	0,34	1,1
FRUTALES	0,11	0,17	0,47
CHOPERAS	0,51	1,04	1,82

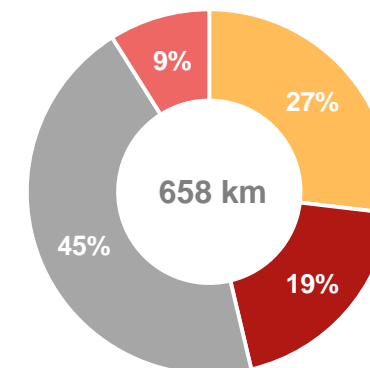
Cantabria (y Castilla y León)



Asturias



Galicia



**9.595 km de traza de Líneas Aéreas AT-MT**

El plan de mantenimiento se diseña en función de las necesidades zonales

# Sistema de Gestión de la Vegetación

Primera visualización del Sistema donde se muestran los escenarios y red de distribución.



Ejemplo de la tipología de vegetación asociada a una línea AT-MT



Ejemplo de búsqueda



Planificación, seguimiento y control centralizado

# Inspección Inteligente de activos de red

## Beneficios



Mejora la captura de datos



Incrementa de fiabilidad del proceso



Análisis semi automático en oficina



Trazabilidad de proceso



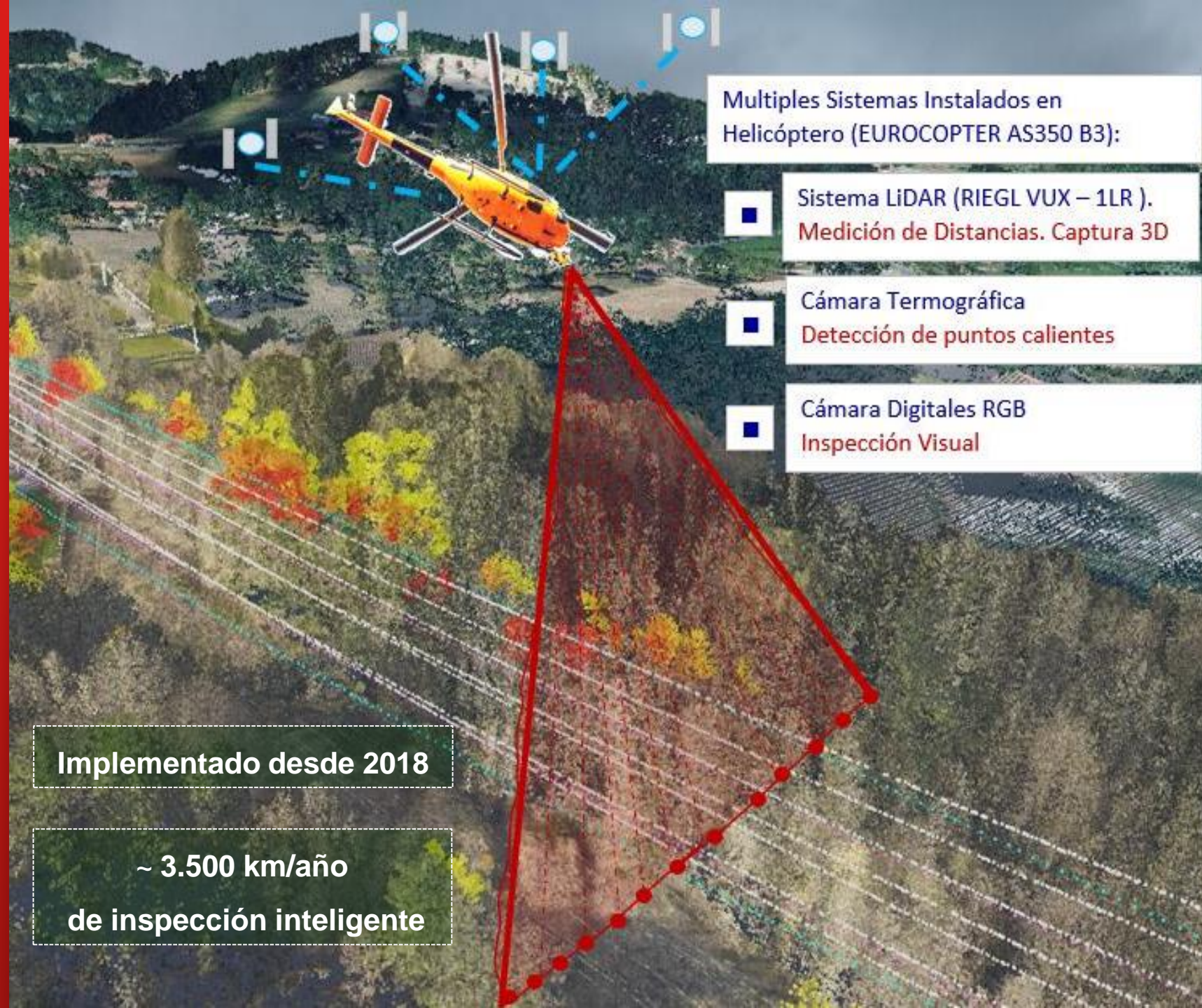
Reduce el personal de campo



Controla el inventario de activos



Facilita proyectos de ingeniería



Múltiples Sistemas Instalados en Helicóptero (EUROCOPTER AS350 B3):



Sistema LiDAR (RIEGL VUX – 1LR ).  
Medición de Distancias. Captura 3D



Cámara Termográfica  
Detección de puntos calientes



Cámara Digitales RGB  
Inspección Visual

Implementado desde 2018

~ 3.500 km/año

de inspección inteligente

# Sistema de Inspección Inteligente de red

## Plataforma helitransportada

1

Inspección visual a bordo

- Inspector de líneas a bordo
- Registro de defectos detectados visualmente durante el vuelo

2

Cámaras oblicuas RGB y termográfica

- Sentido de avance del helicóptero y contrario
- 2-5 mm de resolución en AT y MT
- Análisis de defectos visuales en gabinete
- Trazabilidad del proceso: imagen del defecto
- Imágenes de la línea y el entorno

3

LiDAR

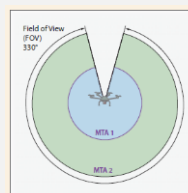
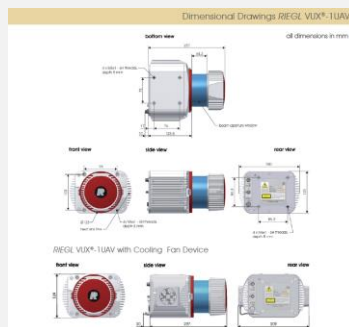
- Medición precisa y objetiva de distancias (error < 15 cm)
- Focalizar la atención del inspector en defectos de componentes
- Análisis semi automático de distancias en gabinete
- Soporte planteamiento soluciones



Sensor de temperatura



2 X Cámaras oblicuas RGB orientables 28 Mp

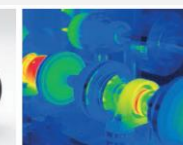


Sensor LiDAR Riegl VUX 1 LR

## LA INFORMACIÓN SE CONVIERTE EN ACTIVO

### Características del vuelo

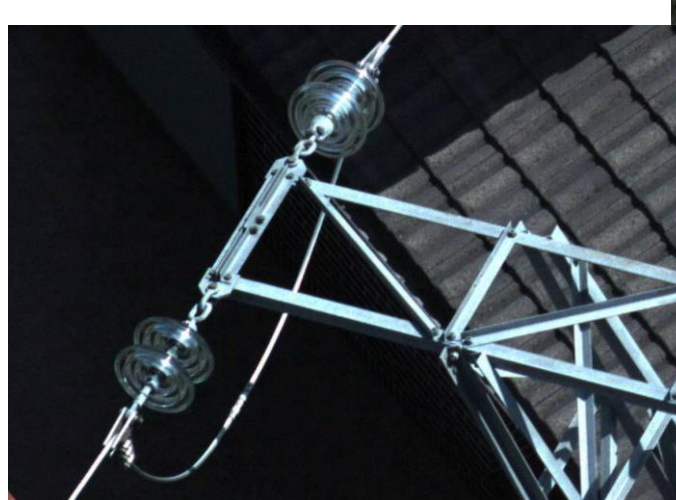
- ~ 25/30 metros por encima de la línea.
- Velocidad lenta de vuelo: 20-30 km/h.
- Captura de temperatura momento del vuelo
- Una pasada por traza.
- Condiciones ambientales: sin lluvia y sin niebla



Cámara térmica 1,024 x 768 px

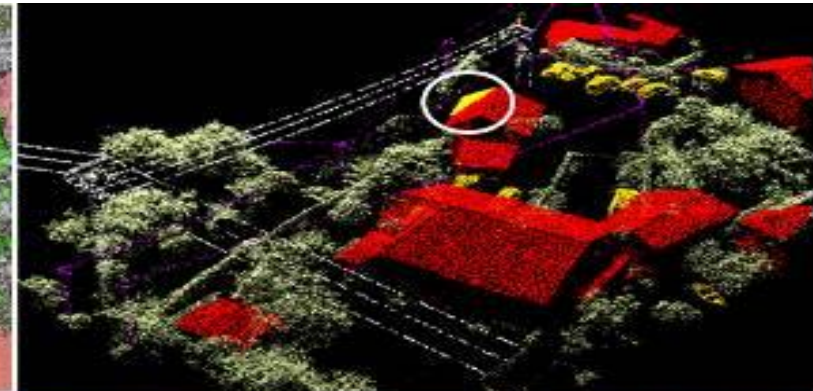
# Inspección Inteligente Ejemplos de información capturada (I)

Imágenes RGB 2 mm



# Inspección Inteligente Ejemplos de información capturada (II)

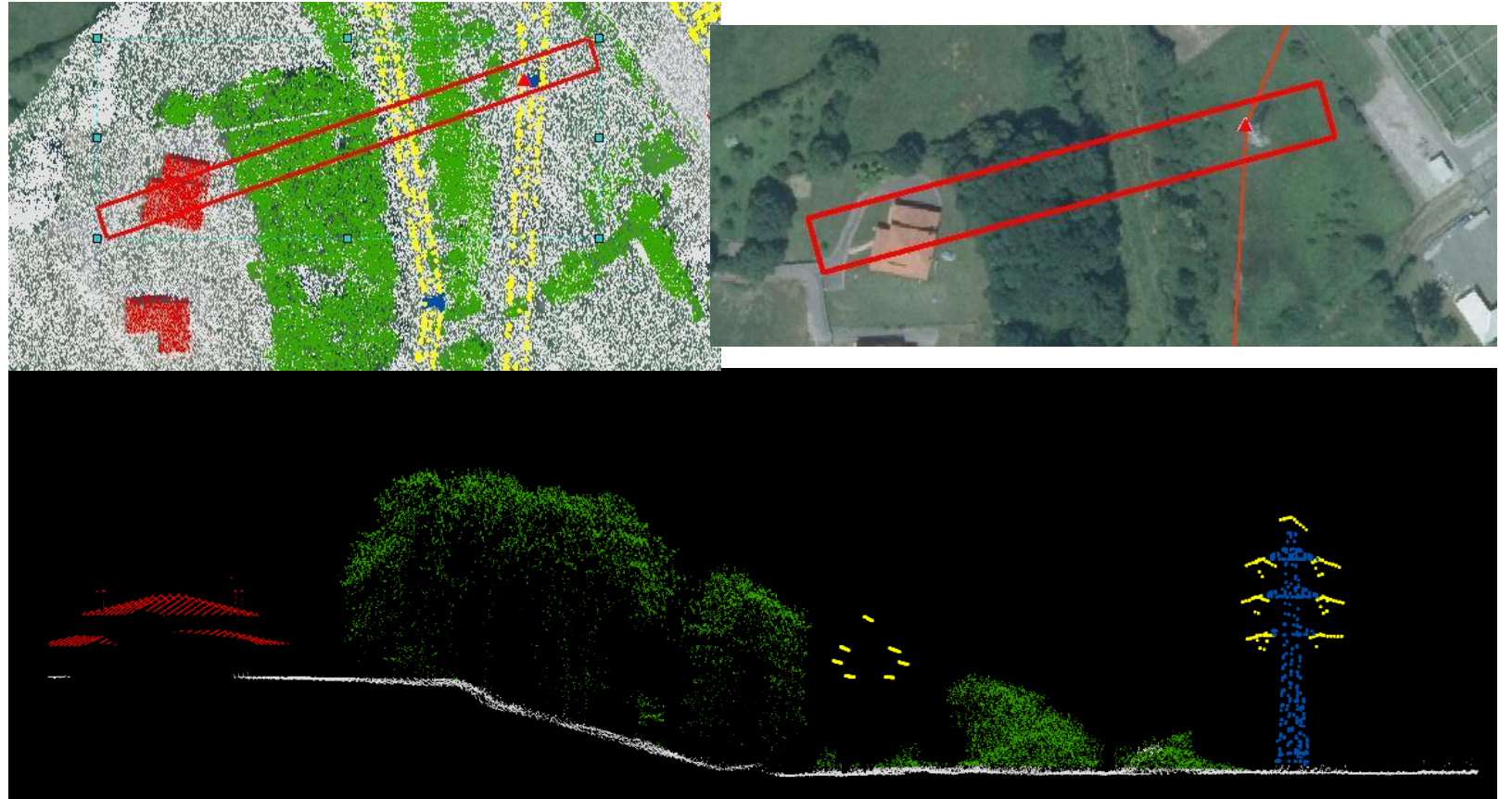
Datos LIDAR



# Inspección Inteligente

## Ejemplos de información capturada (III)

Datos LIDAR





# Video



# Objetivos de la estrategia de Viesgo: acelerar la transición energética



INDICADOR DE  
SALUD



CAPEX-OPEX



CRITICIDAD



PERSPECTIVA  
GESTIÓN DEL  
RENDIMIENTO DEL  
ACTIVO

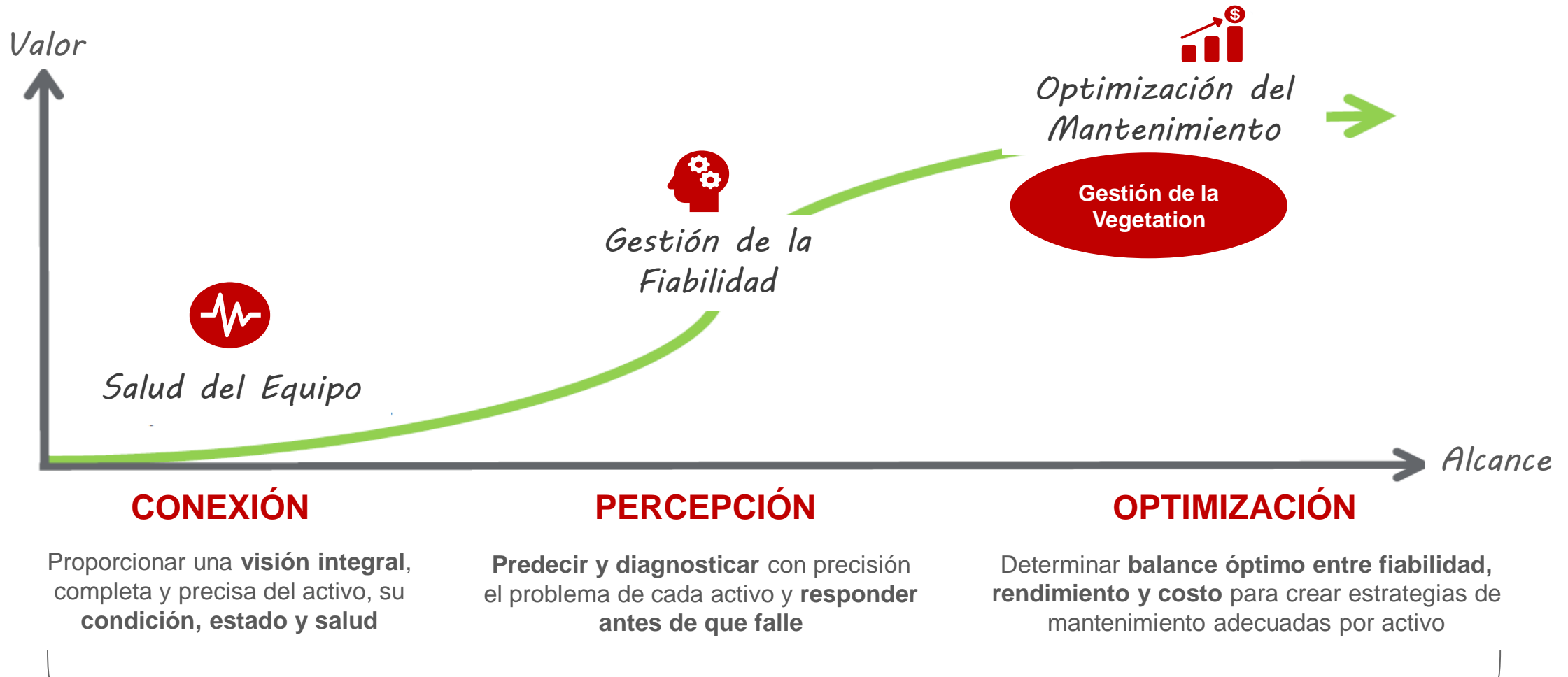
- Diseñar **estrategias de mantenimiento** óptimas y sostenibles
- Dirigir adecuadamente los **planes de inversión (renovación)**



PERSPECTIVA  
OPERACIONAL

- Maximizar la **vida útil del activo** existente
- Operar con una gestión basada en **análisis de riesgos**

# Hacia la Optimización del Mantenimiento



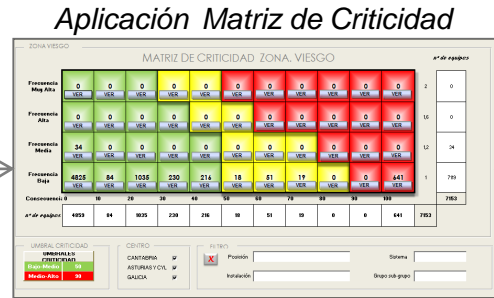
**AUDITABLE:** normas UNE, ISO, IEEE, CIGRE y entidades científico-técnicas de referencia

# Metodología de Optimización de Estrategias de Mantenimiento



## 1 Análisis de Criticidad por Activo (ACA)

Jerarquización de activos de distribución mediante la aplicación de la técnica "Criticidad Total por Riesgo"



Selección de Activos de mayor impacto para el negocio o alto coste de reposición

## 2 Análisis Modal de Fallos y Efectos (FMEA)

Identificación de Riesgos por Activo

- Componente/Elemento
- Modo de Fallo (MF)
- Frecuencia/POF
- Efecto

Identificación acciones de mitigación del Riesgo

- Componente/Elemento
- Modo de Fallo (MF)
- Acción de Mitigación
- POF con mitigación

Aplicación Matriz de Criticidad de Riesgos Mitigados vs Riesgos No Mitigados

Probability	Consequence				
	Very Low	Low	Medium	High	Very High
Frequent 5	5	50	500	2,500	5,000
Probable 1	1	10	100	500	1,000
Possible 0.3	0.3	3	30	150	300
Remote 0.1	0.1	1	10	50	100
Improbable 0.05	0.05	0.5	5	25	50

Not Applicable   
  Mitigated Risk   
  Unmitigated Risk

## 3 Análisis de Coste-Beneficio de las estrategias de mitigación del Riesgo por modo de fallo del activo

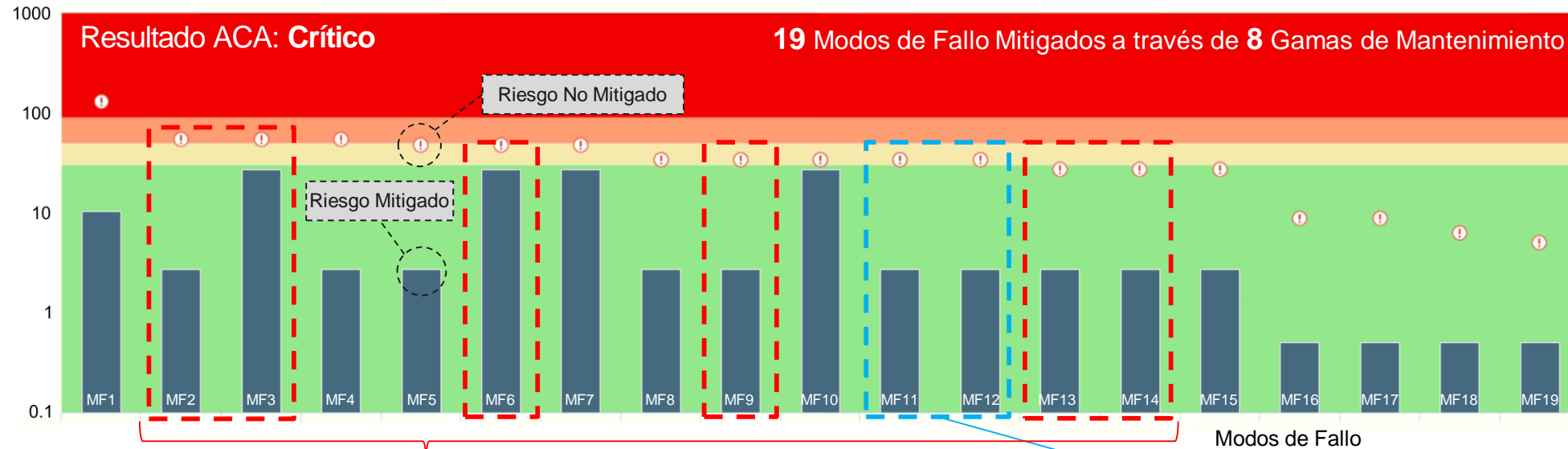
## 4 Selección y ajuste de las Estrategias de Mantenimiento según: mitigación de riesgos y costes de despliegue.

Modos de fallo de alto impacto requerirán un análisis de monitorización continua de la condición.

# Metodología de Optimización de Estrategias de Mantenimiento



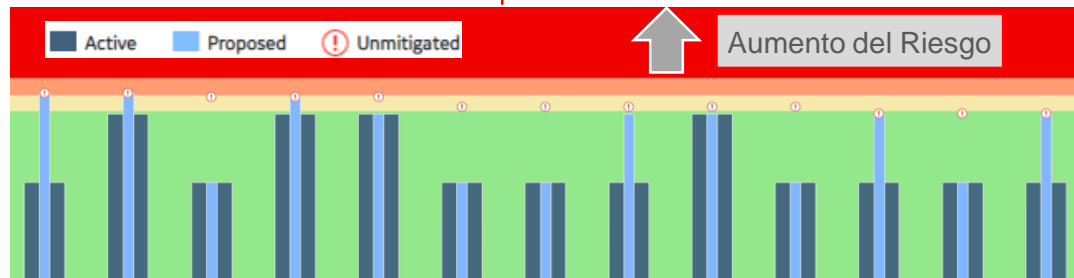
Análisis estrategia de mantenimiento Transformador de Potencia 30MVA – Monitorización continua gases



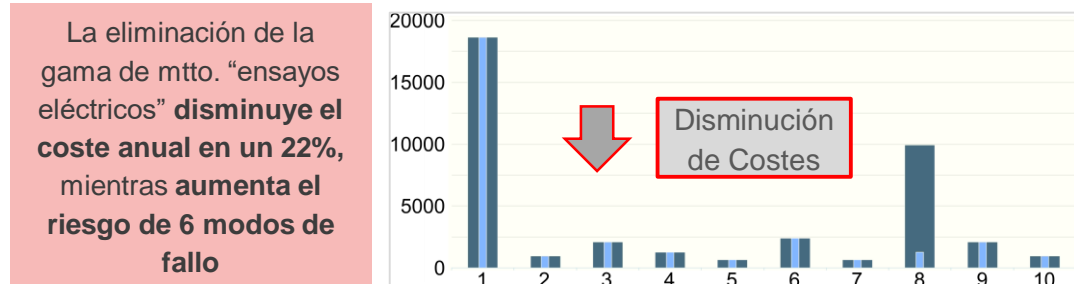
**ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO DISEÑADA**

## Gamas de Mantenimiento

Acción	Tipo	Intervalo
DGA (Análisis de gases)	CM	1 año
OQA (Análisis físico-químicos)	CM	2 años
Calisto 2 (Monitorización H <sub>2</sub> , CO, H <sub>2</sub> O y T <sup>a</sup> )	CM	Continuo
FFA (Compuestos furánicos)	CM	4 años
Ensayos Eléctricos	CM	8 años
Termografía	CM	1 año
Inspección Visual y Accesorios (Condiciones de sellado, servicio y superficie)	PM	1 año
Inspección Sistema de Protección	FF	3 años



**Monitorización continua** permite disminuir la frecuencia de los ensayos de aceite de 1 a 2 años. El coste anual disminuye un 4%.



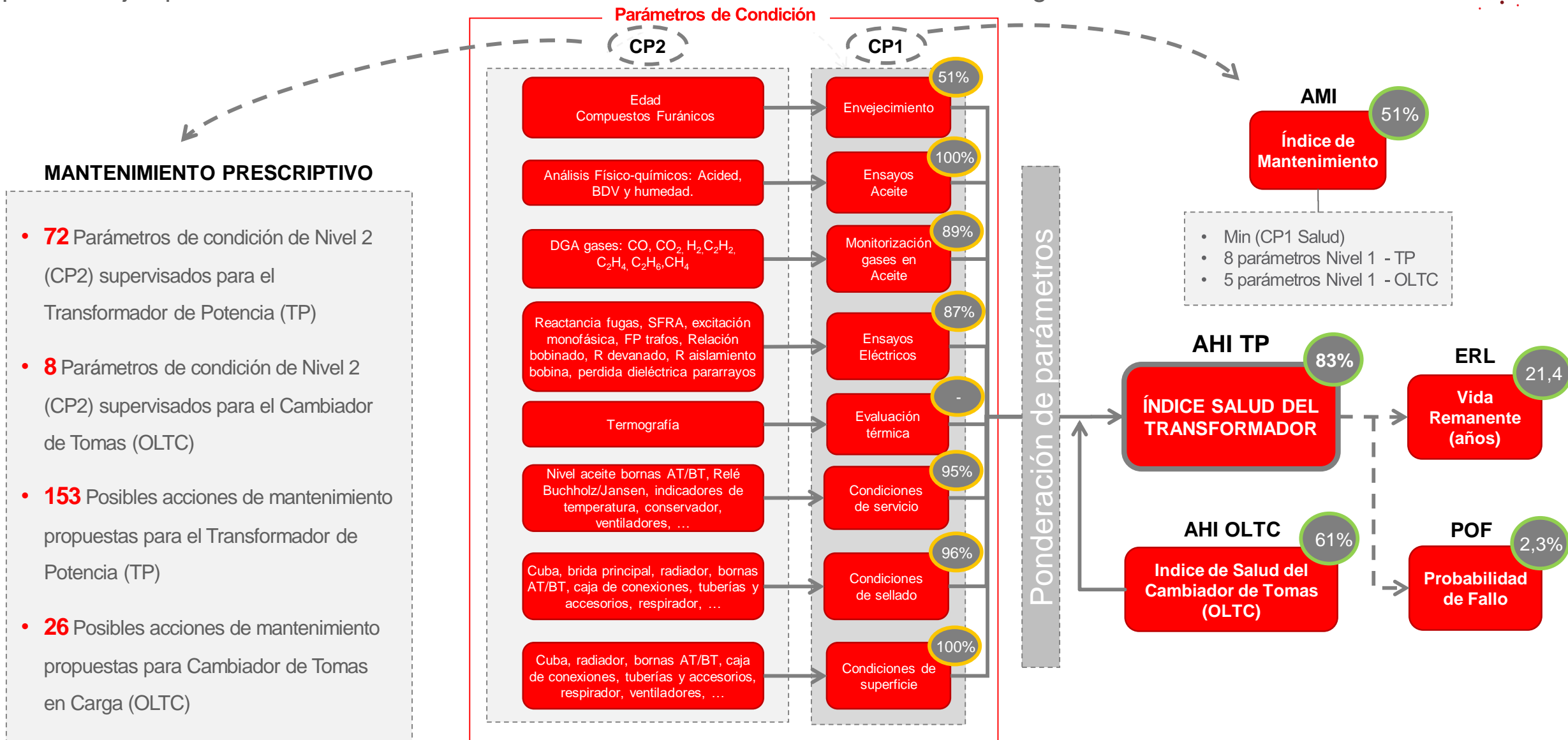
La eliminación de la gama de mto. “ensayos eléctricos” **disminuye el coste anual en un 22%**, mientras **aumenta el riesgo de 6 modos de fallo**

\* CM: Mantenimiento Basado en Condición  
 \* PM: Mantenimiento Preventivo  
 \* FF (Failure Finding): Detección de defectos o fallos ocultos en los sistemas de protección

# Modelo de Salud del Transformador de Potencia



Aplicación ejemplo Transformador de Potencia 55/12kV - 30MVA – Monitorización continua gases

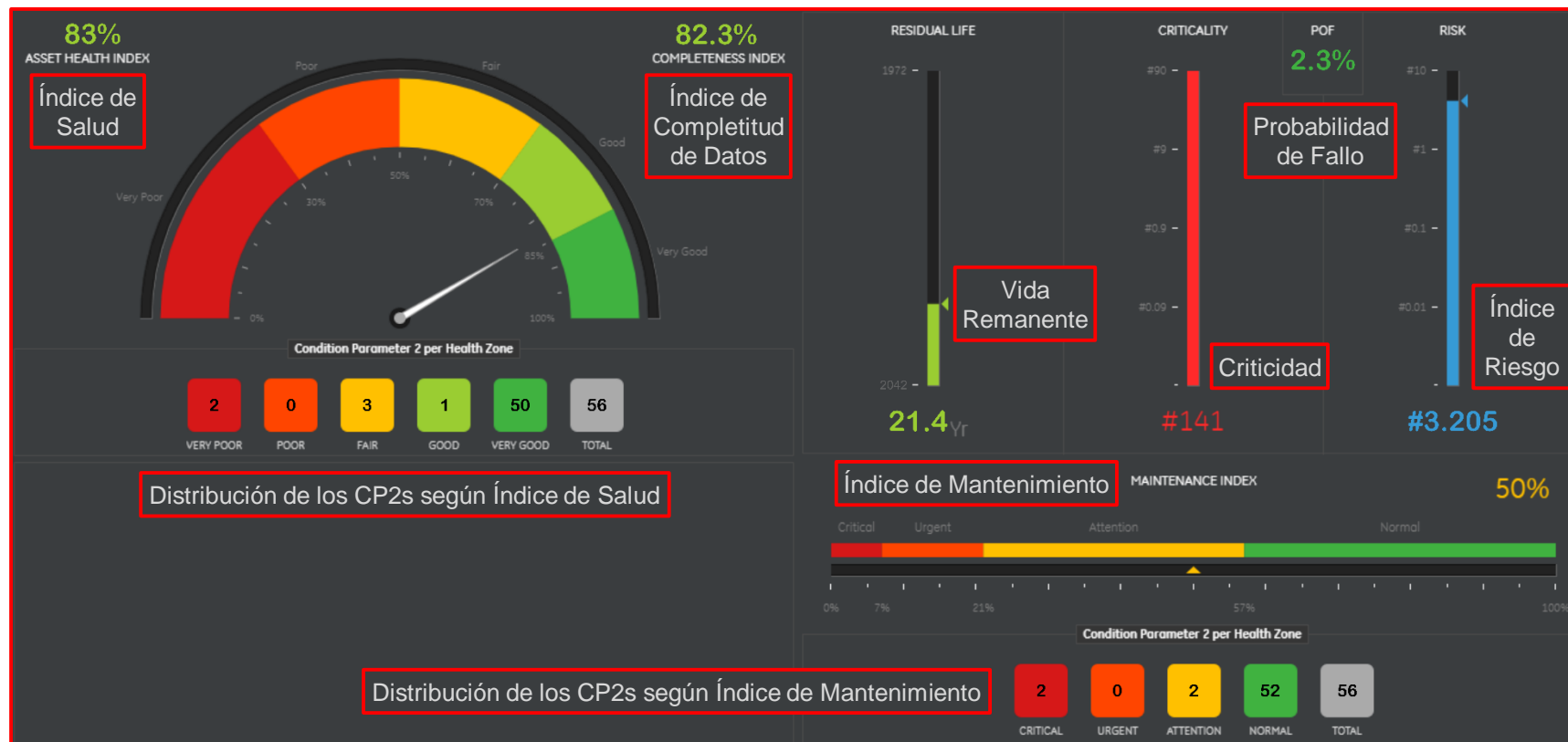


- MANTENIMIENTO PRESCRIPTIVO**
- **72** Parámetros de condición de Nivel 2 (CP2) supervisados para el Transformador de Potencia (TP)
  - **8** Parámetros de condición de Nivel 2 (CP2) supervisados para el Cambiador de Tomas (OLTC)
  - **153** Posibles acciones de mantenimiento propuestas para el Transformador de Potencia (TP)
  - **26** Posibles acciones de mantenimiento propuestas para Cambiador de Tomas en Carga (OLTC)

# Modelo de Salud del Transformador de Potencia

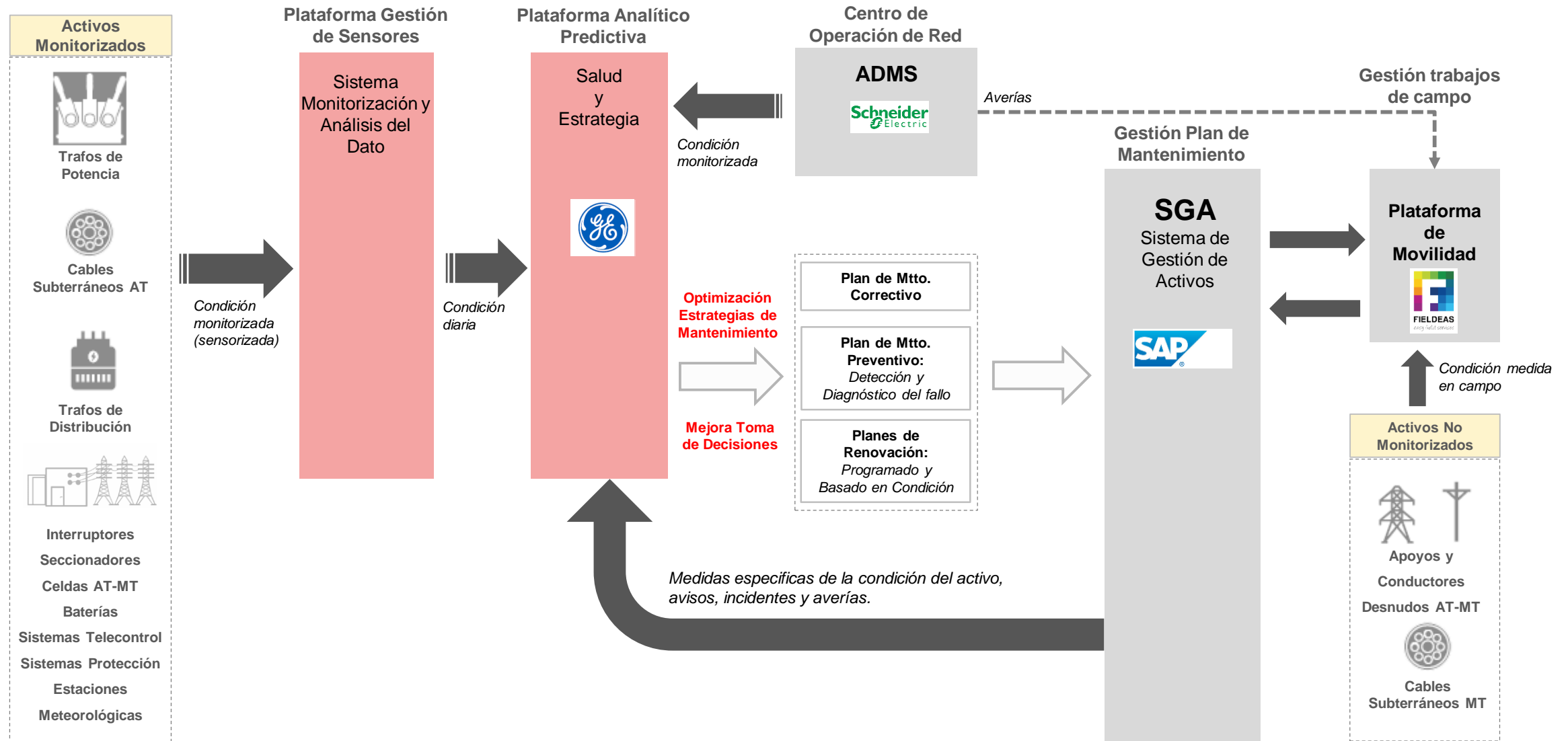


Aplicación ejemplo Transformador de Potencia 55/12kV - 30MVA – Monitorización continua gases



- Transformador de potencia **Crítico**.
- TP con **49** años y una vida remanente estimada de **21,4** años, alcanzando los **70,4** años.
- **56** de **72** parámetros de condición de Nivel 2 (CP2) inspeccionados/analizados (CPLI = **82,3%**).
- **5** acciones de mantenimiento propuestas como resultado de las inspecciones y ensayos realizados en el TP.
- **6** de **10** CP2s inspeccionados/analizados en el OLTC (CPLI = **70%**).
- **2** acciones de mantenimiento propuestas como resultado de las inspecciones y ensayos realizados en el OLTC.
- Probabilidad de fallo (**2,3%**) e índice de riesgo (**3,205**) del TP bajos.

# Digitalización del proceso





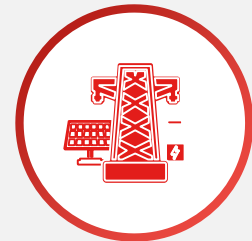
# Metas



Optimar el plan de Mantenimiento Preventivo es **posible** utilizando técnicas de análisis de criticidad de los activos.



Reducir el gasto (Opex) se consigue mediante la aplicación de técnicas analítico-predictivas a la gestión de la vegetación en la red de distribución.



La utilización de nuevas tecnologías **mejoran el proceso de inspección de los activos de red.**



Optimizar las estrategias de mantenimiento es **posible** mediante la implementación de una plataforma predictiva.

VIESGO

