



Incab

# Problemas de campo con cables aéreos de fibra óptica, parte 1 - OPGW

**Leonardo Rojas**

Gerente de Ventas Internacionales

25 de enero de 2024

# CUMPLE CON EL RCEP

- Incab America ha cumplido con los estándares y requisitos del Programa de Educación Continua Registrado.
- El crédito obtenido al completar este programa se informará a RCEP.net.
- Los certificados de finalización se emitirán a todos los participantes a través del sistema en línea RCEP.net.
- Como tal, no incluye contenido que pueda considerarse o interpretarse como una aprobación o respaldo por parte del RCEP.

# PROPÓSITO Y OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

**Este curso le enseñará los mayores problemas que experimentan las empresas de servicios públicos con sus cables aéreos de fibra óptica y cómo prevenirlos (siempre que sea posible).**

Después de esta clase, usted será capaz de:

1. Indique que la mayoría de los OPGW se dañan durante el proceso de instalación.
2. Explique al menos seis (6) causas específicas de daños a OPGW durante la instalación y cómo prevenir cada una de ellas
3. Indique al menos tres (3) causas significativas de falla de OPGW después de la instalación y cómo mitigar cada una de ellas
4. Explique la tensión de la fibra
  - ¿Qué es?
  - ¿Por qué es importante?
  - Cómo afecta a la OPGW
  - ¿Cómo se puede controlar?
5. Explique por qué los problemas anteriores no desaparecen simplemente colocando cables de fibra óptica bajo tierra.

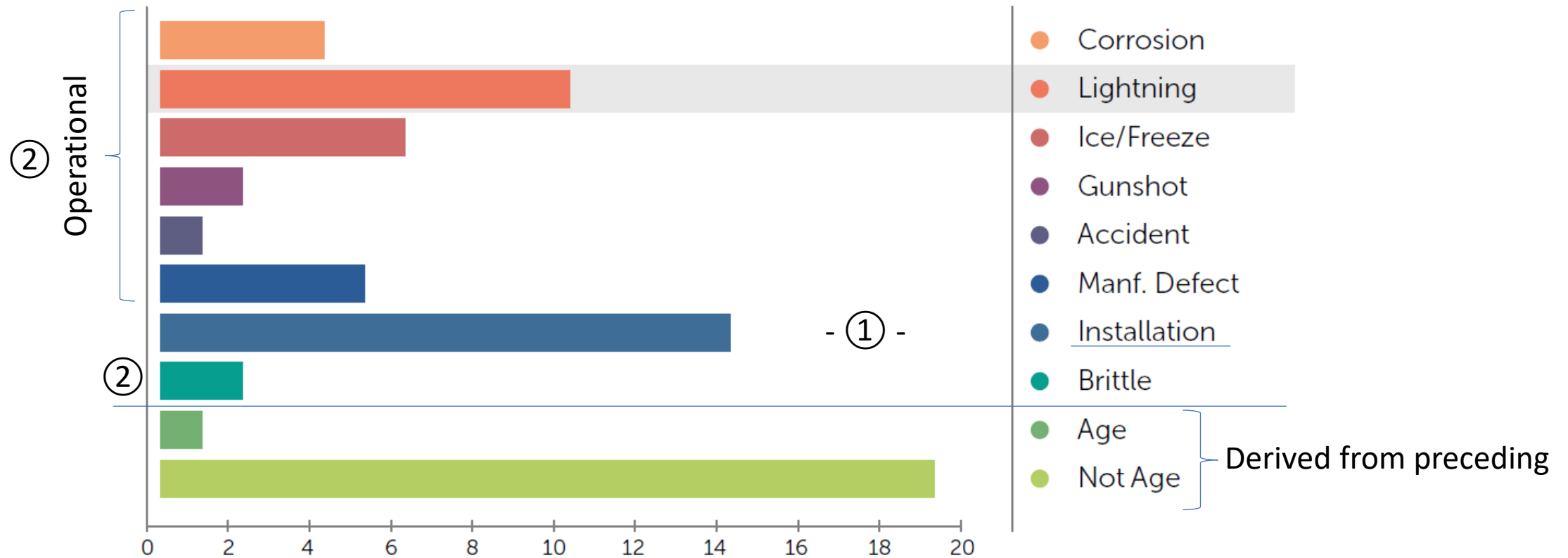
# Universidad Incab "Escuela de Excelencia en Fibra Óptica"

## Agenda

- Introducción
- Objetivos de aprendizaje
- Presentación
- Preguntas y respuestas  
(solo preguntas técnicas)
- ¡Empecemos!



# Considere este gráfico de fallas de OPGW por tipo



Source: 2017 UTC Telecom & Technology presentation by Mike Unser of Salt River Project (SRP) and Dan Newman of Burns & McDonnell

**Hablemos de todos estos problemas, especialmente de los 3 principales, y de cómo puedes evitarlos**

# Fallos inducidos por la instalación



# Fallos inducidos por la instalación

## Causas y soluciones

1. **Bloques de encordado:** pueden matar un cable de inmediato, pero a veces los efectos persisten
  - **Demasiado pequeño:** una superficie de apoyo insuficiente o una flexión excesiva pueden dañar la unidad óptica (especialmente aplanar la tubería de aluminio en tales diseños)
  - ¡Los llamados "bloques banana", "bloques agrupados" y "XS100" (bloques de distribución) son problemas (con "T" mayúscula)!
    - Nota: Estas son una variación de "demasiado pequeño"

### Soluciones:

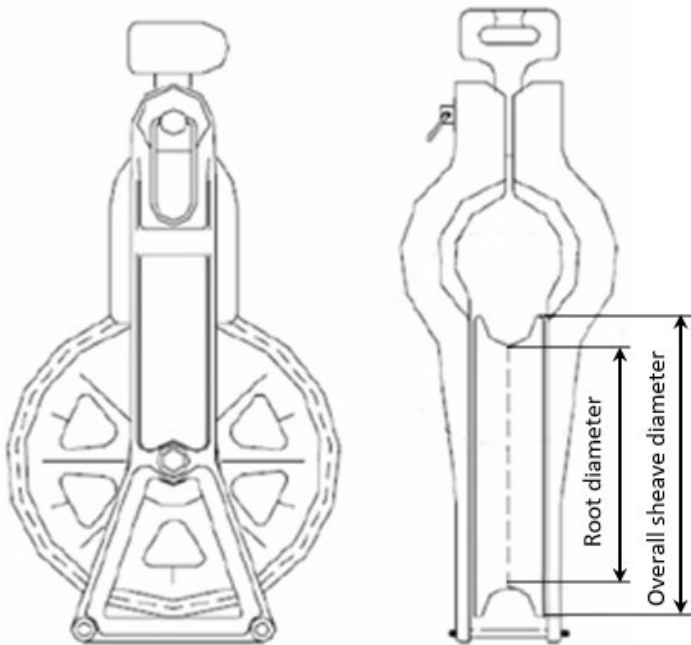
¡Siga las pautas del fabricante!

- El diámetro exterior del cable de 40 x debe ser su valor predeterminado: el proveedor puede permitir bloques más pequeños para algunos tipos de diseño u otorgar alivio en casos especiales
- A. ¡Nunca, nunca use "bloques banana", "bloques agrupados" o "XS100" (bloques de distribución)!

# Fallos inducidos por la instalación

Causas y soluciones

¡Ilustraciones!



¡El diámetro adecuado de la raíz es esencial!



¡Nunca vayas a la "Zona Roja" de las cuerdas de OPGW!



# Fallos inducidos por la instalación

## Causas y soluciones

2. **Flexión excesiva** = exceder el radio de curvatura mínimo del cable
  - Debe tener cuidado al pasar de un callejón sin salida a un recinto de empalme
  - Durante el clipping

### **Soluciones:**

¡Tenga cuidado y mantenga siempre el radio de curvatura mínimo del cable!

- Utilice un arco generoso cuando pase de un callejón sin salida a un recinto de empalme
- A. Debe tener cuidado al enganchar, especialmente al aflojar o sacar el cable

# Installation-induced failures

## Causes and Solutions

### 3. Tensión excesiva durante la extracción (> 20% RBS)

- No debería dañar la óptica, pero...
- Podría dar lugar a errores de pandeo porque los pandeos y las tensiones iniciales no asumen el alargamiento del cable; Si hay elongación, entonces...
  - Hundimiento a la derecha, pero tensión superior al diseño, o
  - Tensión correcta, pero pandeo más alto que el diseño

#### **Solución:**

Tenga cuidado de mantener la tensión máxima de tracción del cable

- Por lo general, 15 – 20% RBS, pero podría ser menos - ¡Debe consultar con el fabricante!
- Si un dispositivo antirrotación (ARD) se atasca, límpielo con cuidado
  - (¡No te limites a subir el extractor!)

# Fallos inducidos por la instalación

## Causas y soluciones

4. La abrasión o el desgaste durante la extracción pueden provocar corrosión. Las causas incluyen:
- El cable sale de la ranura del bloque y se arrastra a lo largo del marco
  - El bloque no gira libremente
  - Superficie de bloque dañada
  - Demasiada tensión en el momento del pago: también puede provocar que el extremo interno “salte a chorros”
  - Viento de cable suelto: puede hacer que el cable se tire hacia abajo a una capa inferior
    - El cable puede atascarse y luego torcerse al desatascarse ← ¡Un problema aún mayor!

### **Soluciones:**

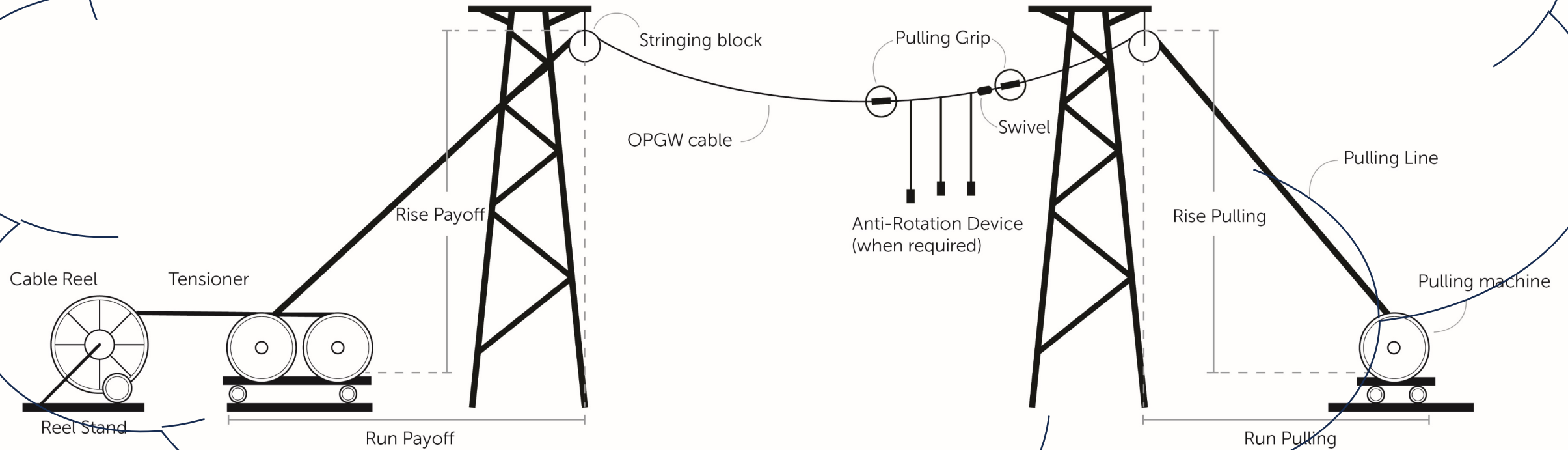
¡Asegúrese de que los bloques estén en excelentes condiciones antes de su uso!

- ¡Debe rotar libremente!
- ¡La superficie debe ser lisa!
- Mi experiencia: Los bloques de aluminio sin revestimiento funcionan mejor
  - Precaución: Algunos proveedores requieren bloques forrados

Recordar...

# Instalación de OPGW - Encordado

## Encordado de tensión controlada



Typical Set-up for Controlled Tension Stringing

# Fallos inducidos por la instalación

## Causas y soluciones

### **Soluciones, continuó:**

- B. Los bloques deben estar correctamente apoyados en ángulos (ver siguiente diapositiva)
- El bloque y el cable deben estar en el mismo plano
- C. La tensión de la espalda en el carrete solo debe estar "apretada a mano"
- Debes poder mover el cable hacia arriba y hacia abajo con la mano
- D. Verifique el viento del carrete y apriete todos los herrajes en los carretes de madera antes de comenzar a tirar
- Consejo 1 - Si el viento es flojo, el proveedor puede rebobinar el cable
  - Consejo 2 - Si la recompensa ya se ha estropeado, pruebe la lubricación (Slick 50) y afloje ligeramente los pernos ( $\approx 1/4$  de vuelta)

### Consejo 3 –

Si se producen rozaduras o abrasiones durante el tendido, debe consultar con el proveedor del cable

- Toma muchas fotos
- Obtenga una muestra de cable si es posible, luego puede verificar si el revestimiento de aluminio en el cable ACS se ha visto comprometido

# Fallos inducidos por la instalación

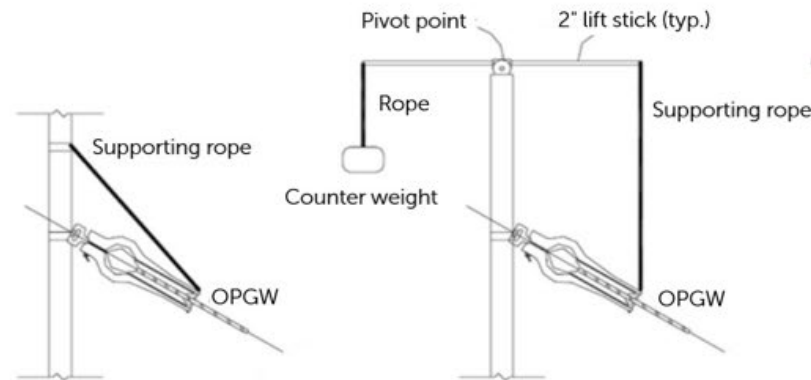
## Causas y soluciones

¡Ilustraciones!

- Los bloques necesitan apoyo en ángulos  $\geq 30^\circ$



Improperly supported sheave



Properly supported sheave  
(Can also be from underneath →)

Best supported sheave



Support from underneath block

¡El OPGW y el bloque deben estar en el mismo plano durante el tirón!  
- Si no lo estás, ¡entonces el cable puede subir y salir del bloque!

# Fallos inducidos por la instalación

## Causas y soluciones

5. **Tensión de flacidez incorrecta**– Debe ser "perfecto" (= como se diseñó)
- Demasiado alto: puede causar tensión en la fibra que conduce a problemas ópticos
  - Demasiado bajo: causará demasiado pandeo
    - Podría permitir que el cable se hunda en un conductor (u otra cosa)
    - También podría provocar fallos de blindaje

**Solución:**¡Siga (religiosamente) el gráfico o la tabla de pandeo diseñados!

# Fallos inducidos por la instalación

## Causas y soluciones

### 6. Daños causados por herramientas y accesorios- Puede deberse a:

- Diseño deficiente: no funciona según lo previsto
- Selección incorrecta: tamaño incorrecto o incorrecto para el tipo de cable
- Instalación incorrecta
  - Una "mención deshonrosa" especial a las tripulaciones que no siguen las instrucciones, especialmente para los callejones sin salida de tipo atornillado

#### Soluciones:

Sus proveedores de cables y hardware deben trabajar juntos como un equipo

- Pida al proveedor de cables que revise y apruebe el hardware que planea usar

#### A. Tenga cuidado con estos diseños de hardware:

- Callejones sin salida atornillados: ¿son más rápidos y fáciles de instalar como se afirma?
- Callejones sin salida de cuña deslizante: tienden a concentrar la tensión de retención en la boca en una distancia de acoplamiento que ya es corta
- Suspensiones tipo "zapato": el diseño de "cara abierta" parece acumular contaminación
- Suspensiones sin varillas: inherentemente proporcionan menos protección para el cable

#### B. ¡Las cuadrillas deben seguir el procedimiento de instalación del fabricante!

- Sugiera incluir todos los procedimientos en su especificación y paquete de construcción





# Fallos inducidos por la instalación

Causas y soluciones

¡Ilustraciones!

**Nunca use uno de estos**



○ cualquier accesorio o herramienta con una ranura de forma elíptica (ovalada) o triangular

# Fallos inducidos por la instalación

## Causas y soluciones

### 7. Conexión a tierra incorrecta

- ¡Crea un peligro para la seguridad de su personal!
- Una buena conexión a tierra ayuda a prevenir daños por rayos

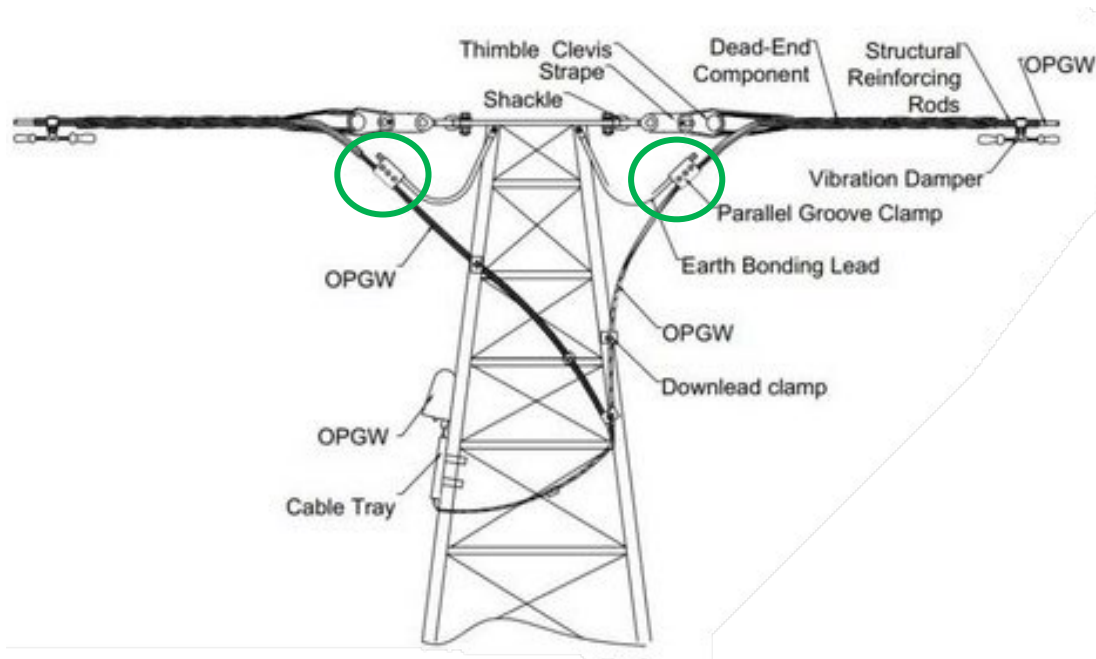
#### **Soluciones:**

- A. Las disposiciones para la conexión a tierra deben ser parte de su diseño y selección de hardware
- B. Los suelos deben revisarse después de la instalación y, si son deficientes, aumentarse o volver a trabajarse hasta que estén en buen estado
  - ¿Qué es "bueno"? Puede variar o ser debatido, pero sugiere  $< 50 \Omega$

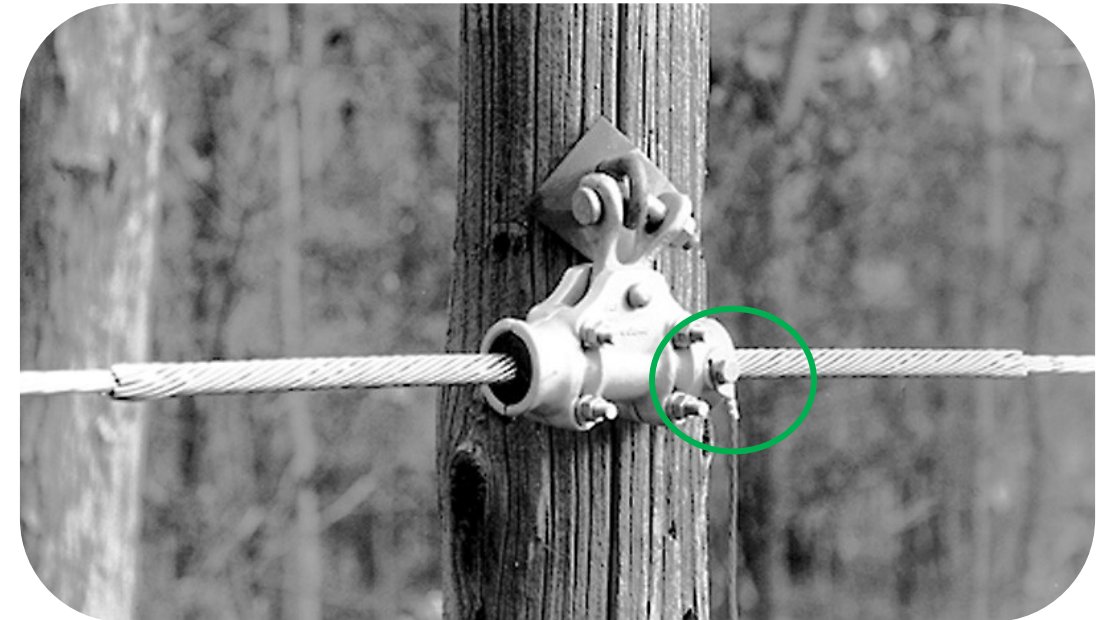
# Fallos inducidos por la instalación

## Causas y soluciones

¡Ilustraciones! La unión del cable se puede hacer directamente al cable o a través del hardware:



Pegado con abrazaderas PG en el OPGW



Pegado a través de los herrajes

# Fallos inducidos por la instalación

## Causas y soluciones

¡Ilustraciones! Conexión a tierra en la base de un poste o estructura



Ground

# Fallos operativos

# Fallos operativos

## Causas y soluciones

1. **Relámpagos** – Retiro: Segunda causa principal de falla de OPGW
  - Puede ser una falla inmediata y catastrófica
  - Puede ser a medio plazo: el cable roto se desenreda y entra en contacto con un conductor de fase
  - Puede ser a largo plazo: los cables dañados se corroen y el cable eventualmente falla en tensión

### Solutions:

- A. Diseño de cable adecuado para sus condiciones de iluminación (seminario web separado)
  - Observación: Los cables con hilos totalmente ACS en el exterior parecen funcionar mejor a largo plazo
- B. Una buena (= baja) resistencia a la zapata se correlaciona con un mejor rendimiento frente a los rayos
  - Significa "buena conexión a tierra" como ya se mencionó
- C. Respete la experiencia de su empresa de servicios públicos con el cable de blindaje convencional y OPGW
- D. Busca apaciguar a los Dioses del Cielo, o al menos evita enojarlos

# Fallos operativos

## Causas y soluciones

¡Ilustraciones!



Si se rompen suficientes cables, el cable fallará en tensión (podría retrasarse hasta que se produzca un evento de hielo o viento)

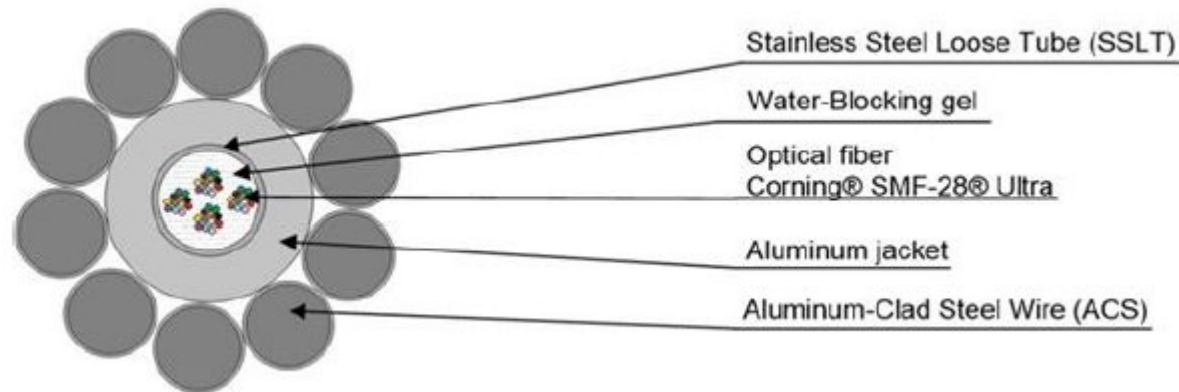


Este cable podría continuar desenredándose y dar lugar a un arco a un conductor de fase que se encuentra debajo

# Fallos operativos

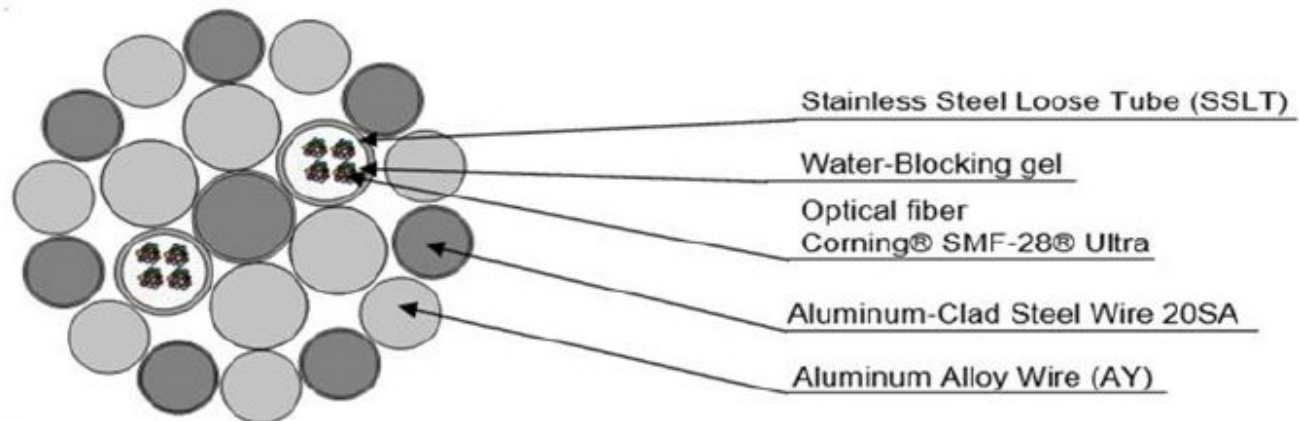
## Causas y soluciones

¡Ilustraciones! Capa exterior totalmente ACS frente a capa exterior mixta ACS/AY



Capa exterior All-ACS

Capa exterior mixta ACS/AY



Notas:

1. Hay compensaciones en el diseño
2. Independiente del tipo de diseño



# Fallos operativos

## Causas y soluciones

2. **Disparos** (empate con Agua/Hielo en el segundo caso de falla operativa más importante)

- Pequeño consuelo para diferenciar entre los golpes intencionales (OPGW como objetivo) y los golpes no intencionales (el objetivo era un pájaro u otra cosa)
- Por lo general, conduce a daños ópticos inmediatos

### **Soluciones:**

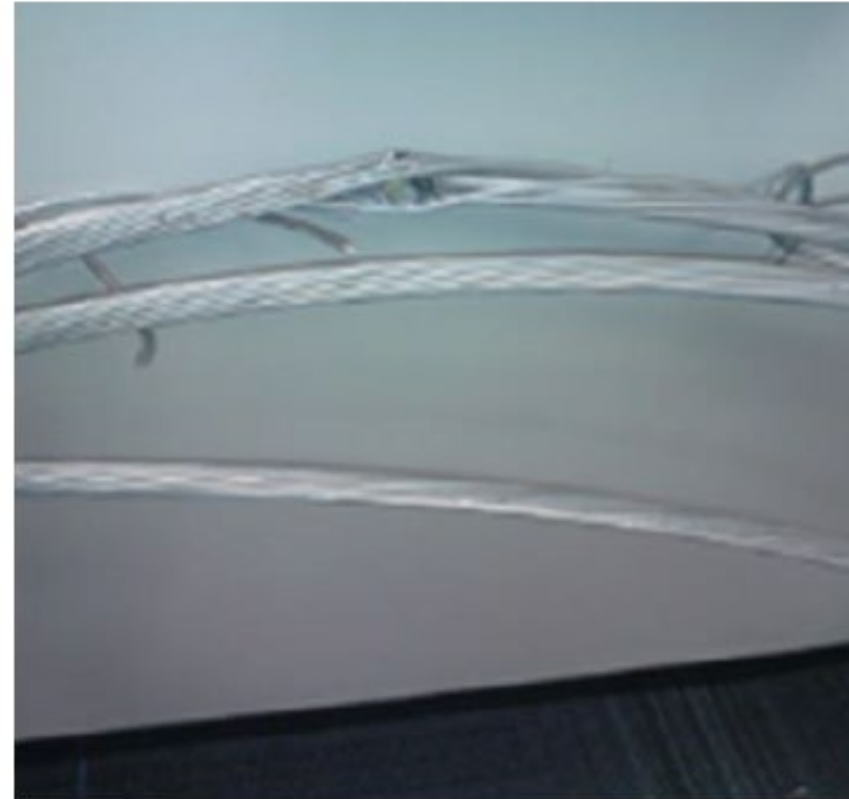
No hay solución; Solo medidas atenuantes:

- Prepárese para usar un OTDR para identificar la ubicación
- Tenga un buen plan de restauración de emergencia que incluya:
  - Cable de repuesto (¿en un carrete de acero?), más
  - Accesorios (al menos un par de callejones sin salida y una carcasa de empalme)
- ¿Suplicar venganza a tu diosa cazadora favorita (Diana, Artemisa, Astarté y otros)?

# Fallos operativos

## Causas y soluciones

¡Ilustraciones! Daño por arma de fuego



# Fallos operativos

## Causas y soluciones

### 3. Hielo/Congelación (Empate con disparos)

- Limitado (¿en su mayoría?) a diseños con tubos centrales de tubos de aluminio
- La tubería se rompe, el agua entra, migra a la mitad del tramo y se congela (se expande)
  - Causas de la brecha: flexión excesiva durante la instalación, vibración eólica, daños por disparos, falla de soldadura
- La expansión durante la congelación aplasta o rompe la unidad óptica, los tubos o las fibras

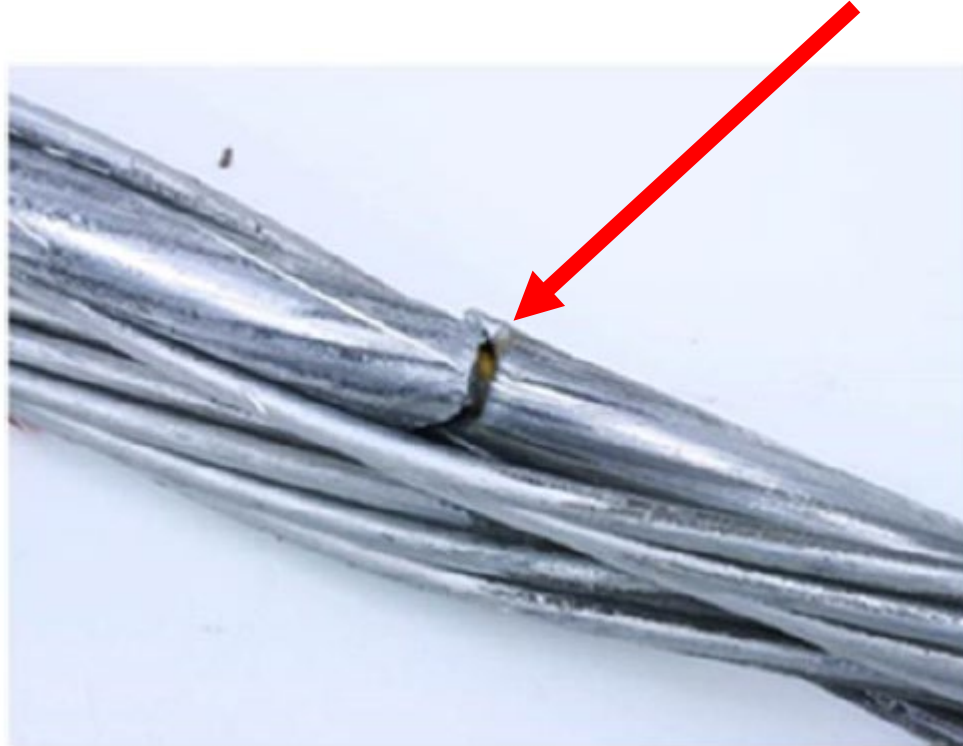
#### **Soluciones:**

- A. Incorporar elementos absorbentes de agua (cinta o hilo) en el diseño de la unidad óptica
  - Si el tubo se rompe, eventualmente es probable que la óptica siga fallando, pero debería ver señales de advertencia en lugar de sin ella
- B. La técnica de instalación adecuada es imprescindible para la tubería de aluminio tipo OPGW
- C. El control de movimiento adecuado también es imprescindible
  - Los SVD son seguros baratos; Spoilers de flujo de aire si se encuentra en terreno propenso al galope
- D. Mejor si la tubería de aluminio se fabrica mediante extrusión en lugar de soldadura
  - La técnica de corrientes de Foucault no funciona bien con aluminio, pero tal vez podría ser otra solución

# Fallos operativos

## Causas y soluciones

¡Ilustraciones!



Tubería de aluminio rota: el agua entrará  
(solo pueden suceder cosas malas después de eso)

Comentario:  
Se atribuye a una rotura durante la instalación, pero me parece una rotura por fatiga (vibración eólica)

# Fallos operativos

## Causas y soluciones

### 4. Corrosión

- Puede ser consecuencia de una instalación incorrecta o daños por rayos, como ya se mencionó
- También puede ser una consecuencia del entorno, especialmente para un tipo de diseño ya desaparecido
- Un tipo específico de fabricación de alambre ACS es más susceptible a este problema

#### **Soluciones:**

- A. Se debe dar una buena instalación y un buen diseño para la iluminación
- B. Zonas costeras y localidades con alto contenido en sal
  - Algunos piensan que los diseños de tubos sueltos de acero inoxidable trenzado (SSLT) son vulnerables a la corrosión en estas áreas, pero
    - No se conocen fallos sin otras "comorbilidades"
    - El rendimiento de campo en EE. UU. ha sido excelente durante 30 años
  - Los diseños de tipo de núcleo ranurado tenían fallas en tales entornos, pero ya no se usaban
- C. El alambre ACS debe fabricarse mediante el proceso de tipo "conformación" (extrusión)
  - El proceso de tipo polvo puede dejar grietas microscópicas en el revestimiento

# Fallos operativos

## Causas y soluciones

¡Ilustraciones!



Daños por corrosión causados por el guano de aves

Los cables se han corroído y roto

Tubería rota también: apenas se pueden ver los tubos de amortiguación de plástico expuestos

# Fallos operativos

## Causas y soluciones

### 5. Otros mencionados en el informe UTC

- "Buitres" - Un "sabor" específico de corrosión
  - Tiende a ocurrir en lugares específicos y causar problemas en o cerca de estructuras
  - También se asocia con suspensiones tipo zapata de suspensión "abiertas"
    - ➔ Mitigue con las cubiertas protectoras disponibles (ejemplo: cubierta PLP "Raptor Protector")
- "Defecto de fabricación" puede ser:
- Mal diseño o fabricación de la unidad óptica que permite la tensión de la fibra (!)
  - Soldadura defectuosa, ya sea en un tubo suelto de acero inoxidable (SSLT) o en una tubería de aluminio
    - ➔ Compre a un proveedor de calidad con un historial comprobado

(Comentario para las empresas de servicios públicos de EE. UU.: ¿Vale la pena el riesgo de abastecerse de un proveedor extranjero nuevo en nuestro mercado?

- A menudo encuentran nuestro mercado difícil y desaparecen después de unos años... solo digo)

# Fallos operativos

## Causas y soluciones

### 5. Otros mencionados en el informe de UTC, continuaron

- La "edad" es el sustituto de otro problema, como la corrosión, la tensión excesiva o la deformación de la fibra (!)
  - Además, tenga en cuenta que la especificación de fibra para el envejecimiento por calor y el calor húmedo  $\leq 0,05$  dB/km
  - Por lo tanto, ¡cualquier aumento por encima de este nivel debe ser otra cosa!
- La "fragilidad" es un defecto de fabricación o una deformación de fibra (!)
  - Fibra mal hecha (proveedor de fibra) o fibra mal manejada (proveedor de cable)
  - No solo la temperatura, ya que el rango estándar para la fibra es de  $-60$  °C a  $+85$  °C (recuerde "Envejecimiento por calor" anterior)
  - No solo el agua, porque hoy en día todas las fibras tienen protección contra el hidrógeno (recuerde "Calor húmedo" más arriba)
- Los "accidentes" son en su mayoría cosas del tipo "noticias de lo raro"
  - → Lo mejor que puedes hacer es tener un buen plan de respuesta a emergencias

Fíjate en todas las referencias a la deformación de la fibra... Vamos a ver eso...



# Fallos ópticos

¡La tensión de fibra mata las fibras ópticas y, por lo tanto, los cables de fibra óptica!

- ¿Qué es la cepa de fibra? Respuesta: Cuando las fibras tienen tensión
- ¿Por qué debería importarte?

Conceptos clave como antecedentes

- Cada cable tiene un punto de "margen de tensión de fibra cero" (ZFSM)
- Por debajo de ZFSM, las fibras no tienen tensión (¡Tensión = 0% = buena!)
- Por encima de ZFSM, las fibras tienen tensión (¡Tensión > 0% = mala!)
- A la tensión nominal máxima de diseño (MRDT = carga nominal máxima del cable (MRCL)) puede haber tensión de la fibra o no, dependiendo del diseño del cable

# Fallos operativos

¡La tensión de fibra mata las fibras ópticas y, por lo tanto, los cables de fibra óptica!

- ¿Por qué debería importarte?
  - Según Corning (y otros), la probabilidad de falla de la fibra si la deformación = 0.2% es "muy baja"
    - La vida útil esperada cuando la tensión = 0.2% en fibra estándar es de 40+ años (una probabilidad, no una garantía)
  - Mayor deformación = aumento de la probabilidad de fallo
    - La vida útil esperada cuando la tensión = 0.3% es de 40 días (¡Vaya!)
    - Los efectos de la tensión "alta" se acumulan con el tiempo
    - Es decir, la vida útil esperada se reduce incluso si la deformación vuelve al 0%
    - ¿Por qué? Debido a daños microscópicos en el núcleo o el revestimiento
    - Por lo tanto, si este año, 1 día de tensión al 0,3%, entonces la "asignación" de tensión en el futuro se reduce a 39 días
    - La carga cíclica es un factor compuesto porque la fibra es de vidrio y es fuerte, pero quebradiza

# Fallos operativos

¡La tensión de fibra mata las fibras ópticas y, por lo tanto, los cables de fibra óptica!

- ¿De dónde viene la cepa de fibra? Fuentes en funcionamiento
  - Diseño de cables
    - Los tres tipos de diseño utilizados hoy en día tienen diferentes ZFSM inherentes (Ver también OPGW Engineering 101)
      - Tubo central (Incab tipo C o CA)  $\approx$  40 – 50% RBS
      - Tubería de aluminio (Incab tipo AP)  $\approx$  50 – 60% RBS
      - SSLT trenzado (Incab Tipo S)  $\approx$  80% RBS (o más)
  - Fabricación de cables
    - "As-made" podría ser más bajo que el diseñado si se controla mal el exceso de longitud de fibra (EFL)
    - Un procesamiento deficiente puede dañar la fibra (microscópicamente)
  - Condiciones de funcionamiento
    - Las condiciones de viento o hielo hacen que el cable experimente tensiones más altas de lo diseñado, y/o
    - Más tiempo bajo tensión de lo esperado

# Fallos operativos

¡La tensión de fibra mata las fibras ópticas y, por lo tanto, los cables de fibra óptica!

- Soluciones – Dejar "No se esfuerce; No hay problema" sé tu guía general
  - Diseño del cable: sepa si puede esperar tener tensión o no
    - Directriz básica: 0% de esfuerzo "todos los días" (sin hielo/sin viento);  $\leq 0,2\%$  de tensión con su carga máxima de hielo/viento
    - Tenga en cuenta el ZFSM del cable teniendo en cuenta tanto los criterios de carga de código como la carga real en su área
      - El código es una guía; Respeta tu realidad
    - Todos los proveedores conocen el ZFSM de su cable, pero a menudo hay que pedirlo
      - Tenga esto en cuenta cuidadosamente durante el proceso de selección de cables
  - Fabricación de cables: sepa que su proveedor tiene control EFL en proceso para tubos
    - Todos los tipos de tubos deben tener 0.25% o más
  - Condiciones de funcionamiento
    - Recopile datos meteorológicos y busque el clima donde se esperaría tensión
    - Estimar el nivel de deformación y el tiempo de exposición para ajustar la vida útil esperada
      - Trabajando en una directriz para esto



¡Puede predecir cuándo es probable que su ADSS tenga problemas!

# ¡Dios mío! ¿Quizás debería pasar a la clandestinidad?!

- ¡Parece un alto riesgo de problemas!
- ¡Mantén la calma! Ten en cuenta el contexto
  - ¡OPGW todavía tiene un excelente historial!  
Buen diseño de cable + Buena fabricación + Buen hardware + Buena instalación  
= 50+ años de vida útil (Ontario Hydro piensa que 70 años son realistas)
  - Los cables subterráneos también tienen problemas
    - Roedores, especialmente ratas.
    - (Pícaro) Retroexcavadoras – Las excavadoras son el asesino #1 de los sistemas subterráneos de todo tipo
      - La reparación de sistemas subterráneos tiende a ser más difícil, lleva más tiempo y cuesta más

¡OPGW sigue siendo el estándar de referencia para poner fibra en las líneas de transmisión!

# Agradecimiento a la UTC

- El informe de investigación del Subcomité de Fibra UTC sobre el ciclo de vida de OPGW fue mi punto de partida para este seminario web y es una gran fuente de información
  - Muchas de las ilustraciones son de ese informe
- Ofrezco a la UTC mi gratitud por su trabajo
- Te ofrezco el consejo de que puedes obtener este informe de la UTC en:
  - <https://utc.org/resources/#research>
- Tienen un informe similar para ADSS que será mi punto de partida para la Parte 2 de esta serie sobre Problemas de Campo con Cables de Fibra Óptica Aérea



Incab

# Gracias

[INCABAMERICA.COM](http://INCABAMERICA.COM)