

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN

WEBINAR – ALTAE 2021



**ALTAE**  
2021

**Congreso**

**ALTA TENSION Y AISLAMIENTO ELÉCTRICO**

*Declaración de interés pública y nacional*  
Decreto 42557-MINAE (ALTAE2021)

6 AL 10  
DE SETIEMBRE

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS



## CORROSIÓN EN S/E Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

# CONCEPTOS BÁSICOS DE CORROSIÓN

---

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



Los materiales se encuentran en la naturaleza bajo la forma de compuestos estables, como óxidos sales, etc.

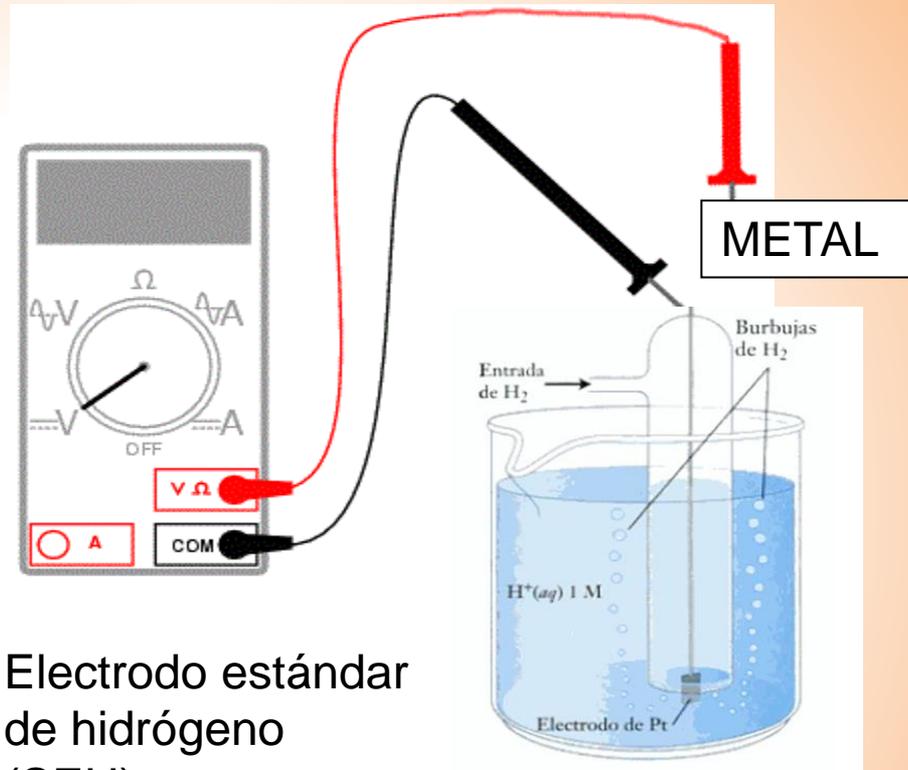


# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



	Reacción	Potencial $V_o$ (V)
Anódicos Actividad creciente	$Li^+ + e^- \rightarrow Li$	-3,05
	$Na^+ + e^- \rightarrow Na$	-2,71
	$K^+ + e^- \rightarrow K$	-2,29
	$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$	-2,37
	$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$	-1,66
	$Ti^{2+} + 2e^- \rightarrow Ti$	-1,63
	$Mn^{2+} + 2e^- \rightarrow Mn$	-1,63
	$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$	-0,76
	$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$	-0,74
	$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$	-0,44
Catódicos Inactividad creciente	$Cd^{2+} + 2e^- \rightarrow Cd$	-0,40
	$Co_2^+ + 2e^- \rightarrow Co$	-0,28
	$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$	-0,25
	$Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn$	-0,14
	$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$	-0,13
	$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$	-0,00
	$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$	+0,34
	$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4(OH)^-$	+0,10
	$Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$	+0,77
	$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	+0,80



Electrodo estándar de hidrógeno (SEH)

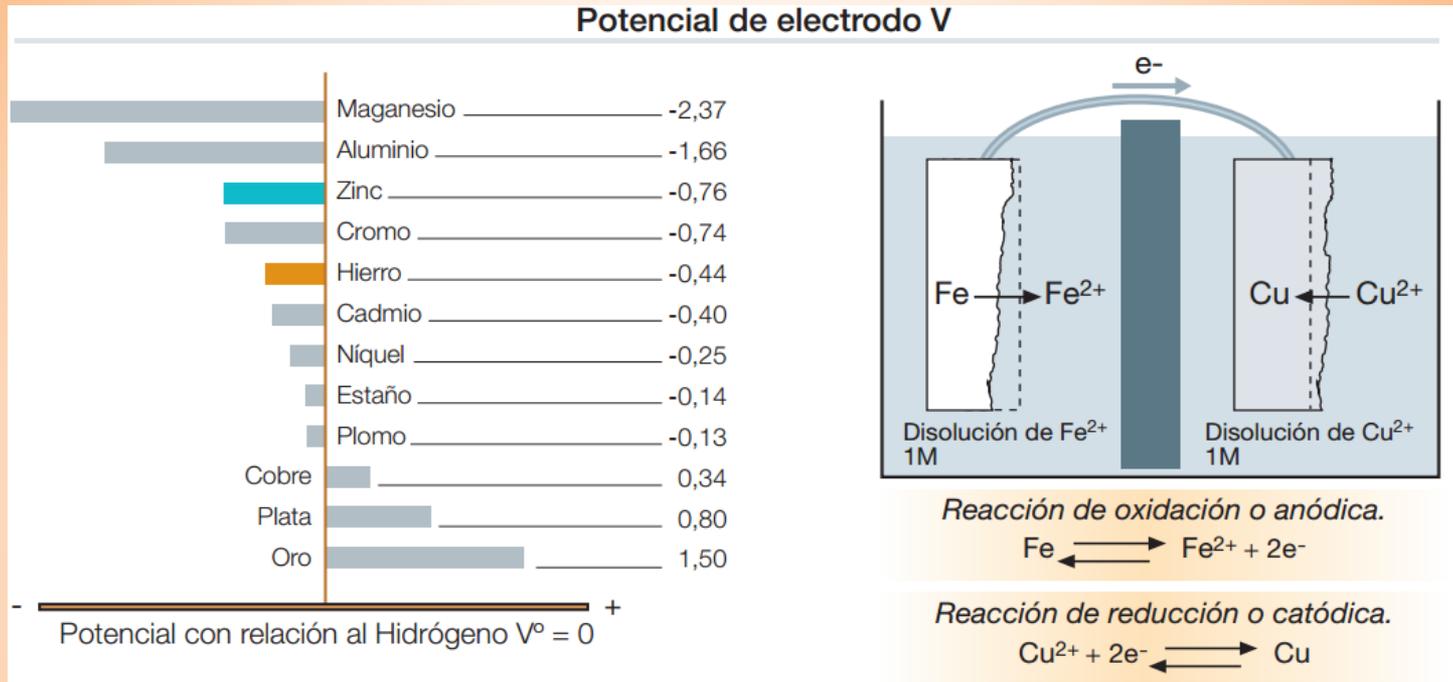
1 1s<sup>1</sup>

H

Hydrogen  
1,008

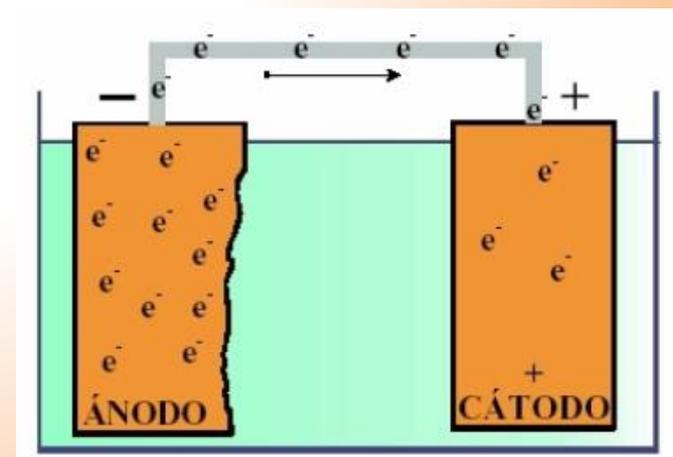
# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



## CIRCUITOS ELECTROQUÍMICOS

1. Ánodo
2. Cátodo
3. Electrolito
4. Paso o Camino metálico



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



La corrosión galvánica no se puede producir ...

... sin uniones conductoras eléctricamente



... en metales sin diferencia de potencial



... sin conexión mediante un electrolito



(Metal 1 = ánodo, metal 2 = cátodo)

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS



**NO PUEDE HABER REACCIÓN  
ANÓDICA O DE CORROSIÓN SI  
NO HAY UNA REACCIÓN  
CATÓDICA CAPAZ DE  
CONSUMIR LOS ELECTRONES  
QUE SE PRODUCEN**

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

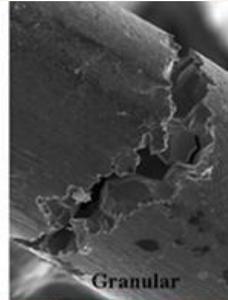
Acorde con las normativas



Uniforme



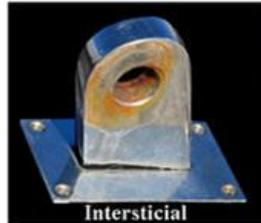
Galvanica



Granular



Picadura



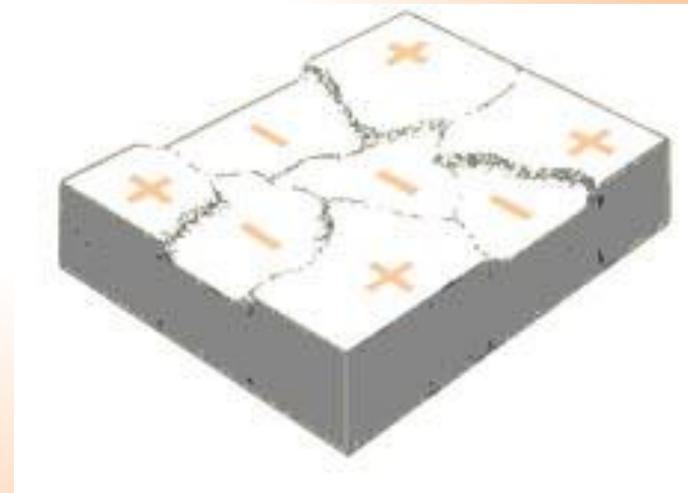
Intersticial



Fatiga



Una mancha de óxido se comporta como cátodo frente al hierro no oxidado, formando una pila o par bimetalico que **acelera** el fenómeno natural de corrosión.



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS



## RECUBRIMIENTOS

RECUBRIMIENTOS ORGÁNICOS.

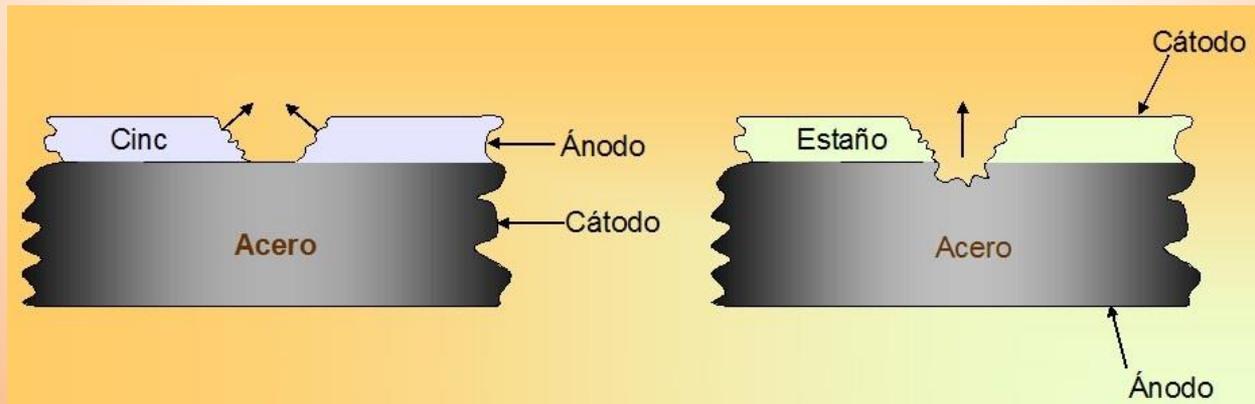
Pinturas.  
Cauchos  
Plásticos

RECUBRIMIENTOS INORGÁNICOS.

Metales

Galvanizado  
Cromado  
Niquelado  
Estañado

Concreto



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS



## CORROSIÓN EN S/E Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

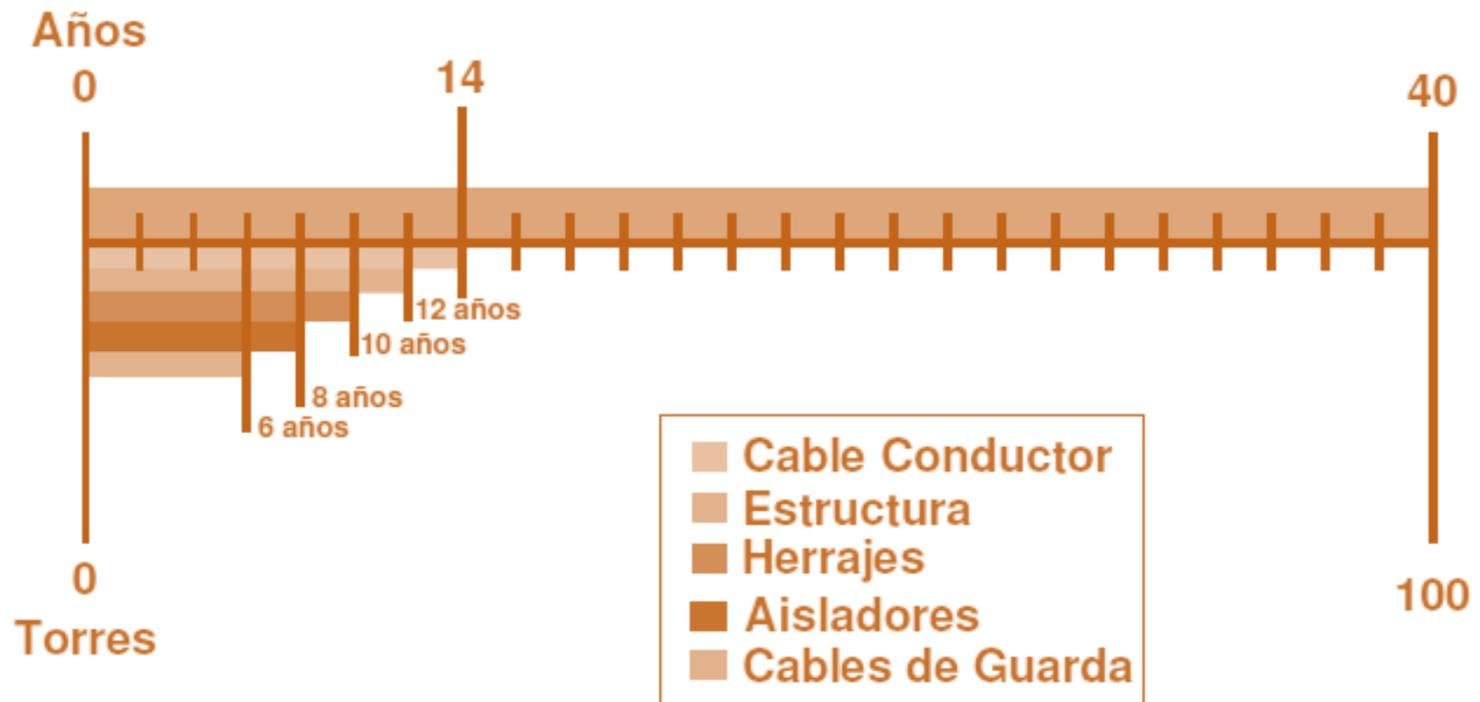
# INTRODUCCIÓN A LA CORROSIÓN DE SUBESTACIONES Y LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN

---

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS



## Vida Útil de Componentes de Torres Instalados en una Zona de Alta Agresividad Corrosiva



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

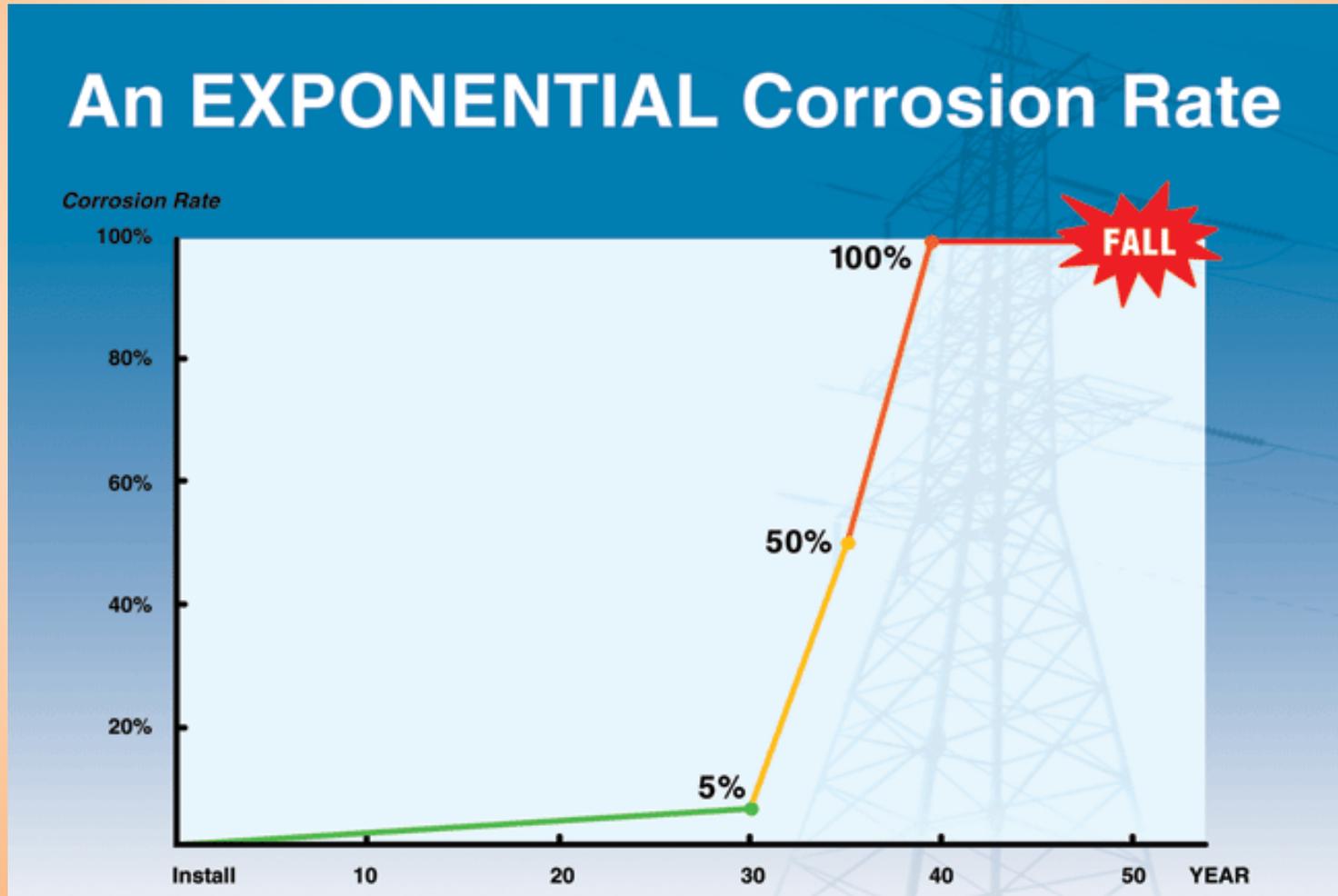
Acorde con las normativas



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS



## PRINCIPIO DE CORROSIÓN EXPONENCIAL



Fuente: PPG Protective & Marine Coatings – Keeler Long

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



**FASE I**



**FASE III**



**FASE II**



**FASE IV**

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



FASE I



FASE II



FASE III



FASE IV



**Fuente:** J. Maya- Montoya "El Manejo Integral de la Corrosión en el Ciclo de Vida de los Activos para el Transporte de Energía"

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



**Fuente:** Caroni River "Corrosión atmosférica en sistemas de transmisión y distribución eléctrica"

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas

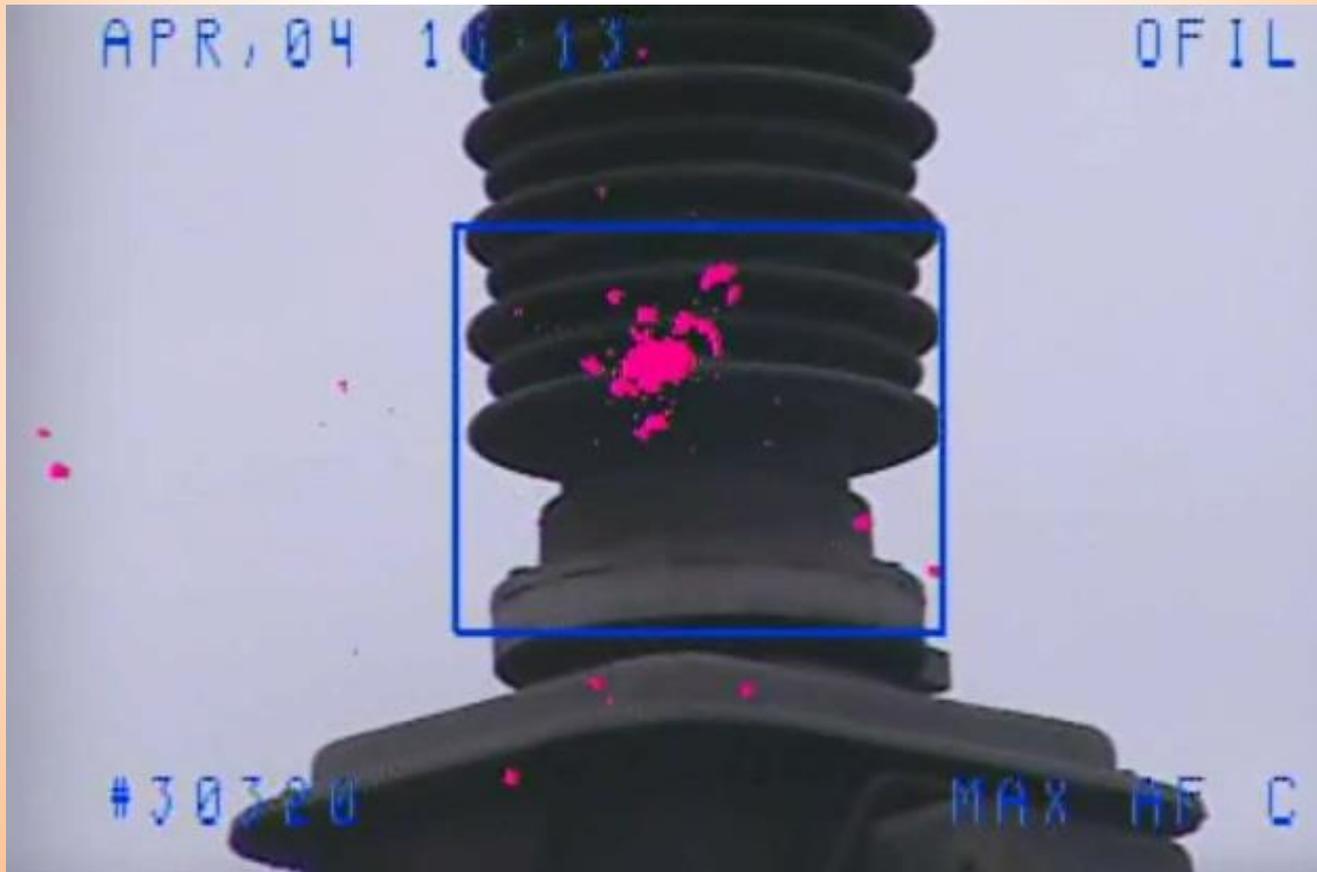


**CORROSION EN FASE II  
EN PERFIL METÁLICO**

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS



## CORONOGRAFÍA



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



## CORONOGRAFÍA



*Degradación de aislamiento*

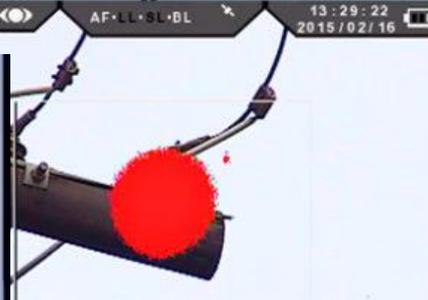
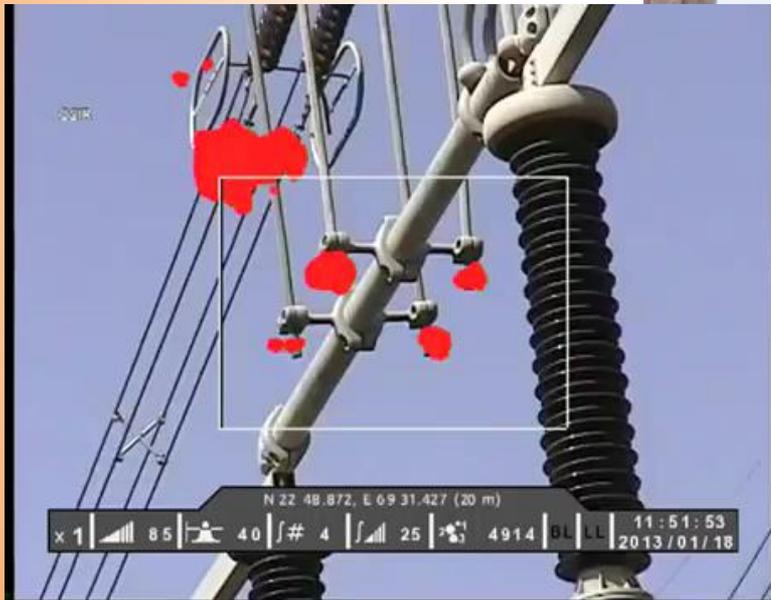
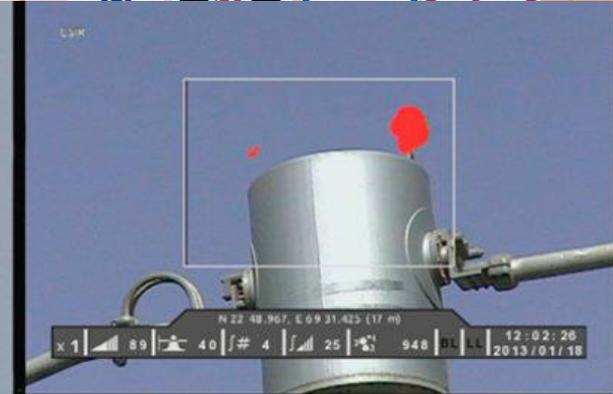
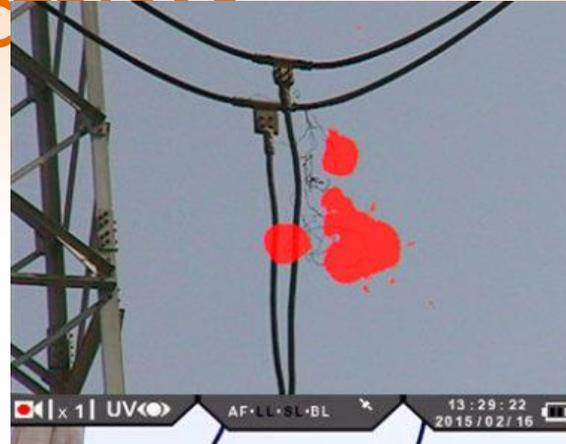
# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS



## REVISIÓN DE LAS FUNDACIONES Y TERRENO



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



## PATOLOGÍAS DEL CONCRETO



**Agrietamiento por contracción plástica**



**Grietas capilares o Cuarteadura**



**Contracción por secado**



**Corrosión atmosférica y Marina**

**Fuente:** Durabilidad y patologías del concreto (Sánchez de Guzmán, 2002)



**Actividad Biológica**

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



Fuente: TRANSGRID

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



## PATOLOGÍAS DEL CONCRETO



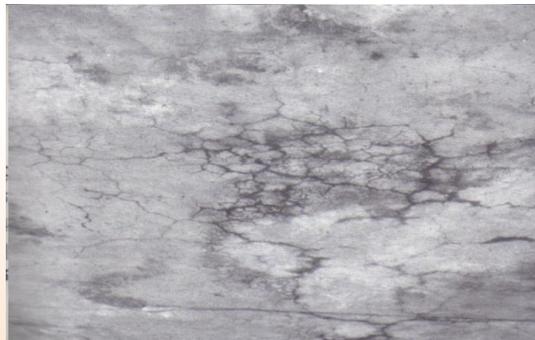
*Calcinación incipiente*



*Calcinación superficial*



*Calcinación avanzada*



*Microfisuración y cuarteaduras en mapa*

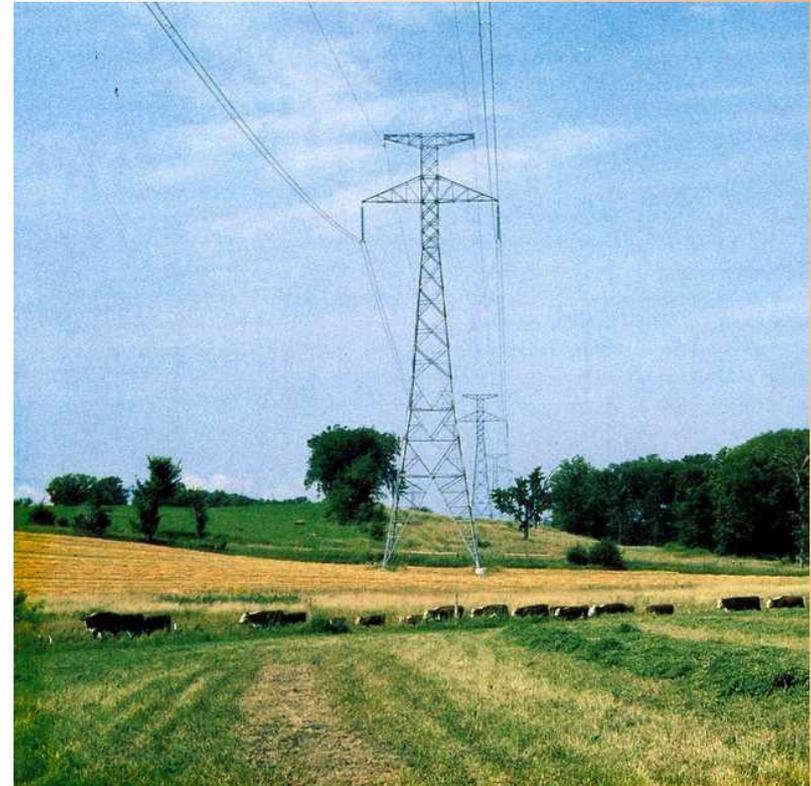


# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



**AMBIENTE MARINO  
< 15 AÑOS**



**AMBIENTE RURAL  
50 AÑOS**

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



## REVISIÓN DE LAS FUNDACIONES Y TERRENO ALREDEDOR DE LAS TORRES



*CORROSIÓN EN LA PATA DE LA TORRE  
(Inspección visual)*



*VERIFICACIÓN DEL ESTADO DEL ENCOFRADO  
(Inspección ultrasónica)*

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



## NOVEDADES

NOTICIAS ESTADO VIVIR ELECCIONES MARCADOR PANORAMA OPINIÓN POLICÍA

### Torres de alta tensión a punto de colapsar

junio 22, 2019

72



Las torres de 59 metros de alto se encuentran deterioradas por el salitre del mar.

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) sigue ignorando la condición de las torres de alta tensión de 115 mil voltios marcadas con los números 150 y 152 asentadas en la carretera federal 180.

Resulta que la infraestructura de metal y concreto presenta un alto grado de corrosión en los aproches junto a la base que las sostienen. Estas mismas condiciones tenía hace un año la torre 151 que colapsó el 9 de junio por fuertes vientos de un frente frío.

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



## NIVELES DE INSPECCIÓN EN FUNDACIONES

- a) Nivel I (inspección 100% visual)
- b) Nivel II (test para chequeos estructurales)
- c) Nivel III (focalización de grupos de inspección especializados o sectorizados)



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



## REVISIÓN DE LAS FUNDACIONES Y TERRENO ALREDEDOR DE LAS TORRES

### Corrosión tipo A

Es la que presenta a los miembros estructurales y tornillos todavía con la capa de cinc del galvanizado completa y el recubrimiento de alquitrán de hulla epóxico. Se puede apreciar cierta rugosidad, opacamiento, manchas blancas y el espesor del cinc se ha visto mermado.

### Corrosión tipo B

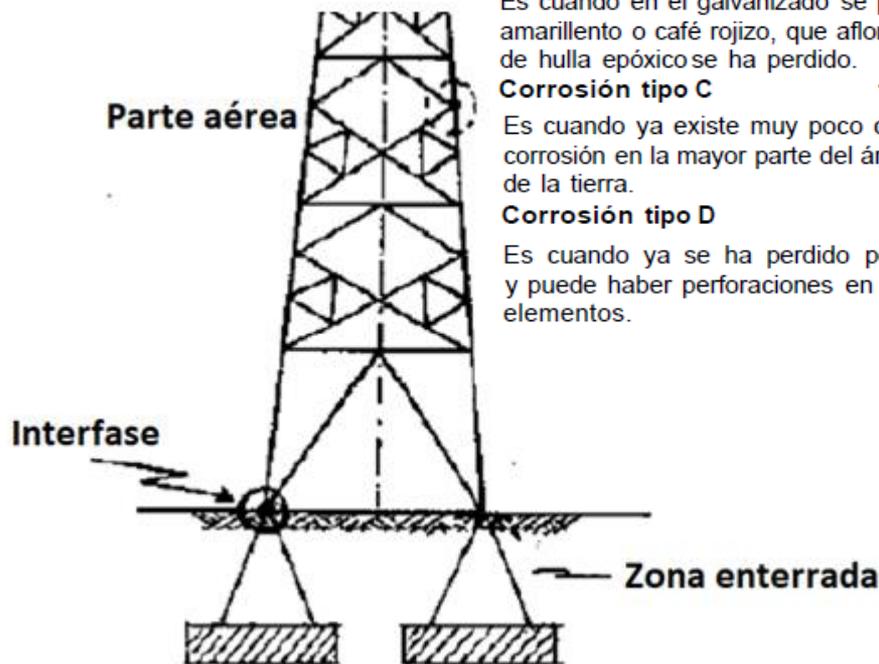
Es cuando en el galvanizado se presentan puntos de corrosión del acero al carbón, que pueden ser de color café amarillento o café rojizo, que afloran a través del cinc. Una parte del galvanizado y/o del recubrimiento de alquitrán de hulla epóxico se ha perdido.

### Corrosión tipo C

Es cuando ya existe muy poco cinc y/o recubrimiento de alquitrán de hulla epóxico y el acero presenta corrosión en la mayor parte del área color café amarillento o café rojizo, que muchas veces se confunde con el color de la tierra.

### Corrosión tipo D

Es cuando ya se ha perdido por completo el galvanizado y/o el recubrimiento de alquitrán de hulla epóxico y puede haber perforaciones en los elementos estructurales y exfoliación en los tornillos o uniones entre elementos.



Fuente: Procedimiento CFE MMA00-01

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS



## REVISIÓN DE LAS FUNDACIONES Y TERRENO ALREDEDOR DE LAS TORRES



*Muestra una corrosión tipo "a" en la interfase*



*Muestra una corrosión tipo "b" en la interfase*

**Fuente:** Procedimiento CFE MMA00-01

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



## REVISIÓN DE LAS FUNDACIONES Y TERRENO ALREDEDOR DE LAS TORRES



*Muestra una corrosión tipo “c” en la interfase*



*Muestra una corrosión tipo “d” en la interfase*

**Fuente:** Procedimiento CFE MMA00-01

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



## REVISIÓN DE LAS FUNDACIONES Y TERRENO ALREDEDOR DE LAS TORRES



*Muestra cimentación en buenas condiciones*

**Fuente:** Procedimiento CFE MMA00-01



*Muestra una corrosión tipo "d" en la zona enterrada*

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

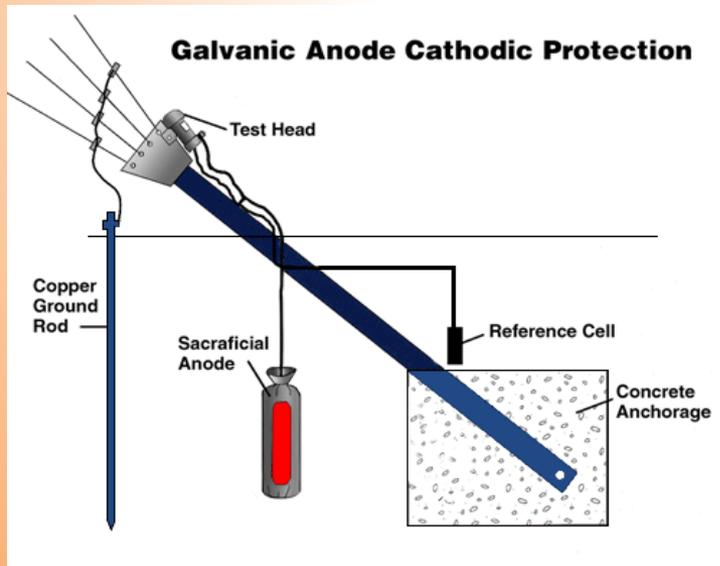


## PROTECCIÓN CATÓDICA PARA LOS ANCLAJES DE LA TORRE

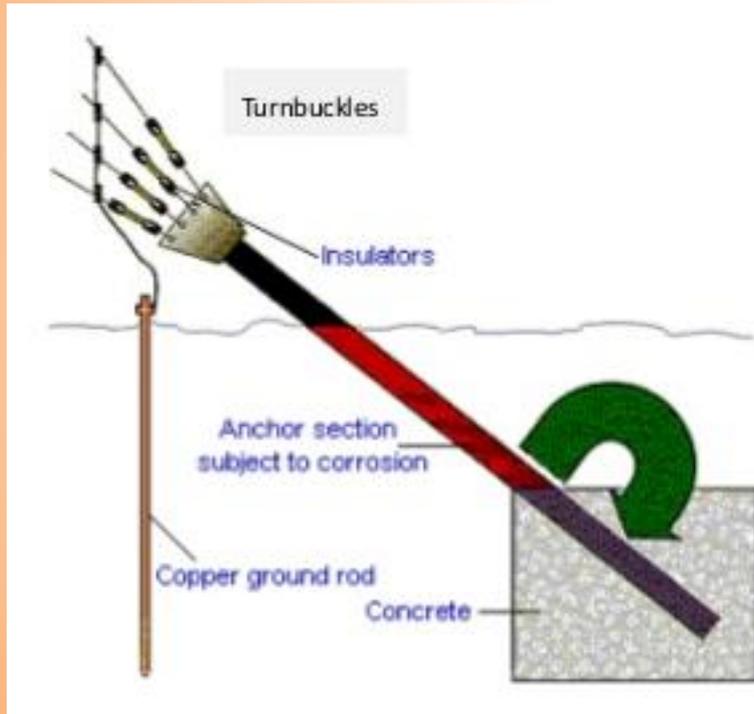
### 5.6.2 Para anclas en torres con retenidas

Cuando se utilicen anclas para fijar las torres con retenidas de líneas de transmisión, deben ser galvanizadas por inmersión en caliente, a un espesor mínimo de 100  $\mu\text{m}$  y protegidas adicionalmente con un recubrimiento primario de alquitrán de hulla epóxico CFE-P7 de acuerdo a la especificación CFE D8500-02 y protección catódica cuando la resistividad del terreno sea menor de 50  $\Omega\cdot\text{m}$  de acuerdo a la especificación CFE D8CME-07.

Fuente: Especificación CFE J1000-50



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS



Fuente: FULLERTON

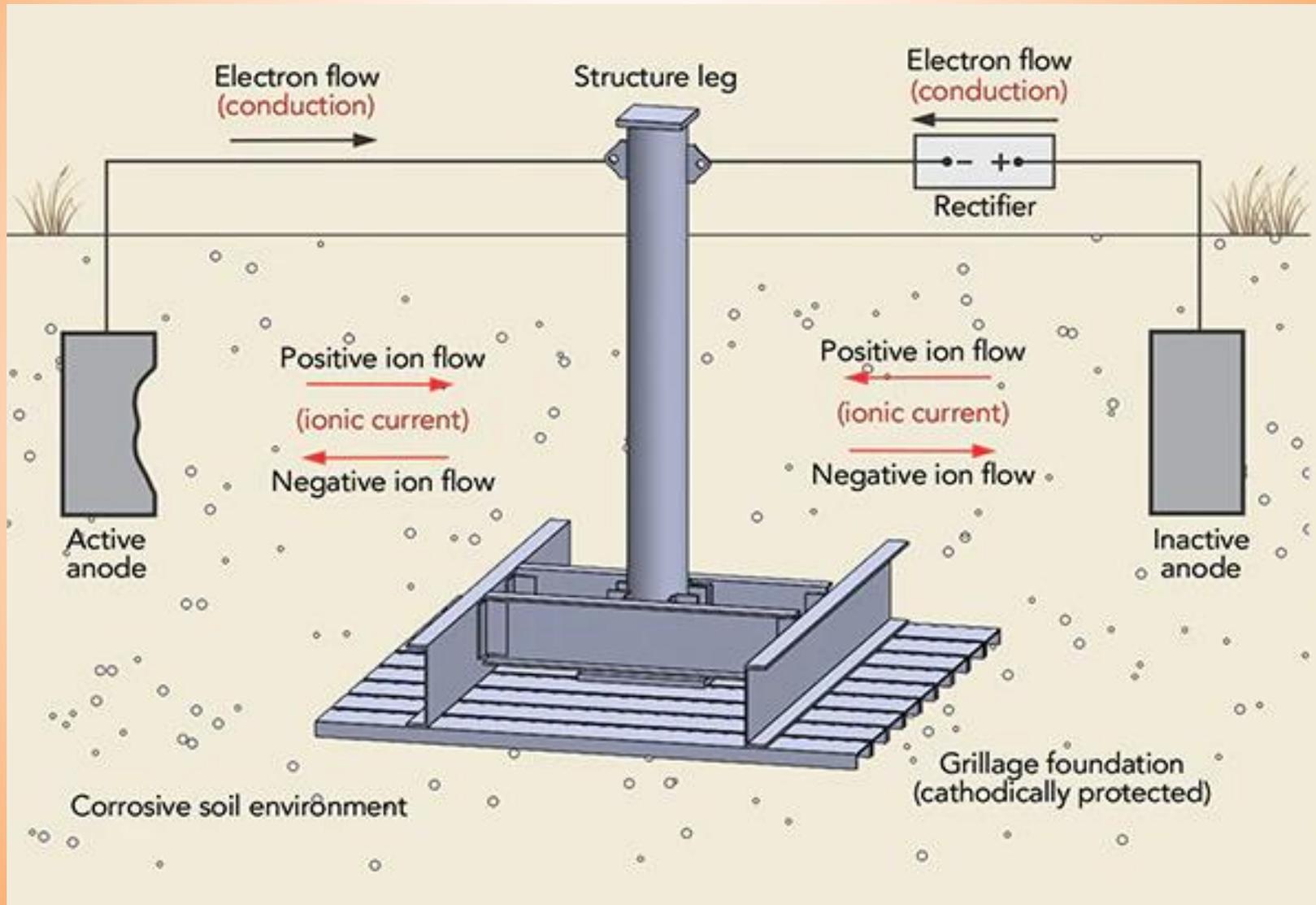
# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



Los principales problemas de corrosión que se presentan en las subestaciones y líneas de transmisión tienen relación con la exposición a ambientes agresivos, costeros por ejemplo, en los que la única estrategia a utilizar es implementar recubrimientos que le agreguen a la estructura la durabilidad que necesita.



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



## INSPECCIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS MEDICIÓN DE ESPEORES



ASTM A123 / A123M - 17 

Standard Specification for Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coatings on  
Iron and Steel Products

Active Standard ASTM A123 / A123M | Developed by Subcommittee: [A05.13](#)

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



## VISUALIZACIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO SEGÚN FASE DE CORROSIÓN



Table 1: Repair Descriptions and Costs

Phase	Tower Condition	Repair Regimen	Cost (per tower)
Phase I	Coffee stain rust (cosmetic) 5 percent rust 1-2 mils of galvanization remain	Minimal cleaning (5 percent) One coat of paint One summit of tower	\$2,750
Phase II	Abrasive rust On bolts, edges and horizontal flats Rust falls off upon touch	Cleaning (up to 50 percent) Spot or full primer as needed One coat of paint Two summits of tower	\$5,555
Phase III	Extensive, abrasive rust	Cleaning (75 to 100 percent) One full coat of primer Optional intermediate coat One coat of paint Three summits of tower	\$8,883

Table 2: Inventory Repair Costs

Number of Towers	Corrosion Phase	Repair Cost (per tower)	Total Repair Cost	Added Long-term Cost
5,000	Phase I	\$2,750	\$14 million	
	Phase II	\$5,555	\$28 million	\$14 million
	Phase III	\$8,883	\$44 million	\$30 million
10,000	Phase I	\$2,750	\$28 million	
	Phase II	\$5,555	\$56 million	\$28 million
	Phase III	\$8,883	\$89 million	
25,000	Phase I	\$2,750	\$69 million	
	Phase II	\$5,555	\$139 million	\$70 million
	Phase III	\$8,883	\$222 million	\$153 million

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



El estándar de protección en estructuras de líneas y subestaciones es el **galvanizado por inmersión en caliente**, pero en ocasiones este debe ser complementado si el ambiente es muy agresivo, de forma que se aprovechan las características de sinergia que existen entre diferentes tipos de recubrimientos para generar lo que es conocido como un **sistema de protección dúplex**.



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



El galvanizado por inmersión es una solución de alta durabilidad y sin mantenimiento. Sin embargo, cuando se expone a ambientes de alta agresividad no entrega la durabilidad necesaria; en este caso se debe reforzar la protección del galvanizado con un sistema de pinturas seleccionado según ISO 12944



**NORMA ISO 12944**

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



Para determinar si la utilización del galvanizado es suficiente por sí solo, si hace falta aplicar un sistema dúplex o si es necesario evaluar alternativas diferentes de protección, como las basadas en zinc, es imprescindible evaluar factores como el ambiente corrosivo al que serán expuestas las estructuras, la durabilidad esperada del recubrimiento, si se realizará aplicación en terreno o en taller, costos de inversión, así como los costos de mantenimiento en el tiempo.

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS



ICS > 25 > 25.220 > 25.220.40

## ISO 14713:2017

### Zinc coatings — Guidelines and recommendations for the protection against corrosion of iron and steel in structures

El error típico es no utilizar las metodologías estandarizadas que existen para la aplicación de los recubrimientos. Algunas de las normas recomendadas a seguir normas son la ISO 14713 o la ISO 12944.

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS



**NACE SP0215-2015 / IEEE Std. 18394** se centra en el control de la corrosión por debajo del nivel del suelo y proporciona pautas generales de reparación de recubrimientos para estructuras de transmisión eléctrica de acero al carbono y acero galvanizado en servicio recubiertas con poliuretanos, uretano curado con humedad (MCU), alquitrán de hulla, epoxi, epoxi de alquitrán de hulla y aplicación en frío sistemas de cinta que incluyen vaselina y polietileno

**NACE SP0315-2015 / IEEE Std. 18355** se aplica a la reparación de recubrimientos atmosféricos sobre el nivel del suelo y define el área atmosférica de la estructura a recubrir

**NACE SP0415 / IEEE Std. 1895** proporciona una guía para implementar prácticas y tecnología de inspección comunes en las áreas subterráneas de torres de transmisión de acero, postes y estructuras de subestaciones, incluidas las estructuras de acero dulce galvanizado, auto-resistente a la intemperie, pintado y otras similares

*“Los estándares de inspección y evaluación son especialmente valiosos, ya que una empresa de servicios públicos o el propietario ahora tiene un método para ayudar a priorizar las estructuras que necesitarán atención”*

*“Antes de esto, gran parte del enfoque del mantenimiento se realizaba de forma aleatoria. Las áreas críticas pueden pasarse por alto fácilmente y, a menudo, se descubren por casualidad ”.*

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



TRABAJOS DE  
MANTENIMIENTO EN  
TORRES DE TRANSMISIÓN



ANTES



DESPUÉS



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



APLICACIÓN DE REVESTIMIENTO ORGÁNICO SOBRE LA CAPA DE GALVANIZADO



Torre de T. cruzando el rio Dnieper, Ukraine



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



International Symposium  
Non-Destructive Testing in Civil Engineering (NDT-CE)

September 15 - 17, 2015, Berlin, Germany

## Development of the Corrosion Deterioration Inspection Tool for Transmission Tower Steel Members

S. K. WOO<sup>1</sup>, B. D. YOUN<sup>2</sup>, K. J. KIM<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Korea Electric Power Research Institute; Daejeon, Korea

Phone: +82 42 865 5225, Fax +82 42 865 5809; e-mail: wskyun@kepco.co.kr

<sup>2</sup>PLANALL Engineering & Construction Inc.; Seoul, Korea; e-mail: twowit@naver.com

<sup>3</sup>CENITS Corporation Inc.; Seoul, Korea; e-mail: kijung\_kim@hanmail.net



The screenshot displays the software interface with the following sections:

- ① 세부정보** (Detailed Information): Includes fields for '설비명' (154KV 양주상문), '부재정보', '도금개', '용융아연도금', '영명단', '검사일', and '2015.07.29'.
- ② 원본영상** (Original Image): Shows two image thumbnails with file paths and buttons for '+추가', '저장', and '삭제'.
- ③ 관심영역(ROI) 추출** (ROI Extraction): Shows the process of selecting a region of interest from the original image.
- ④ 영상 보정** (Image Correction): Shows the process of color compensation for the ROI.
- ⑤ 분석결과** (Analysis Result): Shows the final processed image with a color scale and buttons for '분석', '저장', and '삭제'.
- ⑥ 분석결과** (Analysis Result): Shows the final evaluation results, including '녹 면적률(%)' (24) and '염화도' (4), with buttons for '저장', '닫기', and '초기화'.

On the right side, a vertical list of labels describes the steps shown in the software interface:

- General Information of Transmission Tower
- Original Image Loading of Deterioration Member
- Processing of ROI Extraction
- region of interest (ROI)
- Processing of Image Color Compensation
- RGB color image processing
- Evaluation of Deterioration Grade

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

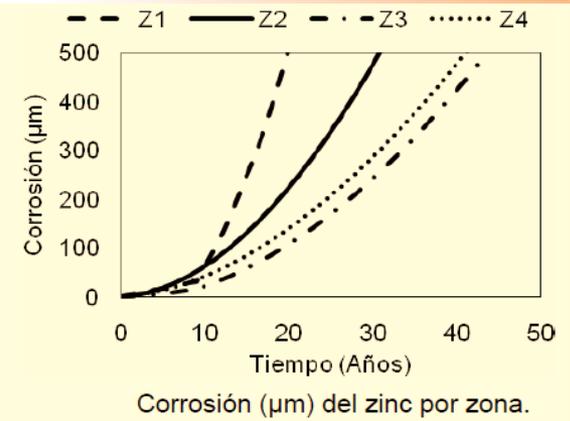
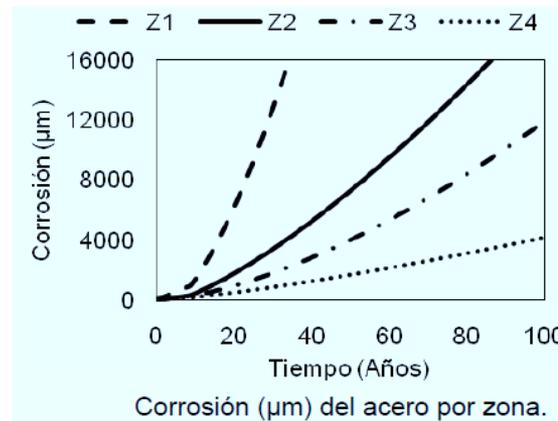
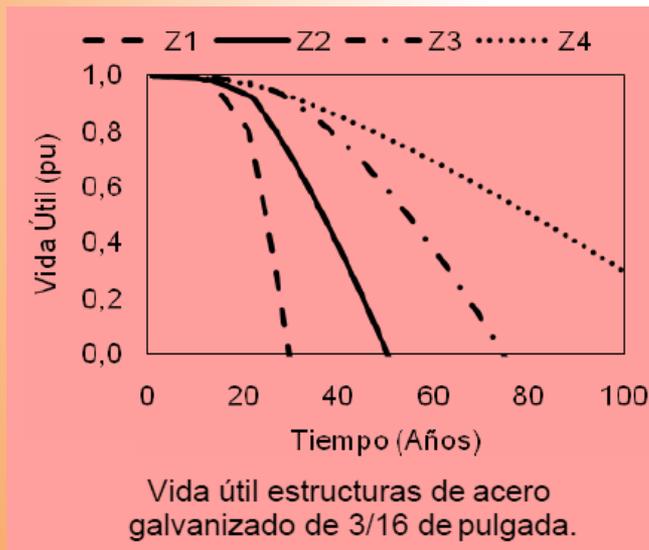
Acorde con las normatividades



## Modelo de Vida Útil para Estructuras Acero-Zinc Utilizadas en la Transmisión de Energía Eléctrica en Colombia

Fernando Villada, Juan D. Molina y Esteban Velilla

Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería, Departamento Ingeniería Eléctrica, Calle 67 No. 53-108, Oficina 19-441, Medellín-Colombia (e-mail: fvillada@udea.edu.co)



### Zonas (Z):

- Z1 de Altos cloruros y sulfatos medios,
- Z2 de altos contenidos de sulfatos,
- Z3 de sulfatos moderados a bajo zona
- Z4 de bajo contenido de cloruros y sulfatos.

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



## CORROSION DE SEÑALIZACIONES E IDENTIFICACIONES Y/O DETERIORO

I



II



III



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



Subestación Encapsulada “GIS” a 500 kV.  
instalada a intemperie

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



El problema se observa fundamentalmente en bridas que sufren un proceso de corrosión.



Para evitar el acceso de humedad, se recomiendan usar cintas de goma que se adhieren al colocarla sobre la brida.



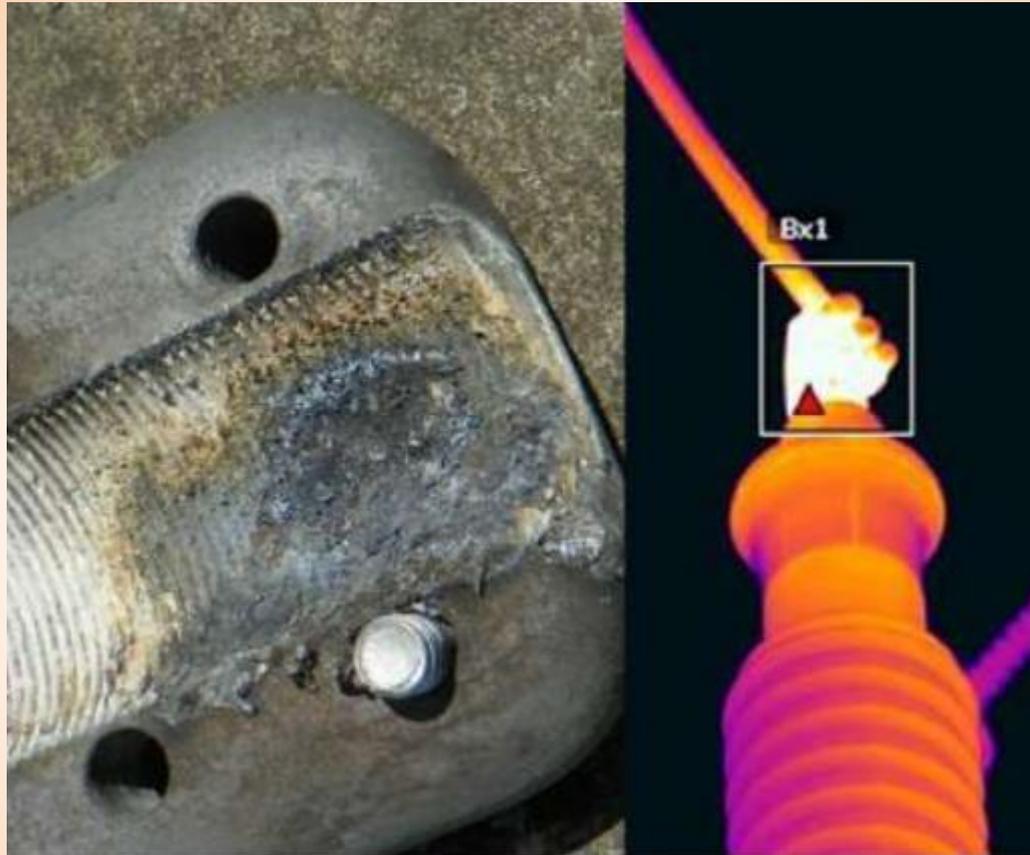
También se pueden usar cinta gris de plomería que es impermeable. El inconveniente es que cuando se quiera hacer mantenimiento esta cinta se pierde.



Otra alternativa es usar una cinta para brida ajustable, que tiene goma por dentro y plástico por fuera que permite una fácil instalación y desinstalación para propósitos de mantenimiento

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



Sobrecalentamiento por Par Galvánico en la Conexión de un Equipo de una Subestación Eléctrica

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



**Disconnecting Circuit Breakers  
ayuda a Transpower a resolver el  
problema de corrosión**



<https://youtu.be/iy9XbD8AEMQ>

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS



**Los seccionadores:** Sus contactos se cubren con un baño de plata para mejorar la resistencia a la corrosión ambiental y al desgaste producido por los pequeños arcos eléctricos que aparecen en el momento de la operación.

**El transformador:** Normalmente se encuentra a la intemperie y expuesto a corrosión, por esta razón se debe revisar e informar el estado físico periódicamente. Hay subestaciones donde la contaminación y humedad es excesiva, lo que genera oxidación y un deterioro en la pintura. Se debe cerciorar que todos los contactos y uniones no se encuentren sueltos ni con ningún rastro de corrosión, al igual que en las bridas de los aisladores y en las piezas metálicas exteriores. Si se presentan inconformidades con lo anterior, estas se deben solucionar en lo posible en las tareas de mantenimiento.



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



**Tablero de potencia:** Cuando hay gran porcentaje de humedad en la celda se presenta una corrosión excesiva en todos los contactos, haciendo que estos se deterioren y tomen un color verdoso. Para quitar esta corrosión sin afectar el baño de plata de los contactos de cobre, se aplica una solución de bicarbonato de sodio y agua que reacciona con el agente contaminante y hace que se facilite la limpieza de los mismos.

Limpieza a un interruptor de 13,8 kV



Corrosión excesiva en contactos de una celda de 13,8 kV

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



Limpeza a PTs (izquierda).  
Limpeza a CTs (derecha).

Engrase de contactos de un seccionador

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



**Contactos sulfatados.** Se principalmente en celdas y se debe principalmente a la humedad que gracias a la ionización reacciona con los contactos haciendo que se desgasten y se produzcan puntos calientes. Se presenta en mayor magnitud cuando la celda tiene fallas de hermeticidad y/o las resistencias calefactoras no se encuentran funcionando adecuadamente. Para solucionar este inconveniente se utiliza una esponja con bicarbonato mezclado con agua, que al reaccionar con el sulfato facilita su remoción.

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



**Deterioro de conectores.** Se presenta en conectores utilizados en subestaciones de alta tensión, cuando no se hace mantenimiento o no se hace bien. Se previene haciendo un correcto apriete de tornillería y se detecta mediante inspección termográfica, ya que los puntos calientes se presentan cuando se afloja la tornillería. Esta falla llega a producir el desgaste.



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



**Oxidación de mecanismo.** Al no haber un buen hermetismo en el gabinete de control de un interruptor, se filtra el agua que hace que se oxide el mecanismo de cierre y apertura, un correcto mantenimiento previene estas fallas. Debido a la importancia de este equipo, esta falla se considera grave.

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS



## FASES DE CORROSIÓN EN AISLADORES, HERRAJES Y ACCESORIOS



## AISLADORES CERÁMICOS

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



## FASES DE CORROSIÓN EN AISLADORES, HERRAJES Y ACCESORIOS

IV



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS



## FASES DE CORROSIÓN EN AISLADORES, HERRAJES Y ACCESORIOS



## AMORTIGUADORES TIPO “STOCKBRIDGE”

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



## FASES DE CORROSIÓN EN AISLADORES, HERRAJES Y ACCESORIOS

I



II



III



## HERRAJES DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



## FASES DE CORROSIÓN EN AISLADORES, HERRAJES Y ACCESORIOS

NIVELES DE AGRESIVIDAD CORROSIVA DE LAS ATMÓSFERAS	DISTANCIA AL MAR ( Km.)
<b>Extremadamente Severo</b>	0 - 5
<b>Muy Severo</b>	5 - 10
<b>Severo</b>	10 - 15
<b>Muy Alto</b>	15 - 20
<b>Alto</b>	20 - 25
<b>Levemente Alto</b>	25 - 30
<b>Moderado</b>	30 - 50

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS



## FASES DE CORROSIÓN EN AISLADORES, HERRAJES Y ACCESORIOS



Descarte masivo de aisladores corroídos desmontados de una línea de transmisión de energía.

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



## FASES DE CORROSIÓN EN AISLADORES, HERRAJES Y ACCESORIOS

### Herrajes en acero inoxidable



Steel grade	tensile strength [MPa]	Yield strength [MPa]	elongation at fracture [%]	Hardness Brinell [HB]
ASTM A536	448	310	12	217
SAF2205	620	450	25	290



Una investigación permitieron establecer que herrajes fabricados en **acero inoxidable dúplex 2205** son una buena alternativa para prevenir problemas de corrosión.

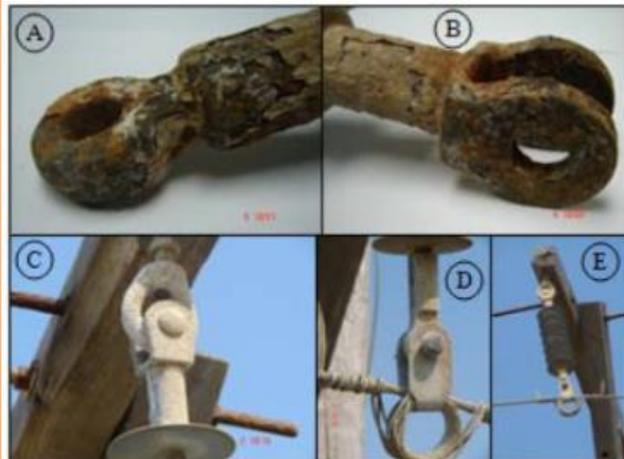
# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



## FASES DE CORROSIÓN EN AISLADORES, HERRAJES Y ACCESORIOS

### Aislador con HERRAJES de acero galvanizado



a) y b) Aislador Expuesto por 4 años,  
c), d) y e) Aislador Expuesto por 1 año y medio.

### EXPERIENCIA EN LA EVALUACIÓN DE AISLADORES POLIMÉRICOS PARA LA RED DE 23,9 kV DE ENELVEN, A TRAVÉS DE UN LABORATORIO NATURAL



Junio 2009

Augusto Abreu

C.A. Energía Eléctrica de Venezuela – ENELVEN



### Aislador con HERRAJES de aleación de Aluminio a 4 años de instalación

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS



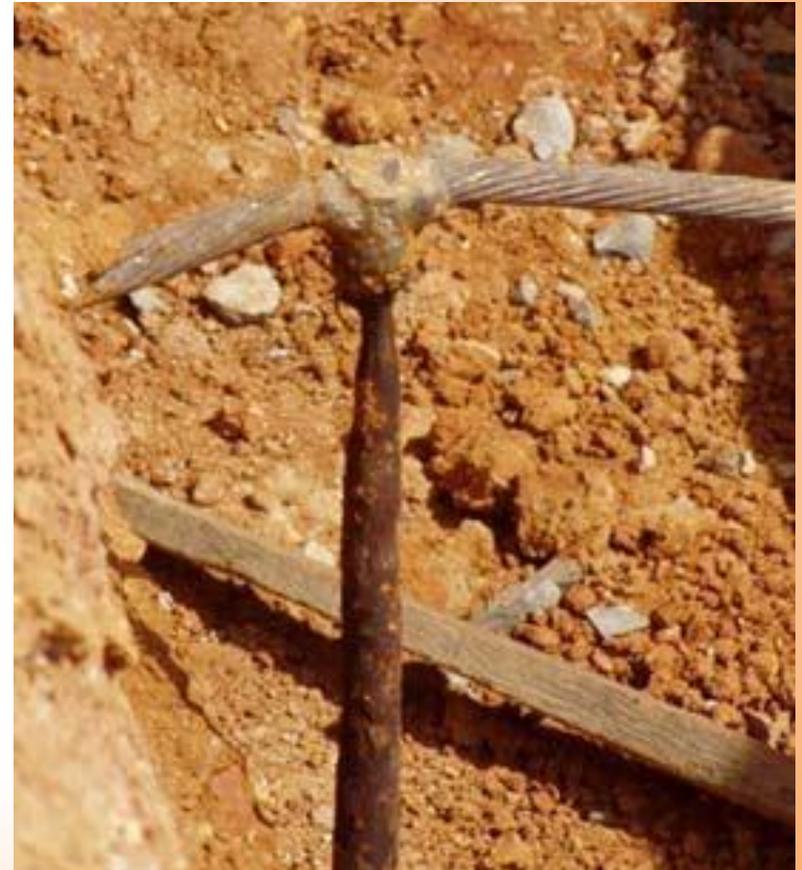
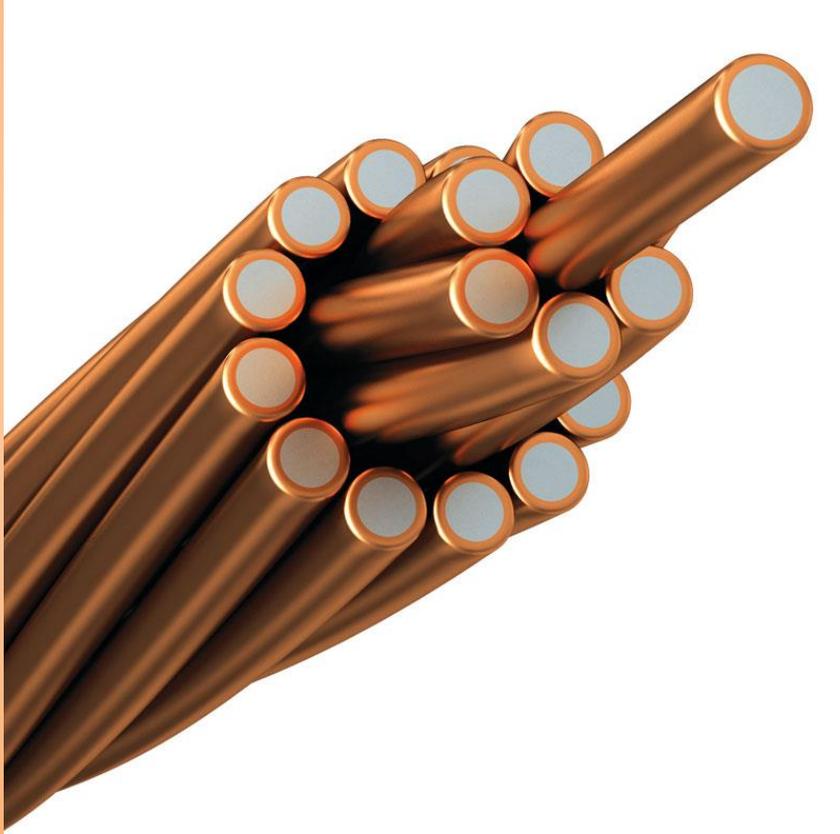
## CORROSIÓN EN S/E Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

# CONSIDERACIONES DE CORROSIÓN DE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

---

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



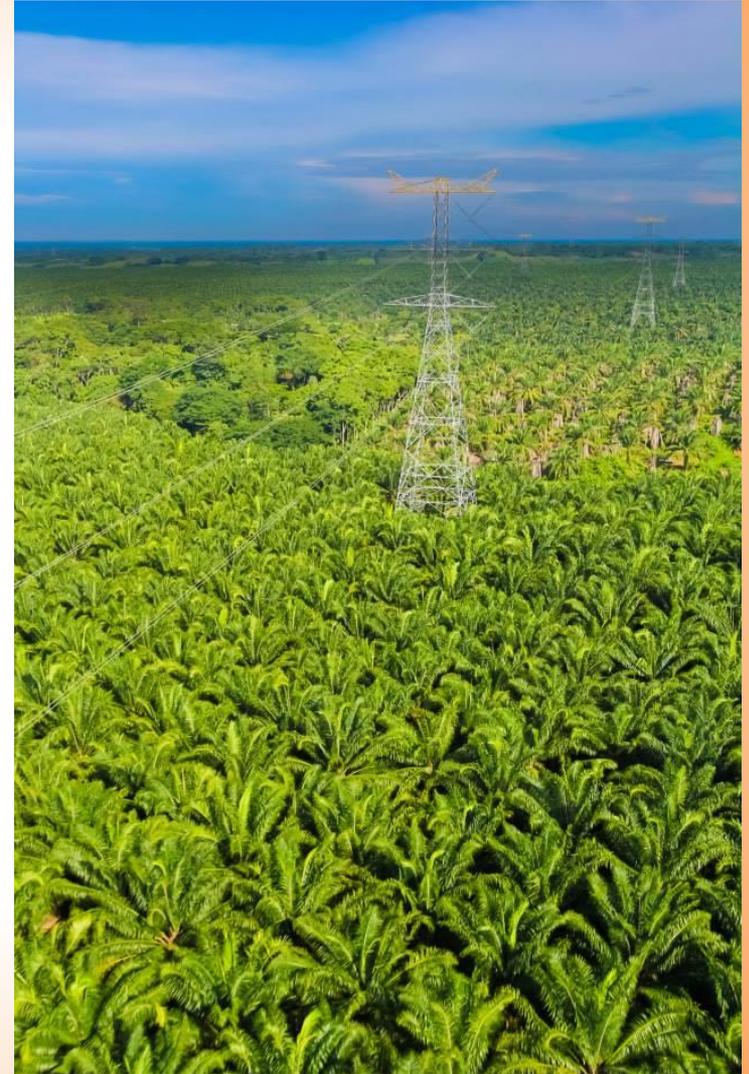
Sistema de puesta a tierra. Los componentes del sistema de puesta a tierra (SPT) tienden a perder su efectividad después de unos años, debido a corrosión, fallas eléctricas, daños mecánicos e impactos de rayos. Los trabajos de inspección y mantenimiento deben garantizar una continua actualización del SPT. Si una inspección muestra que se requieren reparaciones, estas deben ser realizadas sin retraso y no ser pospuestas hasta el próximo ciclo de mantenimiento.

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



VERIFICAR NUEVA PRESENCIA  
AGRÍCOLA CERCA DE LAS TORRES



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



## CONEXIONES



# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normatividades



## CONEXIONES

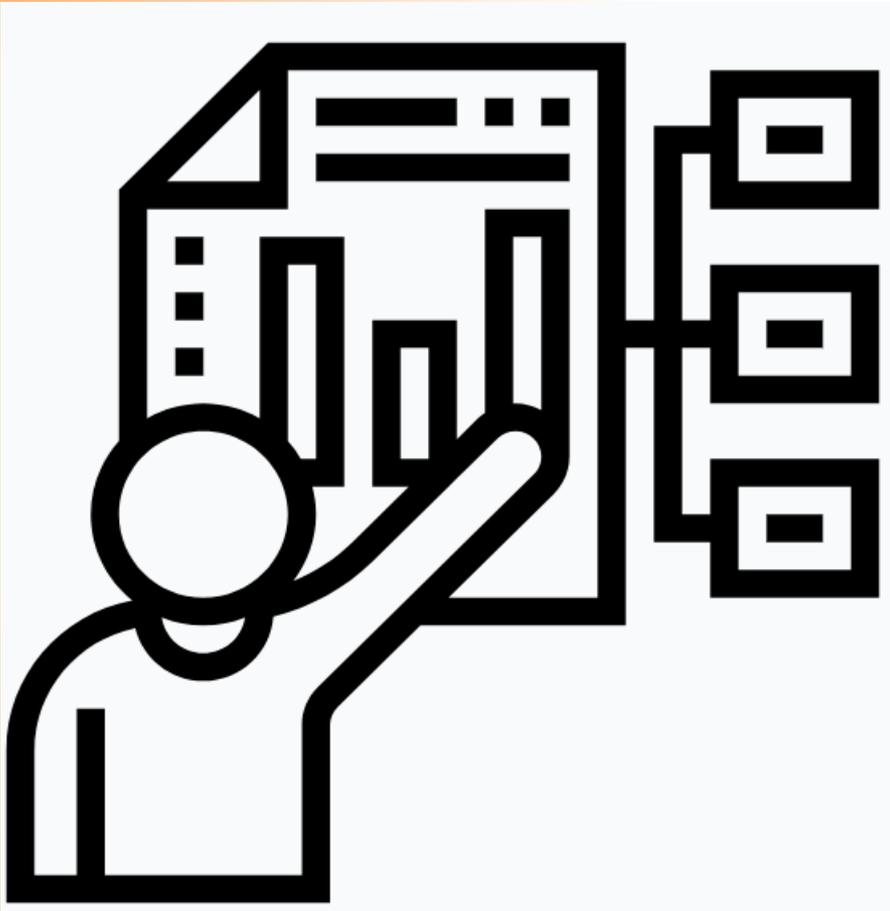


# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS

Acorde con las normativas



## PARÁMETROS A CONSIDERAR EN LA INSPECCIÓN DE LA PUESTA A TIERRA



Planos y documentos de diseño, Valores y dimensiones por:

- Cumplimiento normativo
- Requerimientos de Diseño

Valor de la  $R_{pat}$  documentando:

- Variación del valor en el tiempo (para propósitos de estimación)
- Valor actual vs Valor mínimo requerido

Verificar la condición de las conexiones

# CORROSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS



[www.kaizengrp.com](http://www.kaizengrp.com)

[www.korrosion-kgrp.com](http://www.korrosion-kgrp.com)

Ave. La Rotonda con calle Transversal  
P.H. Prime Time Tower  
Piso 20. Ofc. 20-18  
Costa del Este Panamá, Panamá

[negocios@kaizengrp.com](mailto:negocios@kaizengrp.com)

[negocios@korrosion-kgrp.com](mailto:negocios@korrosion-kgrp.com)