



ORGANIZZAZIONE INTERNAZIONALE TRASPORTI A FUNE
INTERNATIONALE ORGANISATION FÜR DAS SEILBAHNWESEN
ORGANISATION INTERNATIONALE DES TRANSPORTS A CABLES
INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR TRANSPORTATION BY ROPE
ORGANISACION INTERNACIONAL DES TRANSPORTES POR CABLE

Recomendaciones técnicas para la fuerza

CUADERNO N. 30
(Edición 2019)

Recomendaciones para la mejora de la Inspección Visual de cables de acero (IV)

Esta recomendación no es de aplicación obligatoria, pero constituye un documento de trabajo a disposición de la profesión. Su aplicación sería deseable en todos los países, sin perjuicio de las normas nacionales y de las disposiciones administrativas que prevalecen en cada caso.



ROMA 1957
PARIS 1963
LUZERN 1969
WIEN 1975
MÜNCHEN 1981
GRENOBLE 1987
BARCELONA 1993
SAN FRANCISCO 1999
INNSBRUCK 2005
RIO DE JANEIRO 2011
BOLZANO – BOZEN 2017

ORGANIZZAZIONE INTERNAZIONALE TRASPORTI A FUNE
INTERNATIONALE ORGANISATION FÜR DAS SEILBAHNWESEN
ORGANISATION INTERNATIONALE DES TRANSPORTS A CABLES
INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR TRANSPORTATION BY ROPE
ORGANISACION INTERNACIONAL DES TRANSPORTES POR CABLE

Sede : I-00144 ROMA – Viale Pasteur, 10

OITAF

OITAF - RECOMENDACIÓN

Cuaderno n.º 30

Edición 2019

Recomendaciones para la mejora de la Inspección Visual de cables de acero (IV)

Redactado por la Comisión de estudio n.º II de la OITAF

Contenido

Contenido.....	2
1 Introducción.....	4
1.1 Contexto y alcance.....	4
1.2 Panorama histórico	5
1.3 Diferenciación con el Ensayo Magnetográfico (MRT).....	5
2 Necesidad de la inspección visual de cables	7
3 Condiciones actuales de inspección.....	12
3.1 Generalidades.....	12
3.2 Situación en cables carriles.....	15
3.3 Situación en estaciones modulares estandarizadas para telesillas monocable	16
4 Preparación de las pruebas de campo	17
4.1 Primera prueba de campo	17
4.2 Segunda prueba de campo	17
4.3 Reproducción artificial de los defectos	18
4.3.1 Reproducción artificial de las descargas atmosféricas	18
4.3.2 Reproducción artificial de roturas de alambres.....	20
4.3.3 Reproducción artificial de la corrosión.....	21
4.3.4 Reproducción artificial de aplastamientos y melladuras	22
4.3.5 Incorporación de los daños artificiales para la prueba de campo	23
4.4 Preparación de los cuestionarios.....	24
4.5 Selección de los distintos tipos de inspecciones	24
5 Resultados y evaluación de las pruebas de campo	27
5.1 Evaluación de respuestas a cuestionario previo a la inspección	27
5.2 Determinación de la tasa de detección de fallas.....	31
5.2.1 Tasa de detección de fallas según el tipo de inspección	31
5.2.2 Tasa de detección de fallas según el tipo del defecto.....	32
5.2.3 Relación entre la tasa de detección de fallas y la experiencia previa	34
5.3 Medición del diámetro y del paso en un cable de acero	36
5.4 Inspección utilizando media de nylon	39
5.5 Inspección utilizando un espejo.....	41
5.6 Influencia de los colores de fondo durante una inspección.....	44
5.7 Inspección en cable carril.....	44
6 Sistema de calificación para la inspección visual de cables.....	46
7 Informe de una inspección visual de cables de acero.....	55

8	Inspección mediante dispositivo óptico (OID)	56
9	Resumen.....	60
10	Bibliografía	62
	Anexo.....	63
	Cuestionario previo a la inspección.....	63
	Cuestionario posterior a la inspección	70
	Modelo de Informe.....	74
	Calificación del entorno de inspección	75

Contribuyentes: En orden alfabético

Urs Amiet (OFT, Bern, CH), Peter Baldinger (Teufelberger Seil GmbH, Wels, AT), Markus Beck (Doppelmayr Seilbahnen GmbH, Wolfurt, AT), Rudolf Beha (LEITNER AG, IT), Ueli Blessing (IKSS, Spiez, CH), George Boyden (SANDIA PEAK TRAM CO, USA), Stéphane Contardo (STRMTG, St. Martin d'Herès, FR), Marina Härtel (IFT STUTTGART, DE), Peter Huber VDS (Zugspitzbahn AG, Garmisch, DE), Bruno Longatti (IKSS, Spiez, CH), Konstantin Kühner (Jakob AG, Trubschachen, CH), Reinhard Lauber (Zermatt Bergbahnen AG, Zermatt, CH), Stefan Messmer (IWT, Wallisellen, CH), Stephane Pernot (LETSCAN, FR), Josef Sutter (Doppelmayr Seilbahnen GmbH, Wolfurt, AT), Ignacio Talatinian (INTI, Buenos Aires, AR), Sebastian Traub (Rotec GmbH, Aspach, DE), Mathieu Weiss (STRMTG, St. Martin d'Herès, FR), Oliver Reinelt (Fatzer AG, Romanshorn, CH), Sven Winter (Chairman) (Rotec GmbH, Aspach, DE)

1 Introducción

Resumen: El presente documento describe las últimas innovaciones para llevar a cabo la inspección visual de cables, a fin de garantizar la seguridad en la operación de los medios de transporte por cable. También provee recomendaciones para mejorar la situación actual de las condiciones de su inspección.

Inspección visual de cables (IV): La inspección visual de cables es un procedimiento de ensayo llevado a cabo por el operador del teleférico. Esta publicación describe el procedimiento de inspección para las inspecciones tipo A y C.

En un futuro, la norma prEN 12927 establecerá tres tipos de inspecciones según se observa en la Tabla 1-1, que especificará la velocidad permitida durante una inspección. “Con el fin de ubicar un defecto grave, una inspección visual tipo C puede ser utilizada en lugar de una tipo A, en el caso de una inspección extraordinaria de cualquier tipo de cable. Siendo el tipo C una inspección para casos extraordinarios, no reinicia el conteo para la siguiente inspección.” [1]

La presente recomendación se centra únicamente en los tipos A y C, y trata los casos de inspección visual para cables tractores, portadores, portadores-tractores. Los cables estructurales no están cubiertos en este documento.

Tabla 1-1: Tipos de inspección según prEN 12927 [1]

Parámetro	Tipo A	Tipo B	Tipo C
Velocidad	< 0.3 m/s	0	< 1 m/s
Parada a demanda	Si	No aplica	Si

1.1 Contexto y alcance

Estas recomendaciones están destinadas a operadores de teleféricos, fabricantes de cables e instalaciones, así como también a las compañías de inspección de cables, empalmadores, y para toda la gran comunidad del transporte por cable.

Supongamos que se plantean preguntas tan simples como las siguientes entre los operadores de medios de transporte por cable:

- ¿Qué opina de la inspección visual de cables?
- ¿En qué medida confía en sus resultados?

La mayoría de las respuestas serían similares a las siguientes afirmaciones opuestas:

“ La inspección visual de cables (IV) es una pérdida de tiempo y no se puede realizar ”

“ La IV provee resultados confiables, da una idea de la condición actual de mis cables ”

El presente libro:

- Describe las buenas prácticas para llevar a cabo una inspección.
- Describe cómo evaluar las condiciones de la IV según el lugar de trabajo, y cómo documentarla.
- Proporciona una guía para mejorar la tasa de detección de fallas y, por consiguiente, mejorar la calidad de la IV.

El objetivo principal de este libro es hacer posible que todos los lectores reconozcan la importancia de la IV, y cómo ejecutarla de manera apropiada.

1.2 Panorama histórico

Años atrás, la inspección visual era el único método para evaluar la condición de un cable. Con la llegada del ensayo magnetográfico (MRT) ¹ en los años 50, la inspección visual de cables fue dejada de lado paulatinamente, aún siendo indicada en regulaciones y normas nacionales e internacionales.

Durante los últimos años, una serie de incidentes e interrupciones en la operación de teleféricos, condujeron a reconsiderar su uso. A pesar de que la norma EN 12927, e incluso otras normas y regulaciones especifican los intervalos de inspección, no está descrito en ellas en detalle el procedimiento de ensayo.

El objetivo de este libro es llenar ese vacío de información.

1.3 Diferenciación con el Ensayo Magnetográfico (MRT)

La Inspección Visual de cables es utilizada para detectar defectos superficiales y para poder determinar estado real de la capa externa de un cable de acero. En los siguientes capítulos se explicarán los distintos tipos de defectos o fallas superficiales que deben detectarse en una IV así como sus causas.

El ensayo magnetográfico (MRT) es adecuado para detectar roturas de alambres internos y aquellas que yacen ocultas en entre cordones. Para el ensayo MRT el cable se magnetiza a lo largo de su eje hasta la saturación. Si hay daños en el cable, por ejemplo roturas de alambres o un defecto local, estos daños causan un cambio en el campo de fuga. [2, 3] La inspección visual de cables puede ser preventiva, ya que los daños pueden ser detectados antes de que ocurran. [4]

Para garantizar una prolongada vida útil del cable, es altamente recomendado poder combinar la Inspección Visual y el Ensayo Magnetográfico (ver Tabla1-2). [2, 5]

Tabla 1-2: Combinación de Inspección Visual y MRT [2]

Ensayo Magnetográfico	Combinación	Inspección Visual
<p>Rotura de alambres internos</p> <p>Rotura de alambres en zona de contacto entre cordones</p>	<p>Corrosión elevada</p> <p>Daños severos en alambres</p> <p>Rotura de alambres externos</p> <p>Aplastamientos en zonas de apriete de pinzas</p> <p>Impacto de descargas atmosféricas</p>	<p>Alambres retorcidos</p> <p>Aplastamientos, muescas, rayones</p> <p>Rozamiento entre cordones</p> <p>Principios de corrosión</p> <p>Distorsión de alambres</p> <p>Discontinuidad en la simetría del cable</p>

2 Necesidad de la inspección visual de cables

Como ya se mencionó en el capítulo anterior, la inspección visual de cables es adecuada para detectar cambios y daños en la superficie del cable. Como se muestra en la Tabla 1-2, no es posible detectar todos los defectos superficiales con un ensayo magnetográfico antes de que estos alcancen un nivel de daño elevado.

En los siguientes ejemplos se muestran los riesgos y consecuencias que pueden generar una serie de incidentes.

Caso 1: Deslizamiento de una mordaza

Este caso muestra el gran daño que puede causar el resbalamiento de una mordaza (ej. martensita por fricción) resultando en una fragilización de la superficie y en eventuales roturas de alambres si el daño no se detecta a tiempo. En este caso no se ejecutó la inspección visual y el daño que abarcaba una longitud de 41 cm, no fue detectado hasta el siguiente ensayo magnetográfico. En ese momento, la pérdida de sección metálica ya había alcanzado el 40%.



Figura 2-1: Daños por deslizamiento de mordaza



Figura 2-2: Daños por deslizamiento de mordaza

Caso 2: Deformación en entradas de empalme

En este caso, no se detectó la deformación de una de las entradas del empalme, lo que condujo a la rotura de alambres en la zona de contacto entre cordones. Cuando se detectó el daño, ya no era posible realizar una reparación tradicional, por lo que se tuvo que reemplazar todo el cordón. Poco tiempo después, se debió reemplazar todo el cable.



Figura 2-3: Deformación en entrada de empalme, con múltiples roturas de alambres

Caso 3: Daños por la circulación de corriente eléctrica

El paso de corriente eléctrica a través del cable puede causar daños severos. La Figura 2-4 y la Figura 2-5 muestran daños relativamente pequeños, mientras que la Figura 2-6 y Figura 2-7 muestran daños masivos. De ocurrir este incidente, se debe ejecutar una inspección extraordinaria a fin de detectar inmediatamente los daños, y de ser necesario realizar la reparación correspondiente. Incluso aquellos daños supuestos como pequeños pueden tener un gran impacto, ya que de no ser detectados a tiempo podrían conducir al descarte.



Figura 2-4: Daño por circulación de corriente



Figura 2-5: Daño por circulación de corriente



Figura 2-6: Daño por circulación de corriente



Figura 2-7: Daño por circulación de corriente

Caso 4: Daños en cable portante

La Figura 2-8 muestra los daños ocasionados en un cable portante en donde una serie de alambres exteriores se cortaron y salieron de su posición. El daño se produjo durante el desplazamiento del cable, cuando repentinamente el cable deslizó sobre uno de los apoyos manteniendo una relación D/d menor a la debida.

El cable sufrió daños mecánicos evidentes durante el desplazamiento. La Figura 2-9 muestra marcas de desgaste y corrosión. Esto se debe a la corrosión por tensión inducida por hidrógeno, que da lugar a micro grietas en el área de desgaste. Los daños no se percibieron durante el ensayo magnetográfico. [6]

La conclusión principal de este accidente, resulta en la importancia de inspeccionar el cable por completo luego de realizar el desplazamiento de un cable portante, a fin de poder detectar y reparar los daños con anticipación.

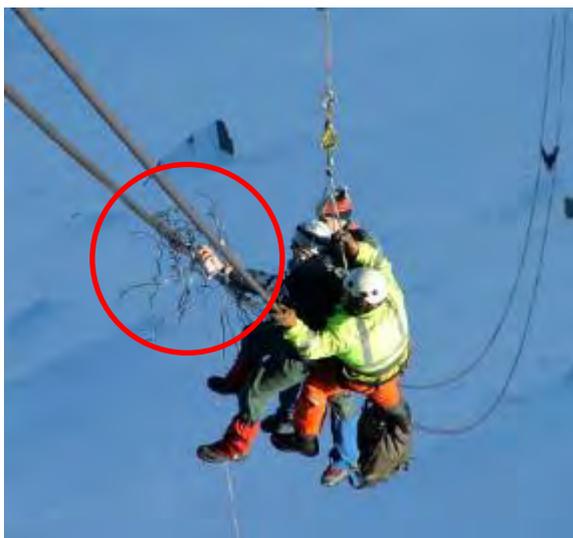


Figura 2-8: Cable portante dañado [6]



Figura 2-9: Cable portante dañado - Detalle [6]

Caso 5: Descargas atmosféricas

Las Figuras 2-10 a Figura 2-13 muestran una serie de daños producto del impacto de descargas atmosféricas en cables a cordones y en cables cerrados.

La Figura 2-14 muestra el punto de impacto de un rayo en la parte inferior de un cable, mientras que en la Figura 2-15 se observa el punto de salida del mismo. En ninguno de los casos se detectó un daño visible, sin embargo el ensayo MRT reflejó amplitudes asimétricas no separables, lo que indicaría dos roturas de alambres internos. Si bien la discontinuidad fue mencionada en el informe, su potencial de riesgo sólo se detectó en un segundo ensayo MRT, que incluyó también una inspección visual aleatoria. Luego de esto tuvo que detenerse la operación de la instalación y el cable tuvo que ser reemplazado, ya que en este punto la reparación del cable no resultaba posible.

Las descargas atmosféricas pueden provocar una pérdida de material en los alambres, superficies filosas, cambios estructurales en el material y aparición de martensita, y por lo tanto, pueden dar lugar a la aparición de roturas de alambres en el largo plazo (descripción detallada en el capítulo 4.3.1). En caso de saber que una instalación es propensa a sufrir descargas atmosféricas, se debe realizar una inspección visual luego de cada tormenta eléctrica, a fin de detectar posibles daños.²



Figura 2-10: Descarga atmosférica en cable a cordones



Figura 2-11: Descarga atmosférica en cable cerrado



Figura 2-12: Daño mayor en cable a cordones por descarga atmosférica



Figura 2-13: Descarga atmosférica en cable cerrado



Figura 2-14: Punto de impacto en la cara inferior del cable



Figura 2-15: Punto de escape de corriente por la cara lateral del cable

3 Condiciones actuales de inspección

3.1 Generalidades

Las condiciones de ensayo para la inspección visual de cables suelen ser insuficientes, principalmente en lo que refiere al puesto de trabajo.

- A menudo, los espacios son limitados (ver Figura 3-1), o la inspección se debe realizar utilizando escaleras (ver Figura 3-2)
- Los inspectores deben sentarse o permanecer de pie en posiciones incómodas por intervalos largos (Figura 3-1)
- A veces, sólo un inspector lleva a cabo la inspección utilizando un espejo para observar de manera simultánea la cara opuesta del cable.¹
- Durante la inspección de cables portantes se debe prestar especial atención a las condiciones de seguridad (ver Figura 3-8 a Figura 3-11)
- Suele haber malas condiciones de iluminación. El clima puede tener un impacto visual negativo debido a la presencia de sol, niebla, nieve o lluvia. (ver Figura 3-3)

Es común que las inspecciones extraordinarias se realicen sin tomar descansos. Esto demanda un gran poder de concentración por parte del inspector. Si el nivel de concentración disminuye, existe el riesgo de pasar por alto ciertos daños que con el tiempo, puedan conducir al descarte del cable.



Figura 3-1: Posición incómoda durante una inspección



Figura 3-2: Inspección visual sobre una escalera y una pequeña plataforma

¹ Ver información importante en página 15



Figura 3-3: Niebla durante inspección de cable portante

A pesar de las condiciones de espacio limitadas que se observan en la Figura 3-1 y Figura 3-2, existen instalaciones equipadas con asientos o bancos especiales para la inspección visual y por lo tanto, que favorecen a la comodidad del inspector durante la inspección. En la Figura 3-4 y Figura 3-5 se observan algunos ejemplos.



Figura 3-4: Asiento especial para inspecciones



Figura 3-5: Equipamientos especiales para la IV

Comúnmente la inspección visual de cables portantes, cables tractores y cables portante/tractores se realiza mediante dos inspectores. Sin embargo, por más que sean dos personas inspeccionando un único cable, no es posible observar toda su superficie.

Para entender mejor este fenómeno, observamos la Figura 3-6. Los puntos verdes indican las zonas visibles a los ojos de los inspectores, mientras que los rojos representan puntos ciegos.

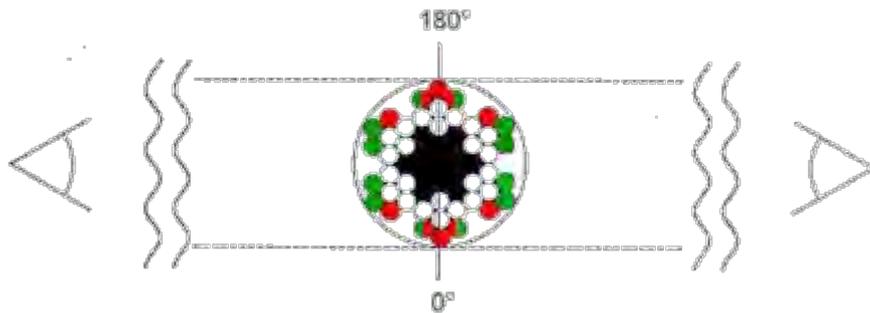


Figura 3-6: Zonas visibles del cable durante la inspección visual

Algunas alternativas para inspeccionar un cable con dos inspectores, pueden ser: dos inspectores utilizando un espejo, o un solo inspector utilizando un espejo. Podemos observar las tres combinaciones propuestas en la Figura 3-7.

Información importante: Si sólo una persona realiza la inspección, la misma debe realizarse dos veces. La primera es para inspeccionar la mitad superior de la superficie del cable, mientras que en la segunda pasada se inspecciona la mitad inferior del mismo (con ayuda de un espejo). Este método sólo se debe utilizar para la inspección de cables tractores, debido a la inevitable rotación del cable al desplazarse a través de los rodillos y poleas



Figura 3-7: Posibles disposiciones de los inspectores durante una inspección

En algunos casos, los operadores de medios de arrastre utilizan únicamente una técnica de inspección que involucra una media de nylon. El método consiste en envolver la superficie del cable con esta, y poner en marcha la instalación. Este procedimiento suele realizarse a velocidades muy elevadas. El objetivo del uso de la media es detectar una o varias roturas de alambres, que al sobresalir de su posición original se enganchen en ella.

3.2 Situación en cables carriles

En una inspección de cables tractores, el inspector se ubica de pie o sentado en una determinada posición, y el cable es el que se desplaza. Para los cables portantes, la condición de trabajo es distinta. Este tipo de inspecciones se debe llevar a cabo desde el techo de la cabina, desde el carro superior o en plataformas especiales que permitan sentarse o recostarse.

Las siguientes figuras muestran los distintos casos de posicionamiento.

Para este caso se deben tomar precauciones especiales, a fin de que el inspector no ponga nunca en riesgo su seguridad.



Figura 3-8: Inspección visual en cable carril, utilizando escalera, plataforma, silla y el carro portador



Figura 3-9: Inspección visual en cable carril, utilizando plataforma especial y carro portador



Figura 3-10: Inspección visual en cable carril, utilizando una plataforma especial para sentarse o recostarse



Figura 3-11: Inspección visual en cable carril utilizando un asiento especial

3.3 Situación en estaciones modulares estandarizadas para telesillas monocable

En las estaciones de telesillas monocable donde se cuenta con módulos estandarizados para realizar la inspección visual, suele haber menos espacio que en las estaciones abiertas de telesillas de pinza fija. Dependiendo del fabricante, las estaciones modulares pueden contar con un espejo adicional incorporado a la estructura, a fin de facilitar la inspección.

En la Figura 3-12 se puede apreciar el espejo mencionado. De esta manera, ambos inspectores se posicionan por encima del cable. Uno de ellos inspecciona de manera directa la mitad superior del cable, mientras que el otro observa la mitad inferior de manera indirecta a través del espejo (ver Figura 3-13).



Figura 3-12: Espejo en telesilla monocable con estación de módulos estandarizados (vista desde el exterior)



Figura 3-13: Posición de trabajo posible para los inspectores

4 Preparación de las pruebas de campo

Para determinar los límites de la Inspección Visual, se organizaron dos pruebas de campo con el propósito de reproducir todas las condiciones de inspección desarrolladas en el capítulo 3. Sobre la base de los resultados de estas pruebas, se determinaron los métodos y condiciones óptimas necesarias para realizar la Inspección Visual de cables de acero.

4.1 Primera prueba de campo

La primera prueba de campo fue llevada a cabo en dos telesillas de pinza fija.

La Tabla 4-1 detalla la información técnica de cada una de las instalaciones. Para estas inspecciones se generaron defectos artificiales sobre los cables. La preparación del cable se describe en el capítulo 4.3.

Tabla 4-1: Información técnica de las instalaciones en donde se realizó la primera prueba de campo.

	Instalación 1	Instalación 2
Longitud del cable	938 m	1634 m
Configuración	6x19 S	6x26 WS
Diámetro	34 mm	36 mm
Tipo de instalación	Telesilla de pinza fija	Telesilla de pinza fija
Año de instalación	1992	2000

4.2 Segunda prueba de campo

La segunda prueba de campo se enfocó en dos casos particulares: por un lado la inspección visual en dos estaciones modulares estandarizadas para telesillas monocable, y por otro, la inspección visual en cables portantes.

En el primer caso, una de las instalaciones monocable fue preparada con defectos artificiales sobre el cable, mientras que la segunda ya contaba con defectos reales.

Para el caso de la inspección visual del cables portantes, se conformó un grupo de expertos del transporte por cable, el cual debatió en profundidad el caso, y no se realizaron inspecciones particulares.

Tabla 4-2: Información técnica de las instalaciones en donde se realizó la segunda prueba de campo.

	Instalación 3	Instalación 4
Longitud del cable	1013 m	2945 m
Configuración	6x36 WS	6x36 WS
Diámetro	45 mm	47 mm
Tipo de instalación	Telesilla desembragable	Telesilla desembragable
Año de instalación	2015	2001

4.3 Reproducción artificial de los defectos

Debido a que los cables portadores-tractores de las instalaciones utilizadas contaban con pocos defectos, se decidió que el cable debía ser preparado especialmente mediante la reproducción artificial de defectos. Para generarlos, se utilizaron distintas pinturas en aerosol.

Aquellos daños posibles de hallar durante una inspección fueron abstraídos sistemáticamente, y luego reproducidos según el caso mediante marcadores de trazo fino o aerosol.

Se tomaron en consideración los siguientes defectos:

- Descargas atmosféricas
- Rotura de alambres
- Corrosión
- Aplastamientos o muescas

Para poder reproducir los daños de la manera más real posible, se desarrollaron distintas pruebas experimentales en el Instituto del Manejo Mecánico y Logística, de la Universidad de Stuttgart.

4.3.1 Reproducción artificial de las descargas atmosféricas

Generalmente, en los puntos de entrada y salida donde impacta un rayo se genera un cambio en la microestructura del alambre, desarrollándose martensita. Esta microestructura se forma cuando el material se calienta hasta el estado líquido y se solidifica nuevamente en un intervalo de tiempo muy corto. Debido a la fragilidad de esta microestructura, la consiguiente operación de la instalación podría derivar en múltiples roturas de alambres. La martensita puede ser apreciada por su color azulado, y por generar un brillo metalizado sobre la superficie del cable (ver Figura 4-1).

La Figura 4-3 muestra la abstracción adoptada para las descargas atmosféricas.



Figura 4-1: Decoloración azulada por impacto de rayo



Figura 4-2: Martensita en alambres fundidos

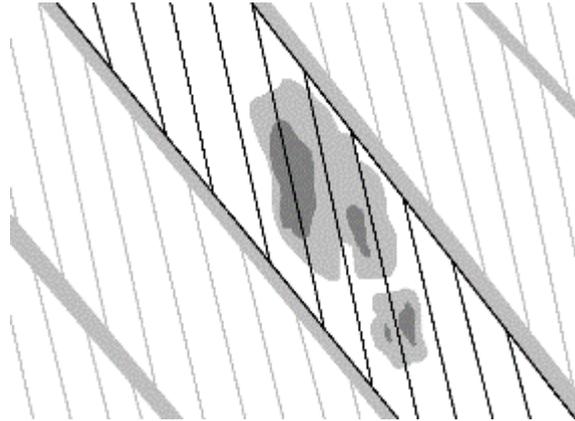


Figura 4-3: Abstracción de impacto de rayo

Para recrear este tipo de defecto se optó por los colores azul y negro, mediante pinturas en aerosol. Para determinar hasta qué tamaño de defecto era posible detectar, se tomaron los siguientes factores: 0.5 x diámetro del cordón, 1.0 x diámetro del cordón y 1.5 x diámetro del cordón.



Figura 4-4: Impacto de rayo 1,5 x diámetro del cordón



Figura 4-5: Impacto de rayo 1,5 x diámetro del cordón

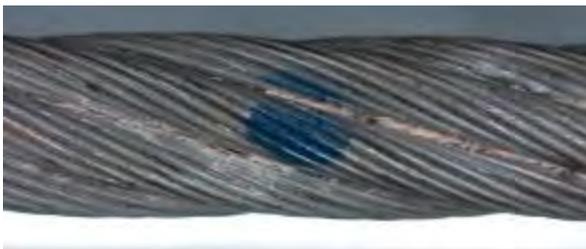


Figura 4-6: Impacto de rayo 1,0 x diámetro del cordón



Figura 4-7: Impacto de rayo 0,5 x diámetro del cordón

4.3.2 Reproducción artificial de roturas de alambres

Para este caso, es necesario distinguir distintos tipos de roturas.

Existe la posibilidad de detectar la rotura de un alambre individual (ver Figura 4-8 a Figura 4-10), la rotura de múltiples alambres adyacentes (Figura 4-11) o la rotura completa de un cordón (Figura 4-12). Durante una inspección, estos defectos se pueden apreciar mediante sombras o puntos oscuros sobre la superficie del cable. La rotura de un alambre individual, es particularmente difícil de detectar.

Información importante: Durante la Inspección Visual de un cable a cordones, no es requerido detectar roturas de alambres individuales.



Figura 4-8: Rotura de un alambre



Figura 4-9: Rotura con un alambre sobresaliente



Figura 4-10: Abstracción de la rotura de un alambre

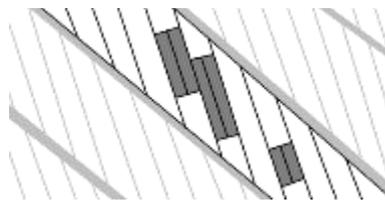


Figura 4-11: Abstracción de roturas múltiples

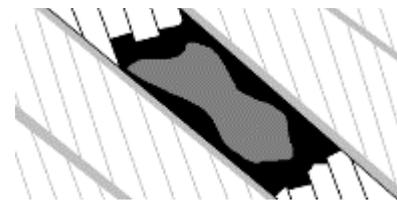


Figura 4-12: Abstracción de la rotura total de un cordón

Para este caso también se tomaron los factores: 0.5 x diámetro del cordón, 1.0 x diámetro del cordón y 1.5 x diámetro del cordón. Adicionalmente, se recreó la rotura de un alambre individual. Los daños artificiales se muestran en las siguientes imágenes.



Figura 4-13: Rotura de alambre en zona de contacto entre cordones



Figura 4-14: Rotura de alambre, 0.5 x diámetro del cordón



Figura 4-15: Rotura de alambre 1.0 x diámetro del cordón



Figura 4-16: Rotura de alambre, 1.5 x diámetro del cordón

4.3.3 Reproducción artificial de la corrosión

Si el recubrimiento protector de zinc en un cable se dañara por distintos motivos, generalmente y como resultado de esto, se desarrollará la corrosión. Este es un proceso lento, por el cual los alambres se desgastan a través del tiempo, en donde se produce una disminución de la sección superficial, que eventualmente derivará en roturas de alambres. Es común que la corrosión se presente particularmente en la zona de contacto entre cordones (ver Figura 4-17).



Figura 4-17: Corrosión en zona de contacto entre cordones (con cortes)



Figura 4-18: Corrosión en cable cerrado

Para recrear estos daños se optó por utilizar pintura naranja. Para hacer que el efecto de la corrosión se vea lo más real posible en la zona de contacto entre cordones, se trabajó con cepillos de alambre la capa de pintura para reducir el contraste grueso con cable.

Además de la corrosión entre cordones (ver Figura 4-21), se tomaron los factores: 0.5 x diámetro del cordón, 1.0 x diámetro del cordón y 1.5 x diámetro del cordón (ver Figura 4-22 a Figura 4-24).

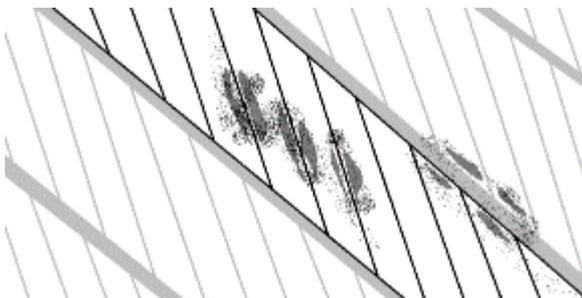


Figura 4-19: Abstracción en zona de contacto entre cordones



Figura 4-20: Abstracción de corrosión en múltiples cordones



Figura 4-21: Corrosión entre cordones



Figura 4-22: Corrosión, 1.5 x diámetro de cordón



Figura 4-23: Corrosión, 1.0 x diámetro de cordón



Figura 4-24: Corrosión 0.5 x diámetro de cordón

4.3.4 Reproducción artificial de aplastamientos y melladuras

Los aplastamientos y las melladuras son defectos superficiales que modifican la geometría de los alambres exteriores, sin dañar al cable o a la conformación de sus alambres. Las melladuras se desarrollan producto del stress mecánico, mientras que los aplastamientos surgen del movimiento relativo contra cuerpos o elementos más duros.

Los aplastamientos se perciben como marcas superficiales por fricción, muy finas y en grandes longitudes. Son muy difíciles de detectar, y es posible que no se los llegue a observar durante una inspección visual debido a la reflexión del material circundante (ver Figura 4-26).

Una muesca, usualmente ocurre de manera local en el punto de stress mecánico (ver Figura 4-25).

Suele ser complejo lograr distinguir estos tipos de defectos durante una inspección. Por lo tanto no se hizo una diferenciación para la reproducción artificial de los mismos, ya que el objetivo era al menos poder detectar estos daños tan finos.



Figura 4-25: Melladuras en cable portante



Figura 4-26: Aplastamientos en cable tractor

Para la reproducción artificial de los aplastamientos y melladuras se trazaron líneas finas de pintura blanca sobre las crestas de los cordones.

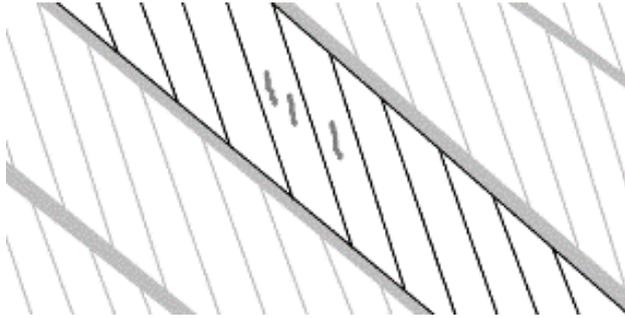


Figura 4-27: Abstracción de aplastamientos y melladuras



Figura 4-28: Aplastamientos artificiales

4.3.5 Incorporación de los daños artificiales para la prueba de campo

El objetivo principal era que no existiera un orden o lógica en particular al momento de incorporar los daños artificiales a los cables.

Para asegurar un rápido registro durante las pruebas, se determinaron previamente los puntos de aplicación de fallas. Estos fueron aleatoriamente simulados y ubicados a distancias de 5 m, 10 m, 20 m, 25 m, 30 m, 40 m y 50 m.

En ciertos puntos se simularon dos o más fallas en la misma posición, a fin de determinar si el inspector perdía atención ante la primera falla (por ejemplo, siguiéndola con la vista) y pasaba por alto las siguientes. La variedad de distancias, comprendidas entre 5 m y 50 m, se adoptaron con el objetivo de determinar si existe una pérdida de concentración en caso de no detectar fallas durante tiempos largos (como lo puede ser en una distancia de 50 m).

Para la primera prueba, los daños fueron aplicados en cuatro secciones de 200 metros cada una, por lo que se disponía de 800 metros de longitud de cable preparado por cada instalación. Para la segunda prueba, se prepararon dos secciones de 400 metros cada una.

4.4 Preparación de los cuestionarios

Para una mejor evaluación de los resultados de las pruebas de campo, se crearon dos cuestionarios, a los que los participantes dieron respuesta antes y después de las mismas. El primer cuestionario, se centró en la experiencia previa de cada participante en la inspección visual de cables, especialmente en la frecuencia y tipos de inspecciones. Adicionalmente, se hizo una autoevaluación previa, en donde cada participante estimaba el porcentaje de fallas (según el capítulo 4.3) que sería capaz de detectar durante las inspecciones. Del mismo modo se solicitó estimar cual sería la falla más pequeña que esperaban detectar.

En el anexo se puede observar el cuestionario completo.

Luego de cada prueba se debía responder el segundo cuestionario. El mismo contemplaba el tipo de inspección realizada, si contaba con descansos, una descripción del ambiente de trabajo, si existían factores que pudiera generar desatenciones, si utilizó alguna herramienta (espejo o media de nylon) y una crítica general de la inspección.

En el anexo se puede observar el cuestionario completo.

4.5 Selección de los distintos tipos de inspecciones

La selección de los distintos tipos de inspecciones a realizar en las pruebas de campo, surgió del debate entre el equipo a cargo del proyecto y empleados del Instituto del Manejo Mecánico y Logística (IFT). Este Instituto también estuvo a cargo de la determinación de las distintas opciones disponibles.

Principalmente se hizo foco en la velocidad de ensayo, el ambiente de trabajo, los descansos y el uso de herramientas. Finalmente se eligieron los siguientes tipos de inspecciones:

- Todo el cable, sin descansos a 0.3 m/s
- Todo el cable, sin descansos a 0.6 m/s
- Todo el cable, sin descansos a 1.0 m/s
- 5 minutos de descanso cada 20 minutos a 0.3 m/s
- 5 minutos de descanso cada 15 minutos a 0.3 m/s
- 5 minutos de descanso cada 10 minutos a 0.3 m/s
- Con herramienta: media de nylon
- Con herramienta: espejo, y 5 minutos de descanso cada 10 minutos a 0.3 m/s
- Tres inspectores a 0.3 m/s

Respecto de los ambientes de trabajo, a partir de las instalaciones disponibles para la primera prueba de campo, fue posible generar los siguientes entornos de trabajo. En la primera instalación, un inspector permanecía de pie en una plataforma instalada especialmente para esto, mientras que el otro inspector lo hacía parado sobre una escalera (ver Figura 4-29).

En la estación inferior de la segunda instalación, ambos inspectores debían permanecer de pie en una escalera. También era posible sentarse en una pequeña plataforma (ver Figura 4-30).

En la estación superior de la segunda instalación, ambos inspectores podían permanecer de pie, o sentados en una plataforma especialmente allí instalada (ver Figura 4-31).

Para la segunda prueba de campo, las inspecciones fueron llevadas a cabo en estaciones modulares estandarizadas para telesillas monocable, donde se incorpora un espejo debajo del cable (ver capítulo 3.3).

Un empleado del IFT fue el encargado de supervisar cada inspección, registrando los resultados, controlando las condiciones de inspección, los comentarios de los participantes y cualquier particularidad que pudiera surgir.



Figura 4-29: Puesto de trabajo en la primera instalación



Figura 4-30: Puesto de trabajo en la segunda instalación, estación inferior



Figura 4-31: Puesto de trabajo en la segunda instalación, estación superior

5 Resultados y evaluación de las pruebas de campo

Al finalizar las pruebas de campo, fueron evaluados todos los datos recolectados. El procedimiento de evaluación se inició con el cuestionario previo a la inspección y seguido a esto, se calculó la tasa de detección de falla obtenida. Mediante el cuestionario posterior a las pruebas, se evaluó la utilidad del uso de herramientas como la media de nylon o el espejo.

A partir de las conversaciones llevadas a cabo durante la segunda prueba de campo, se proporcionará más adelante entre otras cosas, información sobre los requisitos de seguridad durante una inspección de cables portantes.

Combinando la evaluación de los resultados y los distintos hallazgos durante las pruebas, se desarrolló un sistema de calificación que ayudará a evaluar la calidad de la inspección visual. El sistema de calificación se explicará en detalle en el capítulo 6.

5.1 Evaluación de respuestas a cuestionario previo a la inspección

Importante: La información presente en este capítulo, surge de la opinión de los participantes de las pruebas de campo. ¡Algunas afirmaciones realizadas pueden entrar en conflicto entre sí, con los resultados finales de la evaluación y con el sistema de calificación!

Como ya se mencionó, los participantes pudieron especificar su experiencia previa, hacer una autoevaluación y dar su propia opinión sobre la Inspección Visual. La Figura 5-1 muestra la experiencia previa de los participantes, donde podemos ver la amplia gama abarcada. En la Figura 5-2 se observa la evaluación del porcentaje de fallas que el participante espera detectar. En el capítulo 5.2.3 se describirá si existe una conexión ente este valor y la experiencia previa del participante. Sólo el 22% de los participantes pensaban que detectarían menos del 50% de los

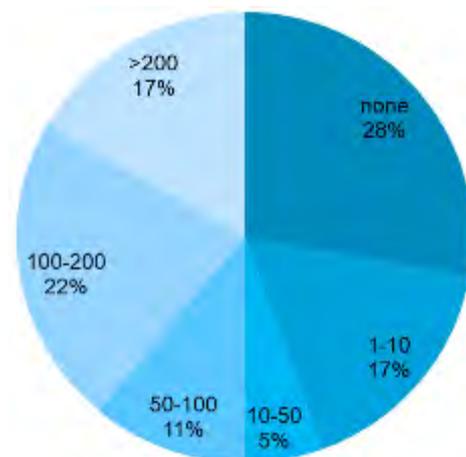


Figura 5-1: Cantidad de inspecciones previas de los participantes

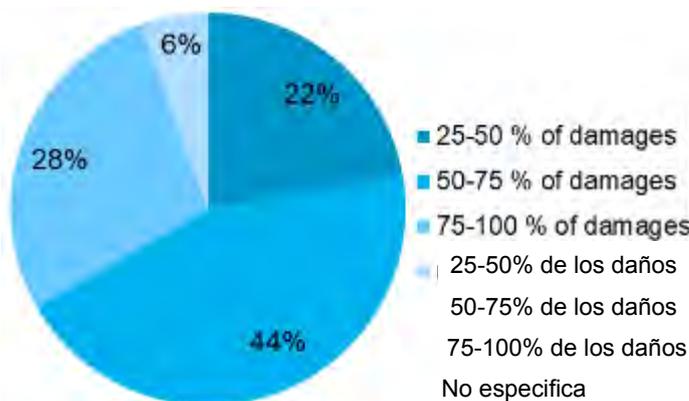


Figura 5-2: Autoevaluación de la tasa de detección de los participantes

defectos.

En la Tabla 5-1: Autoevaluación sobre el defecto más pequeño que espera detectar

se puede observar una autoevaluación sobre el tamaño mínimo de los daños que los participantes estimaban detectar durante la inspección.

En el anexo se pueden observar las distintas opciones incluidas en el cuestionario. Como se esperaba, la mayoría de los participantes pensaba que los daños más pequeños, como las roturas de alambres, corrosión o impactos de rayos de $0,5 \times D_{\text{cord}}$ no se podrían detectar. Sólo aproximadamente un tercio de ellos creía que sería capaz de detectar daños de todos los tamaños.

Tabla 5-1: Autoevaluación sobre el defecto más pequeño que espera detectar

¿Cuál es la falla mas pequeña que espera encontrar?	Resultado
 <p>Fallas de todos los tamaños, excepto $0.5 \times$ diámetro de cordón y aplastamientos</p>	39 %
<p>Todos los tamaños serán detectados</p>	28 %
 <p>Todos los tamaños, excepto $0.5 \times$ diámetro de cordón</p>	22 %
 <p>Todos los defectos, excepto los aplastamientos</p>	11 %

A continuación en la Figura 5-3 se muestran las respuesta más comunes a la pregunta, “¿Qué defectos cree que son importantes de encontrar durante una inspección?”.

Los defectos más mencionados resultaron: descargas atmosféricas, corrosión, daños en múltiples alambres, roturas de alambres y aplastamientos. Estos daños se corresponden con los seleccionados por el grupo de investigación y luego recreados artificialmente para la prueba de campo (ver capítulo 4.3).



Figura 5-3: Defectos más importantes que deben se encontrar, según los participantes de las pruebas

La Figura 5-4 muestra los atributos considerados como los más importantes a cumplir por un inspector. Los más mencionados resultaron la alta capacidad de concentración y la agudeza visual, seguidos de una buena motivación e instrucción.

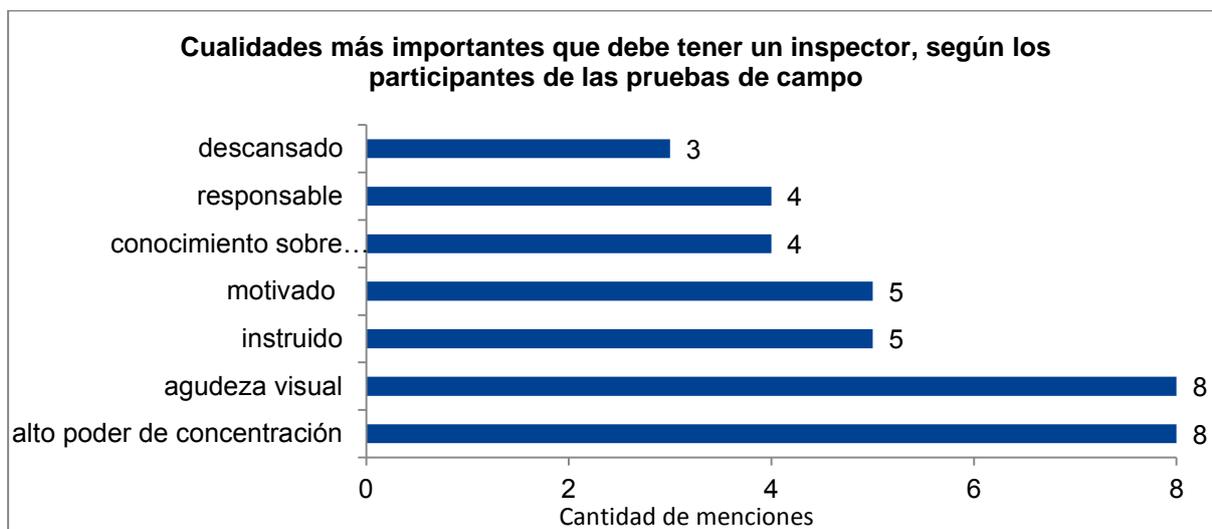


Figura 5-4: Atributos más importantes a cumplir por un inspector, según los participantes de las pruebas

En la Figura 5-5 se muestran los requisitos más importantes para una inspección respecto del entorno de trabajo. La mitad de los participantes declararon que uno de los requisitos más importantes para realizar la inspección es contar con iluminación suficiente.

También se consultó si las inspecciones realizadas en el pasado eran realizadas durante el día o la noche, y qué fuente de luz utilizaban en cada caso.

Más de la mitad de los participantes declararon que realizaban las inspecciones durante el día. Tan solo un participante realizaba la inspección de noche, o muy temprano en la mañana. Los participantes restantes no habían realizado nunca una inspección o se abstuvieron de responder.

Algunos participantes declararon utilizar una fuente de iluminación adicional, aún realizando la inspección durante el día. Esto resulta especialmente útil para mejorar la iluminación en estaciones oscuras. Otra ventaja del uso de una luz artificial, es poder mantener constante la condición de iluminación para todas las inspecciones.

El segundo requisito más mencionado fue tener posibilidad de sentarse, recostarse o tomar una posición cómoda. Una posición incómoda durante una inspección puede conducir a una falta de concentración, y por lo tanto pasar por alto los daños presentes en el cable.

En tercera posición se mencionó que el cable este seco. La presencia de gotas en el cable puede generar reflexiones de luz y también pueden cubrir los daños. Por consiguiente, el agua, nieve o suciedad presente en el cable, resulta una carga adicional para la vista y pueden afectar considerablemente al poder de concentración del inspector.

Si inevitablemente debe inspeccionarse un cable en presencia de humedad, es posible limpiarlo o secarlo con un ventilador a contra corriente.

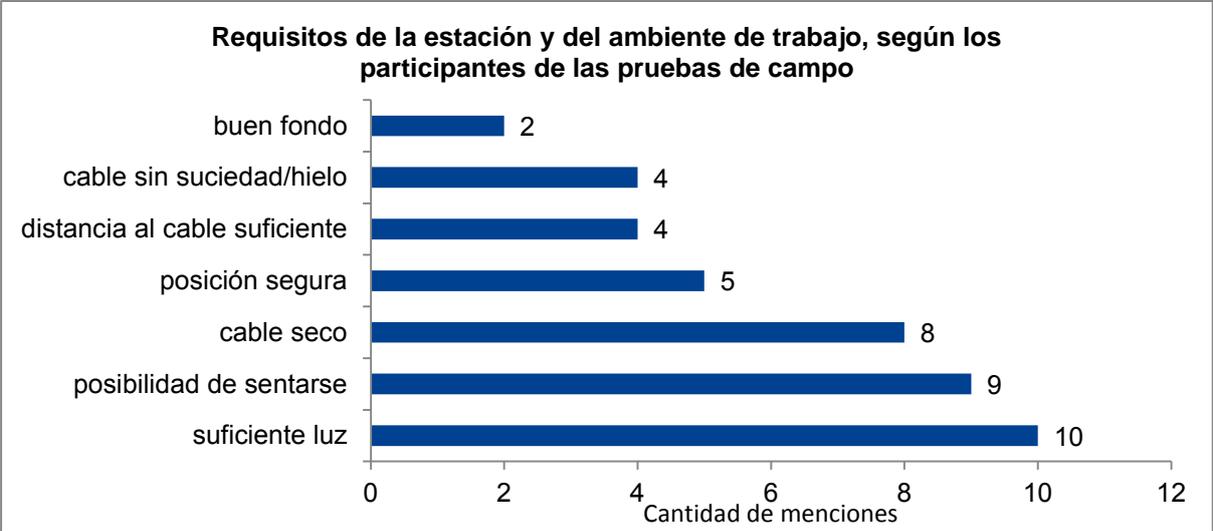


Figura 5-5: Requisitos de la instalación y del ambiente de trabajo

En la Figura 5-6 se muestran las respuestas a la pregunta “¿Qué aspectos relativos a la estación de trabajo considera desagradables durante una inspección? La mayoría de las respuestas se corresponden de manera inversa con las respuestas de la Figura 5-5.

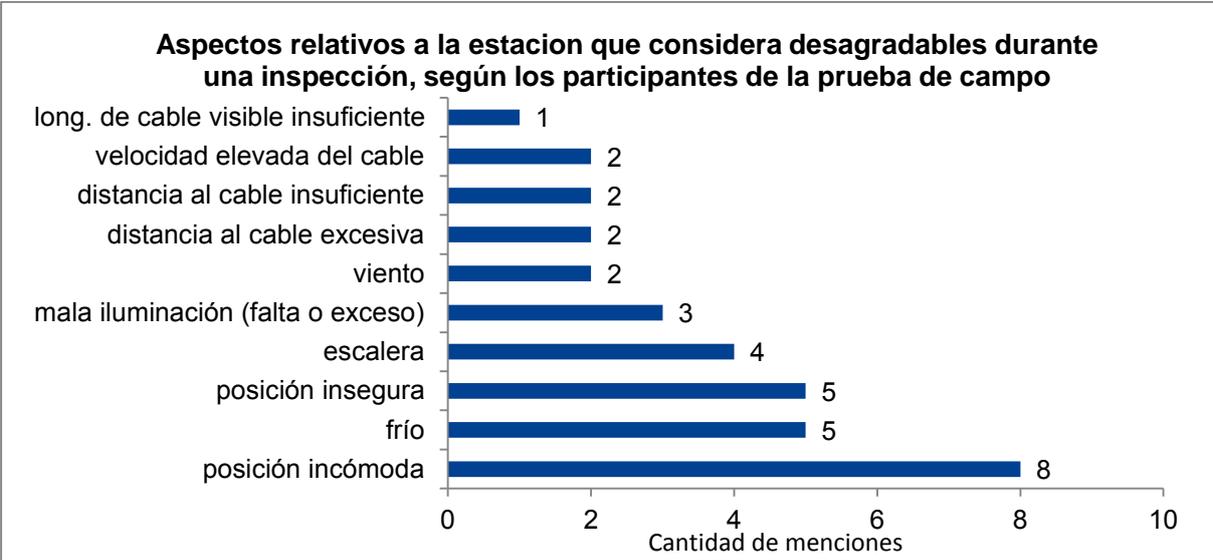


Figura 5-6: Aspectos de instalación o ambientales que se consideran desagradables

5.2 Determinación de la tasa de detección de fallas

A fin de determinar la tasa de detección de fallas, se evaluó el protocolo de inspección generado por los empleados del Instituto del Manejo Mecánico y Logística. La tasa de detección se calcula de acuerdo al tipo de inspección realizada, como también según el tipo de falla. El porcentaje de detección resulta de la combinación entre los defectos detectados por dos (o tres) inspectores.

Información importante: Todas las cifras que se expresan a continuación en el presente capítulo son el resultado de inspecciones en circunstancias especiales (daños artificiales).

5.2.1 Tasa de detección de fallas según el tipo de inspección

En primer lugar, se realizó la evaluación dependiendo del tipo de inspección. Se tuvo en cuenta si se encontró un daño en particular o no, ignorando el tipo del defecto en sí. En la Figura 5-7 se observan los resultados.

El mejor resultado dentro de toda la gama de inspecciones se logró al examinar el cable mediante tres personas, a una velocidad de 0,3 m/s. En este caso, la tasa de detección fue del 79%. Esto se debe a que la tercera persona era capaz de detectar daños situados en los puntos ciegos para los otros inspectores, y por ende no se habrían detectado en una inspección realizada por dos personas. Adicionalmente, los empleados del IFT pudieron notar que los daños que se encontraban muy próximos entre sí, no eran detectados, ya que al detectar el primero de ellos, se daba lugar a charla o discusión entre los inspectores.

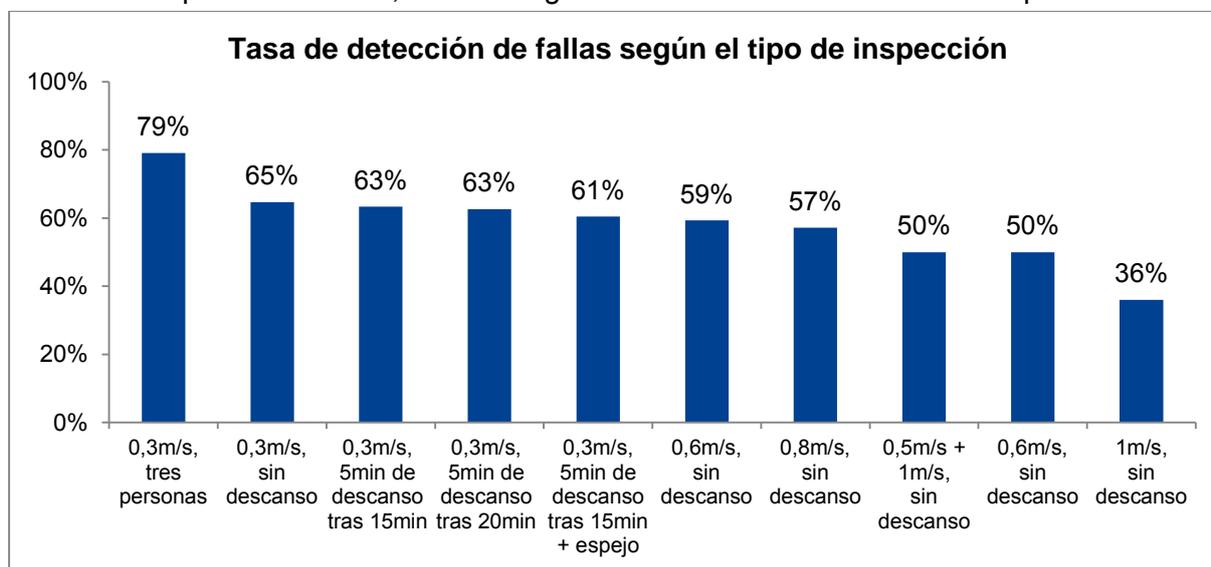


Figura 5-7: Tasa de detección de fallas según el tipo de inspección

También es de destacar que la inspección sin interrupciones a una velocidad de 0,3 m/s, dio como resultado una tasa de detección ligeramente más alta que las inspecciones con interrupciones.

Para inspecciones cortas, una longitud de 800 m a 0,3 m/s toma alrededor de 45 minutos. Aún si los descansos no tuvieron ningún efecto positivo en el poder de concentración y, por ende en la tasa de detección de daños, se pudo observar claramente que los participantes

se sentían más inquietos hacia el final de la inspección ya que la posición, fuera sentado o acostado, comenzaba a tornarse incómoda.

Por lo tanto, no es posible afirmar que los tiempos de descansos tengan algún efecto positivo en la tasa de detección de fallas, pero siempre deben corresponderse con la longitud total de cable a inspeccionar, la velocidad y la capacidad de concentración del personal.

La Figura 5-7 muestra que la tasa de detección a velocidades elevadas es significativamente peor que a velocidades bajas, dado que el poder de concentración a velocidades elevadas decrece rápidamente. Algunos participantes han experimentado mareos en inspecciones a 1 m/s, lo cual puede conducir tanto a una disminución de la tasa de detección, como a un peligro de seguridad.

En el sistema de calificación que se presenta en el capítulo 6 se proveen recomendaciones para los descansos, basadas en los resultados de las pruebas de campo y en la experiencia de los expertos.

5.2.2 Tasa de detección de fallas según el tipo del defecto

Para determinar la tasa de detección de fallas en función del tipo de defecto, se realiza una clasificación en categorías según el riesgo potencial que cada uno de ellos pueda representar. Los daños con un alto potencial de riesgo pueden conducir más rápido al criterio de descarte.

Podemos ordenar de forma decreciente el riesgo potencial de los defectos de la siguiente manera:

- Descargas atmosféricas
- Roturas múltiples de alambres
- Aplastamientos
- Corrosión en zona de contacto de cordones
- Rotura de alambre
- Corrosion



Información importante: Los resultados siguientes incluyen todos los tamaños de defectos detectados durante las pruebas de campo. El objetivo de la inspección visual no es detectar solamente aquellos daños muy pequeños.

En la Figura 5-8 se observa la tasa de detección de cada tipo de defecto de manera individual. Se tomaron en cuenta todas las pruebas de campo realizadas.

Aún siendo las descargas atmosféricas el tipo de daño de mayor riesgo potencial, la tasa de detección resultó tan solo del 64%. La detección de roturas múltiples de alambres también obtuvo un porcentaje de detección del 68%.

Ambos defectos se perciben como sombras oscuras en la superficie del cable y por lo tanto son difíciles de detectar. Esto ocurre especialmente si el daño se ubica en la zona de contacto entre cordones.

La detección de la corrosión y los daños producto del contacto entre cordones obtuvieron una tasa de detección de alrededor del 80% o superior. Esto se debe al colorido naranja o amarronado que se produce, lo que provee un alto contraste con la superficie del cable.

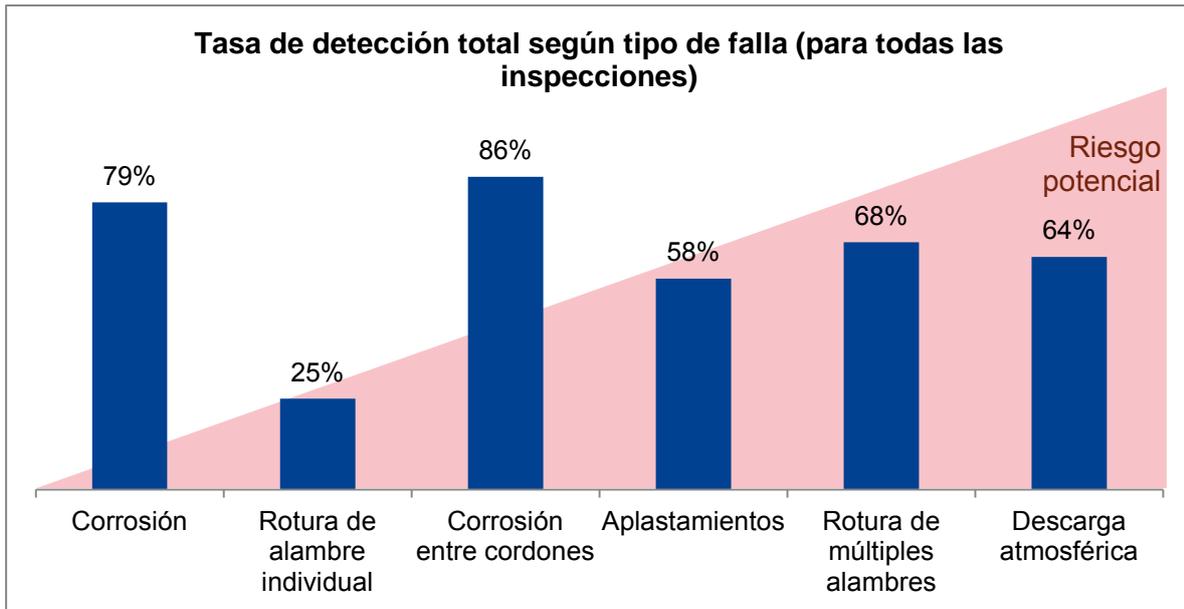


Figura 5-8: Tasa de detección total según el tipo de falla (para todas las inspecciones)

Luego de un evento especial, como por ejemplo una tormenta eléctrica, debe realizarse una inspección visual extraordinaria del tipo C, a una velocidad menor a 1 m/s (ver capítulo 1).

La Figura 5-9 muestra la tasa de detección de fallas obtenida a 1 m/s. El porcentaje de detección de una falla por descarga atmosférica disminuye al 46%. Esto se debe principalmente al tono metalizado que toma la superficie luego de una descarga, el cual a velocidades elevadas resulta difícil de detectar.

El mismo efecto se puede apreciar con la rotura de múltiples alambres, donde el daño se percibe mediante una sombra oscura. Estos daños pueden pasarse por alto, especialmente en cables cuyo movimiento es oscilatorio o turbulento.

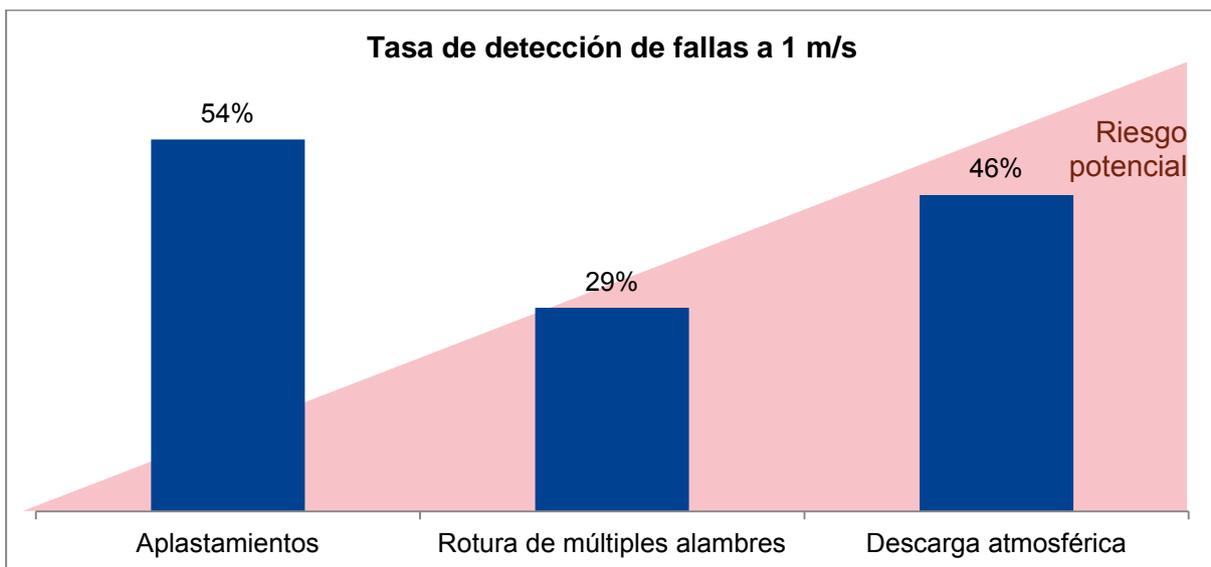


Figura 5-9: Tasa de detección de fallas a 1 m/s

Como ya se mencionó, durante una inspección resulta muy importante la condición de iluminación. Esto se puede apreciar al comparar la tasa de detección de fallas a 0,3 m/s, en tres tipos de estaciones de características distintas. Realizaremos el estudio del caso mediante la Figura 5-10.

Podemos observar una diferencia marcada entre las tres estaciones, la cual se explica no sólo porque los puestos de trabajo sean distintos, sino especialmente por las condiciones de iluminación.

Una de las instalaciones (marrón) contaba con un techo que la protegía de los rayos directos del sol. Según los participantes, la peor condición de iluminación se daba en la estación superior de la segunda instalación (amarillo). A su vez, en dicha estación se encontraba situada la unidad motriz, por lo que el ruido causaba una distracción adicional.

La combinación entre una mala condición de iluminación y los ruidos molestos del motor, conducen por lo tanto a una disminución de la tasa de detección de fallas, la cual resulta considerablemente menor si la comparamos con la de una estación provista de techo. En el capítulo 6, se presentarán las distintas posibilidades para mejorar el puesto de trabajo y la condición de iluminación para una inspección, mediante un sistema de puntaje especialmente generado para la inspección visual de cables.

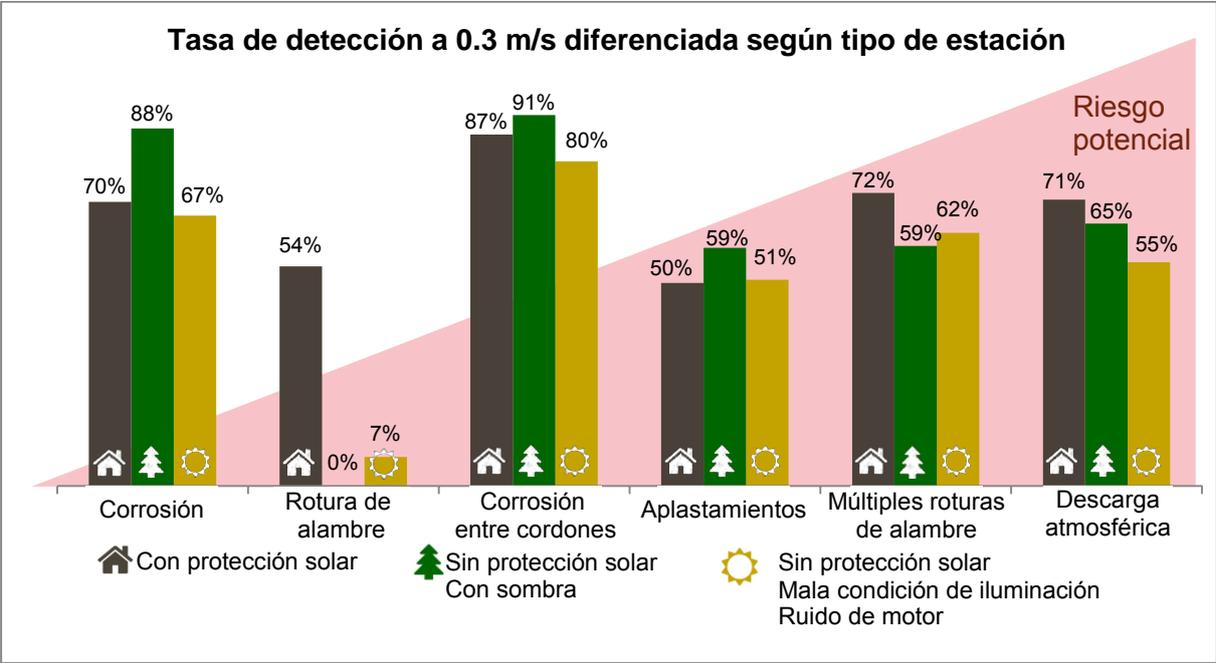


Figura 5-10: Tasa de detección a 0,3 m/s diferenciada según el tipo de estación

5.2.3 Relación entre la tasa de detección de fallas y la experiencia previa

Como se observa en la Figura 5-1, la experiencia previa de los participantes era muy diversa, variando desde cero hasta más de 200 inspecciones previas realizadas.

El objetivo de este capítulo es determinar si existe una conexión entre la experiencia previa de los participantes y la tasa de detección de fallas. Para ello, se evaluaron los protocolos de inspección, en donde fue registrado qué inspector encontraba cada uno de los daños en particular. Los resultados se pueden observar en la Figura 5-11. En este caso, se puede apreciar que la experiencia previa no resulta una ventaja adicional que favorezca a la tasa de detección. Sin embargo, es muy importante contar con un conocimiento básico sobre los daños que se podrían llegar a observar durante una inspección visual. Es absolutamente necesario instruir cuidadosamente a los nuevos empleados. Los diversos defectos que son posibles de encontrar forman parte del sistema de puntaje que se presentará en el siguiente capítulo.

Aunque la experiencia previa no influya en gran medida a la tasa de detección de fallas, es evidente que la repetitividad mejora cuanto mayor es la experiencia. Por lo tanto, la dispersión de la tasa de detección de daños disminuye a medida que aumenta la experiencia.

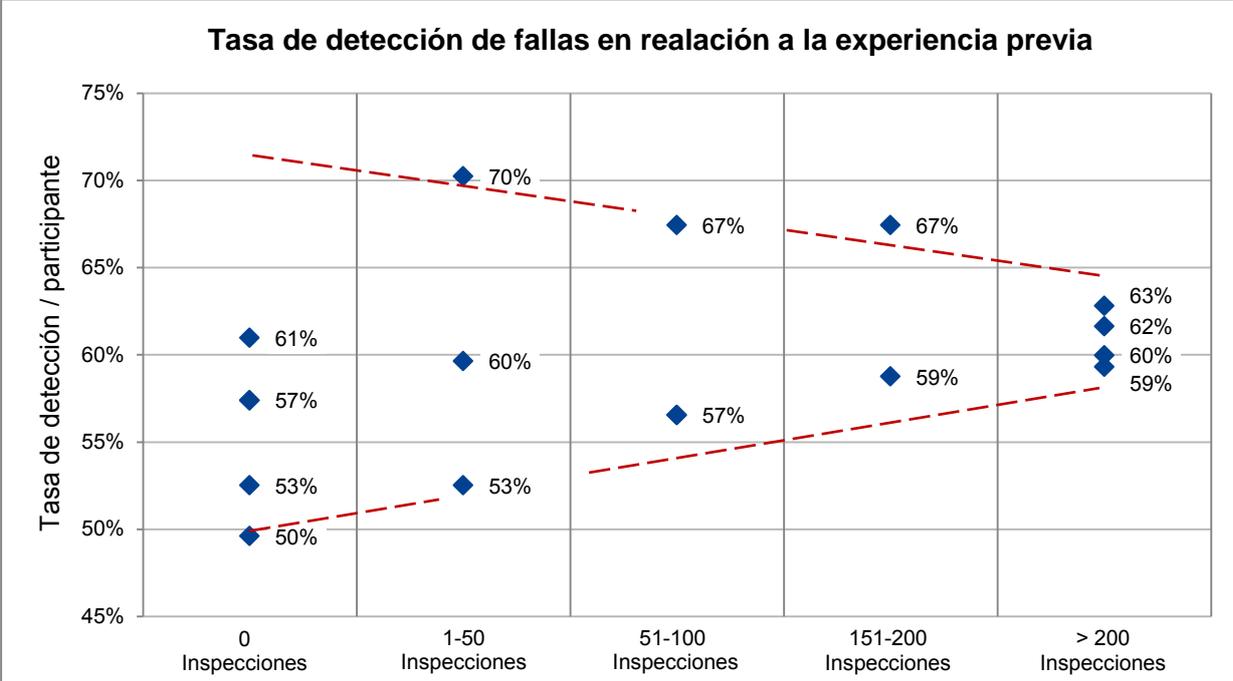


Figura 5-11: Tasa de detección de fallas en relación a la experiencia previa

5.3 Medición del diámetro y del paso en un cable de acero

Durante determinadas inspecciones, se les solicitó a los participantes que antes de realizar la inspección midieran el diámetro y el paso del cable.

La medición del diámetro, provee información valiosa sobre el estado del cable. En estos casos, el diámetro del cable disminuye si el cable está sometido a tracción y flexión [7].

Del mismo modo el paso del cable provee información sobre su estado. Si durante la vida útil del cable este parámetro aumenta significativamente, es posible que los cordones entren en contacto entre sí, y el desgaste aumente.

En la Figura 5-12 se puede observar la definición de diámetro.

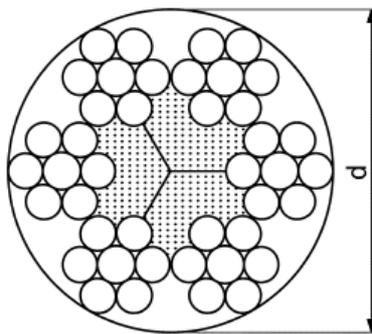


Figura 5-12: Diámetro d de un cable de sección circular [8]

Existen distintos métodos para realizar la medición del diámetro de forma correcta. Es muy importante tener en cuenta la cantidad de cordones que componen el cable. Si está compuesto por un número par de cordones, el diámetro se mide entre picos de cordón. En la Figura 5-13 se observa la manera correcta para tomar la medición.

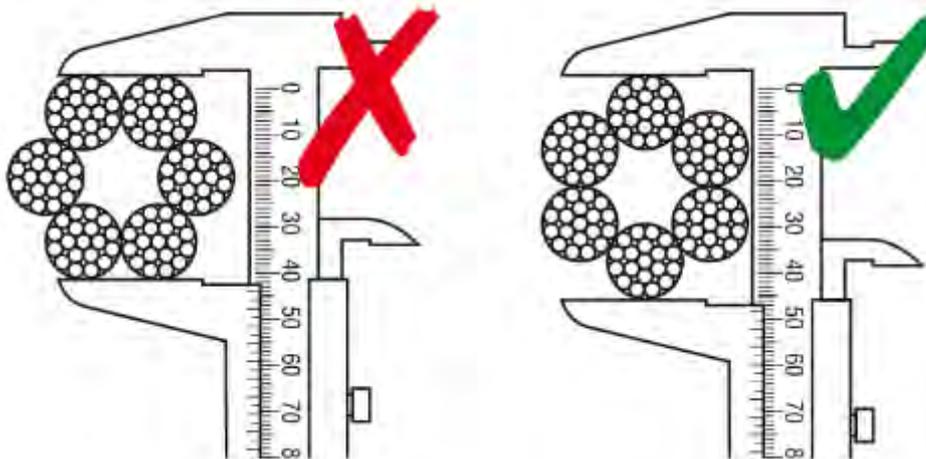


Figura 5-13: Disposición correcta para medir el diámetro de un cable [9]

Si el número de cordones es impar, se debe medir entre la zona de contacto de cordones y la cresta o pico opuesto a estos (ver Figura 5-14). El diámetro de un cable cuya cantidad de cordones sea impar debe medirse con un calibre especial provisto con mandíbulas anchas.

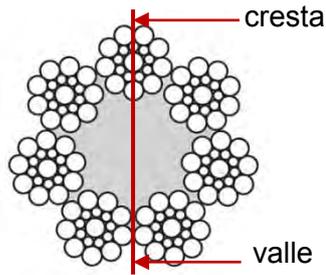


Figura 5-14: Sección transversal de un cable con una cantidad impar de coronas

En el cuestionario previo se solicitó a los participantes, que describan de qué manera solían medir el diámetro y el paso del cable. En todos los casos, para la medición del diámetro los participantes empleaban un calibre. Algunos de ellos, utilizaban calibre con mandíbulas anchas. Estas previenen de tomar la medición en la zona de contacto entre cordones. La mitad de los participantes declararon que miden el diámetro una cierta cantidad de veces (dos o tres) y calculan el promedio de dichas mediciones.

En la Figura 5-15 se observan las mediciones del diámetro del cable.

Los participantes realizaron las mediciones de manera independiente, sin ninguna instrucción. Podían utilizar calibres con mandíbulas anchas o sus propias herramientas. El diámetro nominal del cable era de 34 mm. La medición de referencia fue tomada por el IFT. Dos de las mediciones fueron tomadas de manera incorrecta. Esto puede deberse a un calibre digital con su cero mal configurado, o a un error de escritura. Si hubiera sido una medición real, el error se habría detectado, ya que el inspector conocía el diámetro real del cable, y por lo tanto repetiría la medición. Para la medición del diámetro del cable, generalmente resulta suficiente una apreciación de una décima de milímetro.

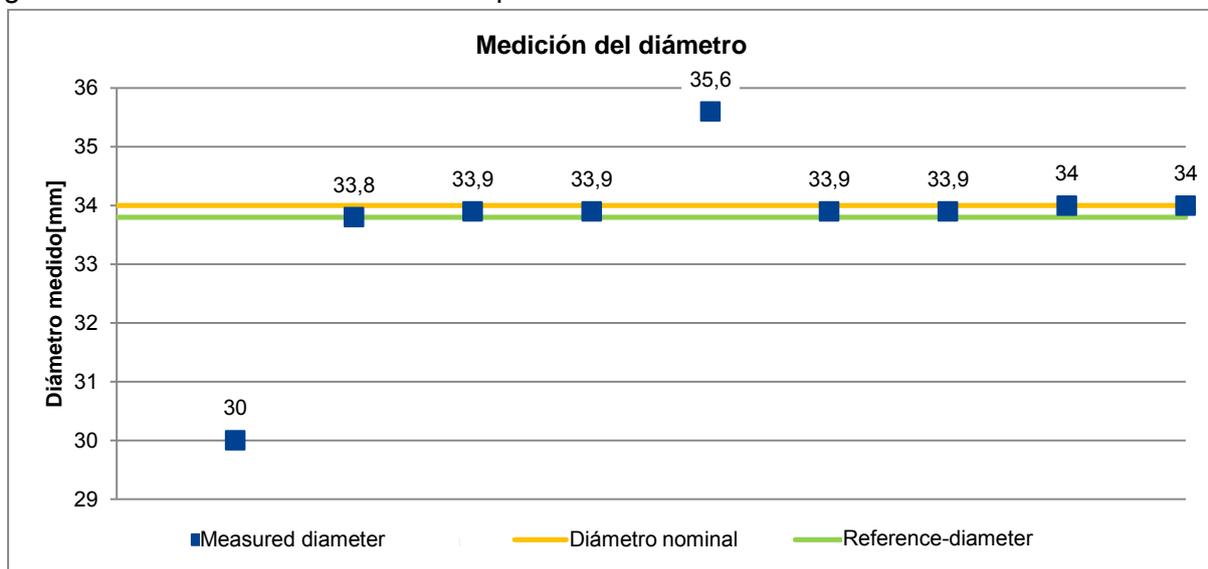


Figura 5-15: Medición del diámetro

El paso del cable se define como la distancia (H) medida de forma paralela al eje del cable en donde un alambre perteneciente a un cordón o a una capa exterior, o un cordón exterior de un cable a cordones, completa un giro (o hélice) al rededor del eje del cable [8] (ver Figura 5-16).

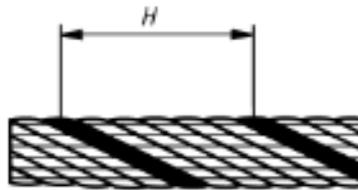


Figura 5-16: Paso de un cable [8]

La mayoría de los participantes utilizó una regla pequeña para la medición del paso del cable. La misma se posiciona en uno de los cordones y se mide la longitud una serie de veces, obteniendo distintos valores del paso. El resultado es el promedio de las mediciones tomadas, que para el caso de los participantes fueron entre tres o cuatro mediciones. Dos participantes informaron que suelen tomar hasta diez mediciones.

Otro método para medir el paso del cable, el cual no fue utilizado por los participantes, consiste en colocar un papel cuadriculado sobre el cable y transferir la estructura del cable al papel con la ayuda de un lápiz. De esta manera puede medirse el paso sobre el papel.

También existen equipos modernos para la medición del paso en un cable a cordones y en cables cerrados, que permiten de manera rápida y sencilla tomar los valores a lo largo de toda la superficie del cable. [10]

En la Figura 5-17 se pueden observar las mediciones obtenidas. La longitud nominal del paso era de 240 mm. En líneas generales los participantes midieron correctamente, aún existiendo algunas variaciones.

El paso puede aumentar o disminuir con el movimiento del cable, debido a variaciones en la tensión aplicada y a la rotación, y su valor no es constante a lo largo de todo el cable.

Para tomar la medición del paso del cable, resulta suficiente una apreciación de una décima de milímetro.

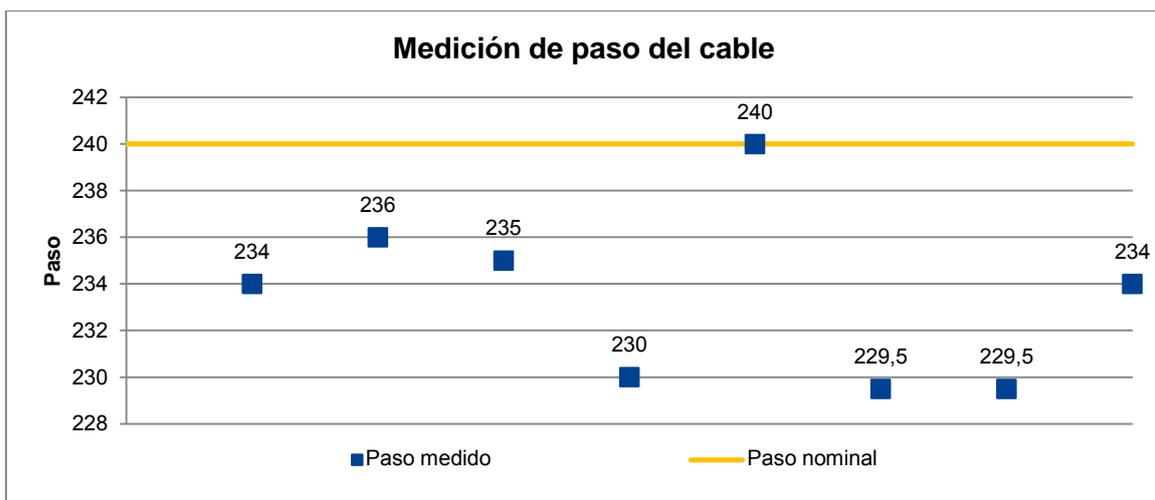


Figura 5-17: Medición de paso del cable

5.4 Inspección utilizando media de nylon

Durante la primera prueba de campo se utilizaron medias de nylon como herramienta de inspección. Se puede utilizar una tela o media de nylon para detectar roturas de alambres dado que las mismas se engancharían de las fallas al circular el cable (ver Figura 5-18).[11] Este método es utilizado a velocidades elevadas y especialmente en medios de arrastre.



Figura 5-18: Inspección utilizando media de nylon

Para las inspecciones en las que se utilizaron medias de nylon no se documentaron si los participantes detectaron daños o cuántos de ellos. Sin embargo, los participantes dieron su opinión en el cuestionario posterior a las pruebas acerca del uso de esta herramienta.

En total, once participantes realizaron la inspección utilizando una media de nylon. Nueve de las inspecciones se realizaron a una velocidad elevada de 1 m/s. La tasa de detección de fallas en los casos en que no existían alambres sobresalientes de la superficie, disminuyó considerablemente (ver capítulo 5.2).

Esto también se confirma por la respuesta de los participantes ante la pregunta “¿Qué daños fueron especialmente fáciles de detectar?”. A excepción de los defectos en donde la media se atascó, sólo se mencionan los “daños brillantes” y los “daños de color”.

Algunos participantes consideraban que la media resultaba una molestia durante la inspección. Las razones fueron las siguientes:

- Sostener la media resultaba agotador luego de un tiempo.
- Al sostener la media, la posición para pararse en una escalera se tornaba inestable.
- La media se enganchara en muescas pequeñas y era arrastrada hacia el tren de rodillos del balancín (ver Figura 5-19).
- La media debía sostenerse de manera tal que la mano no sea arrastrada junto con ella (no enrollarla alrededor del brazo).
- Al estar ocupado con la media, los defectos podían ser pasados por alto.



Figura 5-19: Media enganchada en el cable y arrastrada hacia rodillos de balancín

El uso de una media de nylon permite detectar fácilmente defectos superficiales como roturas de alambres por fatiga, por descargas atmosféricas o melladuras. Sin embargo, el inspector puede perder el foco de atención al manipularla y por ende, perder concentración. Por este motivo sólo debe considerarse su uso como herramienta adicional en una inspección visual regular.

Se debe prestar atención especial para que sólo se las utilice en caso de inspeccionar desde una plataforma de trabajo, en donde el inspector tiene una posición segura y donde sean mínimas las posibilidades de que la media se enganche y sea arrastrada hasta un tren de rodillos u otro componente.

En la Figura 5-21 se muestra la disposición correcta para un agarre seguro de la tela o media de nylon. Otra posibilidad para su manejo seguro es sujetarla a un punto fijo de la estación.



Figura 5-20: Agarre seguro de una media de nylon

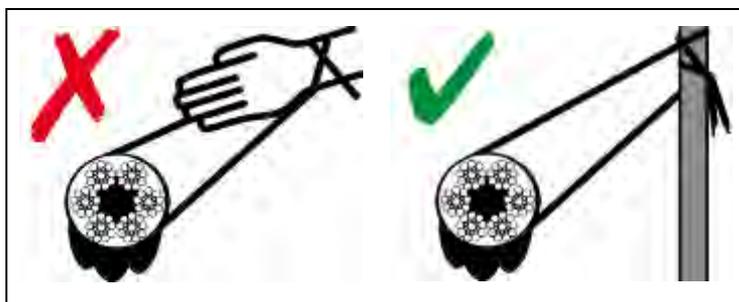


Figura 5-21: Sujeción recomendada a un punto fijo

5.5 Inspección utilizando un espejo

Espejo de mano

En algunas de las inspecciones durante la primera prueba de campo, se utilizó un pequeño espejo de mano (ver Figura 5-22). El objetivo era determinar si el espejo ayudaba a observar una mayor superficie del cable y, por lo tanto, a detectar mayores defectos.

La tasa de detección de fallas utilizando un espejo resultó del 61%, ligeramente inferior a la tasa de detección sin su uso, el cual obtuvo un valor del 63% (comparando con una inspección con 5 minutos de descanso cada 15 minutos).

Vemos entonces que el uso de un espejo no genera un aumento en la tasa de detección de fallas. Los participantes declararon que su uso implicaba un esfuerzo adicional, en gran parte debido a su pequeño tamaño.

Adicionalmente, los rayos del sol se reflejaban en el espejo y generaban distracciones al momento de la inspección. Su uso implica un esfuerzo adicional para la vista y genera cansancio en los ojos con mayor rapidez. La sujeción constante del espejo también genera un cansancio adicional para el brazo, y el manejo se torna inseguro.

En conclusión, debido a su pequeño tamaño, no resulta adecuado utilizar un espejo de mano para la inspección visual de cables.



Figura 5-22: Inspección utilizando espejo de mano

Espejo en estaciones modulares estandarizadas para telesillas monocable

Como se describió en el capítulo 3.3, la segunda prueba de campo se enfocó en estaciones modulares estandarizadas, en donde se utiliza un espejo adicional para la inspección.

Como se puede observar en la Figura 5-23, el sol resultó un factor molesto en un principio. Debido al reflejo directo de los rayos en el espejo, no fue posible realizar la inspección de manera inmediata. Luego de colocar una protección adicional mediante una placa de cartón, la inspección pudo continuar de forma normal (ver Figura 5-24).



Figura 5-23: Sol deslumbrante



Figura 5-24: Utilización de placa de cartón como protección solar

La tasa de detección de fallas para las inspecciones en las que se utilizó un espejo fue en promedio del 64%, resultando similar a la tasa de detección de una inspección sin espejo a 0,3 m/s, la cual obtuvo un 65%.

Para los participantes resultó difícil poder diferenciar la suciedad o grasa, de los defectos reales que se visualizan como una sombra (ej. cortes de alambres). Por lo tanto, el espejo le demandó un mayor nivel de concentración al inspector.

Sin embargo, la tasa de detección demostró claramente que al utilizar un espejo se pueden obtener inspecciones de calidades comparables a una equivalente sin espejo, en el caso que éste sea lo suficientemente largo (mayor longitud visible del cable) y sea utilizado de manera correcta.

También se realizó una inspección sin espejo a modo de comparación. Para ello, una persona se encontraba en la estación, mientras que la segunda permanecía en la primera torre de la instalación. En esta inspección se detectaron todos los defectos. Sin embargo no hay mayores datos, por lo que probablemente este sea un caso aislado.

La prueba se realizó en una instalación cuyo cable no fue especialmente preparado con defectos artificiales. El mismo contaba con defectos reales como se puede ver en la Figura 5-25.

En este caso, se relevó toda la longitud del cable de aproximadamente 3 Km de largo. Se utilizó como herramienta un espejo por debajo de la superficie del cable.



Figura 5-25: Daños hallados durante la inspección

Ambos participantes pudieron comentar sus experiencias en una puesta en común al finalizar la prueba. Coincidieron en que el ruido del motor resultaba molesto durante la inspección. Un elevado nivel sonoro en las cercanías al punto de inspección afecta el poder de concentración del inspector.

La estación de trabajo resultó confortable para ambos inspectores. En la Figura 5-26 se puede apreciar el puesto. Durante la inspección se tomó un descanso, el cual fue utilizado para caminar y distenderse un poco. Se detectaron todos los daños presentes en el cable y fueron comunicados por radio al responsable técnico de la máquina. También se utilizó la radio para detener la instalación durante la inspección, en el caso que los participantes quisieran observar con mayor detalle en ciertos puntos.

La posibilidad de contar con un mecanismo de parada en el puesto de inspección, resulta muy útil ya que permite detener el cable inmediatamente y de forma independiente.



Figura 5-26: Puesto de trabajo en inspección real

5.6 Influencia de los colores de fondo durante una inspección

Durante una de las inspecciones de la segunda prueba de campo, se utilizaron placas de cartón de distintos colores para determinar la influencia del color de fondo sobre la visibilidad de las fallas, y el estrés que los distintos colores generan a la vista. Se probaron los colores gris, blanco, verde oscuro, rojo oscuro y azul oscuro, resultando:

- Azul oscuro: Agradable, no agresivo para el ojo.
- Blanco: Confuso, no resulta un buen fondo.
- Verde: Agradable.
- Gris: No resulta de buen contraste con el color del cable.
- Rojo: Factible de uso, pero se torna desagradable con el transcurso del tiempo.

Por lo tanto, los colores planos y oscuros resultan los más adecuados para utilizar como fondo. Los colores claros resultan deslumbrantes para el ojo y generan un estrés adicional para la vista.

Los fondos artificiales permiten relajar la vista en ocasiones como el invierno, en donde el fondo prevalece de color blanco por la presencia de nieve. En caso que el fondo no sea parejo, como ser por un cartel publicitario, un fondo artificial puede resultar útil para lograr una vista directa sobre el cable y aumentar la concentración.

El sistema de puntaje que se presentará en el capítulo 6 contempla el color del fondo, y provee ejemplos sobre cómo mejorarlo.

5.7 Inspección en cable carril

Para mejorar la inspección visual de cables portantes, el grupo organizador del proyecto presenció una demostración en un teleférico de vaivén, en donde dos inspectores realizaron una inspección visual completa.

Durante la misma, los participantes podían realizar preguntas y discutir lo observado de manera conjunta con los empleados del teleférico.

La instalación contaba con una plataforma que permitía recostarse durante la inspección. Esta permite que simultáneamente dos personas observen los cables por la parte superior, mientras que otros dos inspectores lo podrían hacer desde la parte inferior permaneciendo sentados en una silla (ver Figura 5-27 y Figura 5-28).



Figura 5-27: Plataforma para posicionarse durante una inspección visual



Figura 5-28: Silla utilizada sobre una cabina durante una inspección visual

La siguiente sección reúne las principales conclusiones de la discusión llevada a cabo.

Como primer punto, la condición de iluminación también tiene una gran influencia en la inspección visual en cable carriles. Si el sol genera deslumbramiento, casi no se pueden detectar daños. Esto sucede particularmente cuando el cable se inspecciona desde la parte inferior. Si se utiliza un espejo para observar dicha sección, esto se puede prevenir. En este caso, la inspección se debe realizar en primer lugar observando únicamente la parte superior del cable, y a continuación repetir el procedimiento para la parte inferior utilizando el espejo (orden inverso también aplica).

El mal clima también resulta un desafío para este tipo de inspecciones. Por una parte, la neblina, la nieve y el viento pueden disminuir notablemente la visibilidad, mientras que la lluvia o la nieve sobre el cable pueden tornar muy difícil la detección de los daños, siendo posible pasar por alto ciertas fallas al ser interpretadas como gotas de agua o nieve.

Durante la inspección resulta difícil o casi imposible documentar los daños. Siempre debe haber un empleado adicional (técnico operador) que registre todo lo observado.

Un aspecto muy importante para la inspección de cables portantes, es la seguridad de los empleados. Se debe asegurar que el puesto de trabajo sea seguro durante toda la inspección, y que el inspector cuente siempre con los elementos de protección personal. No debe existir ninguna posibilidad de que durante una inspección los arneses o equipos se atasquen en los balancines, torres o en cualquier otra parte de la cabina.

Además, se debe instruir cuidadosamente a los empleados nuevos sobre cómo vincularse y sujetarse a las estructuras, para garantizar una inspección visual segura.

Si todas las tareas mencionadas anteriormente se aplican a conciencia, no habrá ningún peligro para la seguridad de los empleados.

6 Recomendación para optimizar el puesto de trabajo para inspección visual de cables

Los resultados de las pruebas de campo y su evaluación, se utilizaron entonces para desarrollar un sistema de calificación que permita la evaluación de las condiciones actuales de trabajo para la inspección visual de cables.

Este sistema le permite al operador calificar cada puesto de trabajo que se usa durante una inspección visual tipo A (0,3 m / s) en relación al ambiente de trabajo, el entorno de la inspección y el inspector en sí. Su resultado da una idea de la calidad de la inspección.

Para este sistema de evaluación, se conformó un listado de criterios con los principales factores que influyen durante una inspección visual, los cuales se deben puntuar y sumar. El sistema de calificación puede alcanzar un máximo de 30 puntos. Los criterios se observan en la Tabla 6-1.

Tabla 6-1: Listado de criterios para sistema de calificación

Nro.	Criterio	Puntos máx.
1	Protección contra el clima	1
2	Protección solar / protección contra el deslumbramiento	4
3	Condiciones de iluminación	4
4	Fondo	4
5	Posición y postura	2
6	Detención de la instalación en el puesto de trabajo	1
7	Nivel sonoro	1
8	Distancia al cable	2
9	Longitud de cable visible	2
10	Tiempo de inspección hasta descanso (a 0,3 m/s)	2
11	Estado del cable	4
12	Tipo de movimiento del cable	2
13	Inspector	1
	Suma	30

Los resultados de la evaluación se categorizan en uno de los siguientes grupos, según se observa en la Tabla 6-2.

Tabla 6-2: Categorías del sistema de calificación

Categoría 1 23 - 30 puntos	Categoría 2 17 - 22 puntos	Categoría 3 Menos de 17 puntos
-------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------

No requiere mejorar las condiciones de ensayo

Es posible realizar mejoras para elevar la tasa de detección

Tasa de detección insuficiente. Se recomienda realizar mejoras

Si el puntaje obtenido califica dentro de la Categoría 1, no es necesario mejorar las condiciones ambientales de ensayo. De alcanzar la Categoría 2, es posible mejorar las condiciones dado que las mismas no son las ideales, y la tasa de detección sería menor que en la Categoría 1. En caso que la evaluación resulte dentro de la Categoría 3, se recomienda revisar y mejorar las condiciones de inspección, ya que la tasa de detección de fallas resulta insuficiente para llevar a cabo una inspección visual de cables de forma correcta. Las mejoras deben realizarse para aquellos criterios de evaluación que obtuvieron el puntaje más bajo. Para esto, el sistema de calificación ofrece información adicional y distintas recomendaciones con el objetivo de mejorar las condiciones de trabajo.

A continuación se desarrollan cada uno de los criterios.

1) Protección contra el clima

0 Puntos No disponible

1 Punto Disponible

Contar con protección contra las diferentes condiciones climáticas, como ser la lluvia o nieve, es una ventaja. Especialmente porque permite continuar y concluir una inspección sin mayor inconveniente, cuando el clima cambia durante el transcurso de la misma.

En general, no se deben realizar inspecciones durante tormentas fuertes o nevadas intensas, ya que pueden influenciar en los resultados de la inspección.

2) Protección solar / protección contra el deslumbramiento

0 Puntos Sin protección

2 Puntos Parcialmente protegido (ej. árboles)

4 Puntos Ajustable manualmente – dependiendo de la posición del sol, o protección completa (no hay exposición solar directa)

Es indispensable contar con protección solar y contra el deslumbramiento (ej. por reflexión en superficies brillosas o en un espejo) al realizar una inspección. Los resultados de las pruebas de campo demuestran que disminuye significativamente la tasa de detección, o resulta casi imposible observar correctamente la estructura del cable al trabajar con sol deslumbrante, reflejos en espejos o fondos reflectivos (ver Figura 6-3).

Por lo tanto, este criterio se califica con hasta cuatro puntos.

La protección solar ideal debería ser posible de ajustar según la incidencia de la luz solar a cada momento. Al momento de la inspección, esto se podría implementar fácilmente en la instalación utilizando herramientas sencillas, como una placa de cartón o una sombrilla (ver Figura 6-4 y Figura 6-2).

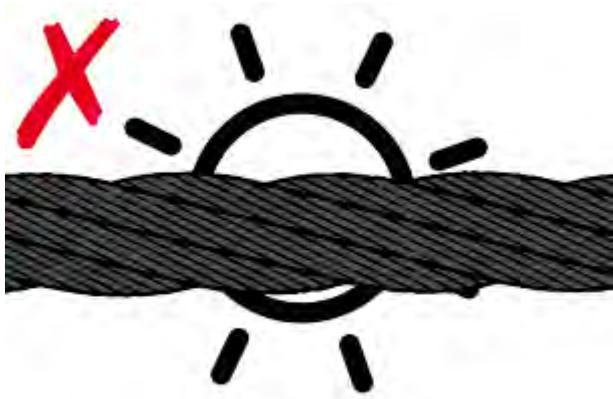


Figura 6-1: Sol deslumbrante de fondo

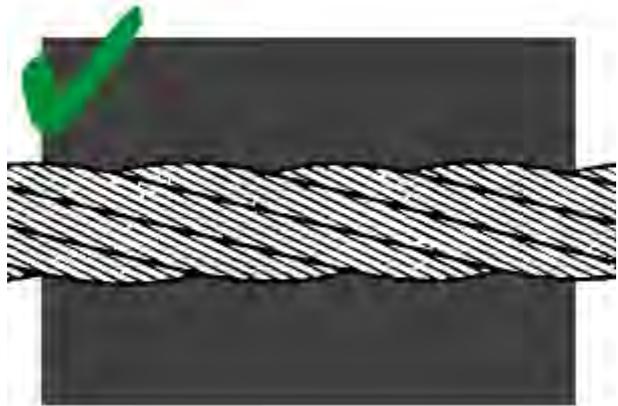


Figura 6-2: Pantalla protectora

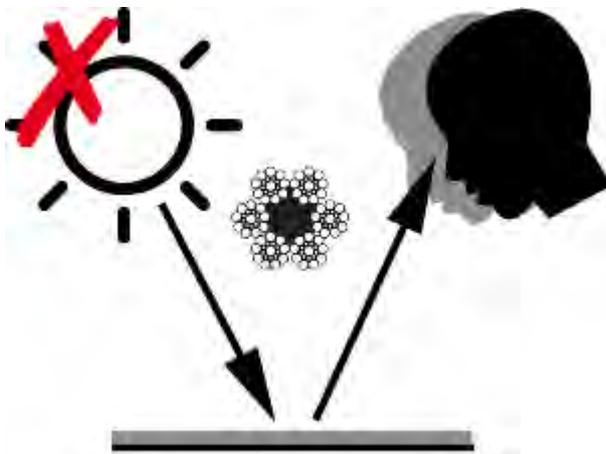


Figura 6-3: Sol deslumbrante a través del espejo



Figura 6-4: Protección mediante sombrilla

3) Nivel de iluminación

0 Puntos	Menor a 300 Lux
2 Puntos	300 – 500 Lux
4 Puntos	Mayor a 500 Lux

El nivel de iluminación es un parámetro muy importante para realizar una inspección visual de manera exitosa. Si el cable no es iluminado lo suficiente, resulta muy difícil detectar aquellas fallas pequeñas u oscuras (ej. daños por descargas atmosféricas). Además, el estrés visual aumenta y se requiere una mayor concentración por parte del inspector.

Hoy en día, además de los luxómetros tradicionales, existen aplicaciones gratuitas para los teléfonos celulares que determinan mediante su cámara, el nivel de iluminación con un nivel de precisión suficiente.

Si durante la inspección se utiliza una fuente de luz adicional, debe asegurarse que la misma no encandile al inspector. Los niveles indicados están orientados en las recomendaciones del Instituto Federal de Seguridad y Medicina del Trabajo (BAuA) en Alemania, y son especialmente recomendadas para trabajos de montaje y control de calidad [12].

4) Fondo

0 Puntos	Fondo desparejo o reflectivos (ej. Carteles publicitarios, superficies brillosas), o cielo directo
2 Puntos	Parejo, fondo claro
4 Puntos	Parejo, fondo oscuro

Contar con un fondo desparejo durante una inspección, tal como un cartel publicitario (ver Figura 6-5), no provee un buen contraste con el cable y por lo tanto, la tasa de detección de fallas disminuye. Este también es el caso de los fondos reflectivos. Tampoco existe un buen contraste si se observa el cable desde la parte inferior hacia la superior, ya que la vista sufre un cansancio adicional. El fondo ideal es aquel que es parejo y oscuro, provee buen contraste y no cansa a la vista (ver Figura 6-6). Los colores más recomendados luego de las pruebas de campo resultan el verde oscuro y el azul oscuro. Para lograr el fondo ideal se puede utilizar por ejemplo una placa de cartón aplicada detrás del cable.

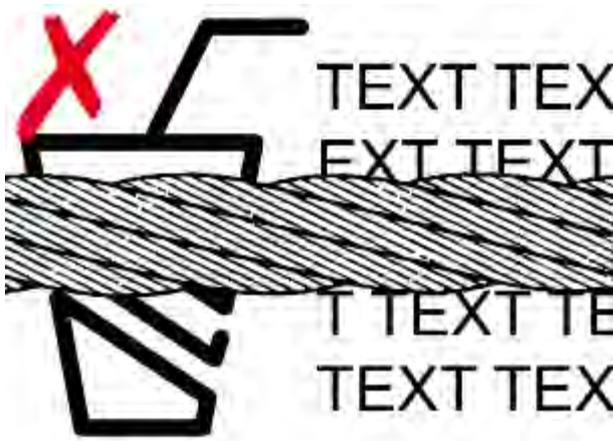


Figura 6-5: Cartel publicitario de fondo

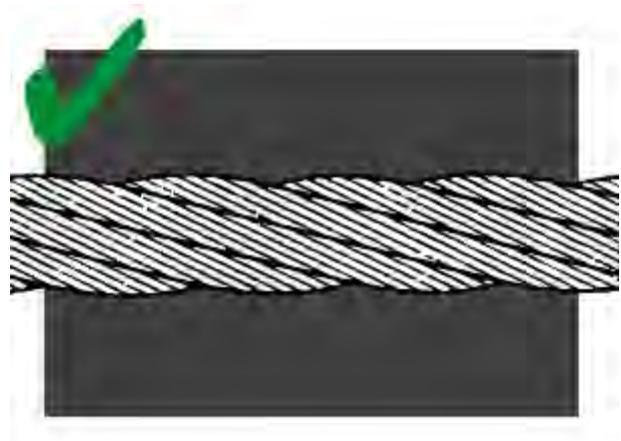


Figura 6-6: Fondo óptimo

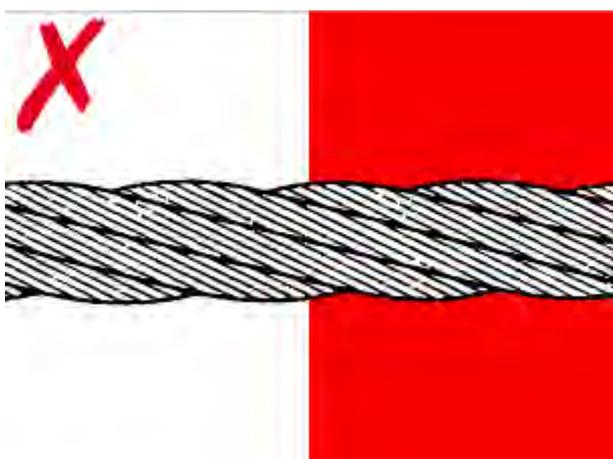


Figura 6-7: Colores de fondo no apropiados

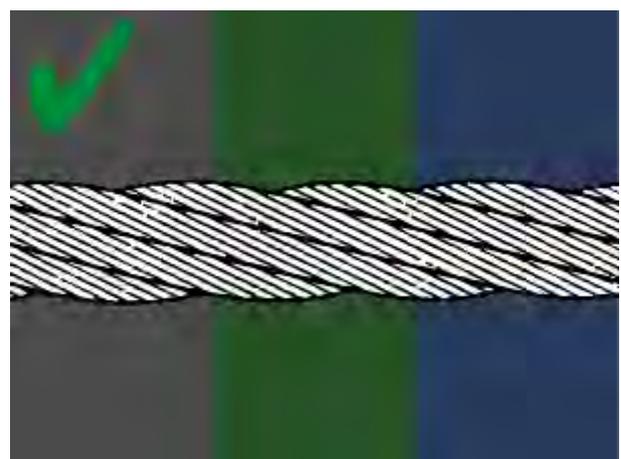


Figura 6-8: Colores de fondo óptimos

5) Posición

- 0 Puntos Sin posibilidad de sentarse o recostarse
- 1 Punto De pie, en posición cómoda
- 2 Puntos Posibilidad de sentarse (o recostarse, para cable carriles)

Contar con la posibilidad de sentarse (o recostarse en el caso de un cable carril) permite realizar la inspección de manera cómoda desde el sector inferior del cable. De esta forma el inspector no estará pendiente de la condición de seguridad de la maniobra, y podrá concentrarse plenamente en la inspección. Por este motivo, de utilizar escaleras se asigna el menor puntaje. En este caso, se debe prestar atención especial a la forma en que se la posiciona. Se recomienda anclar o vincular la escalera al suelo para evitar que se incline o resbale (ver Figura 6-10).



Figura 6-9: Uso no recomendado de escalera

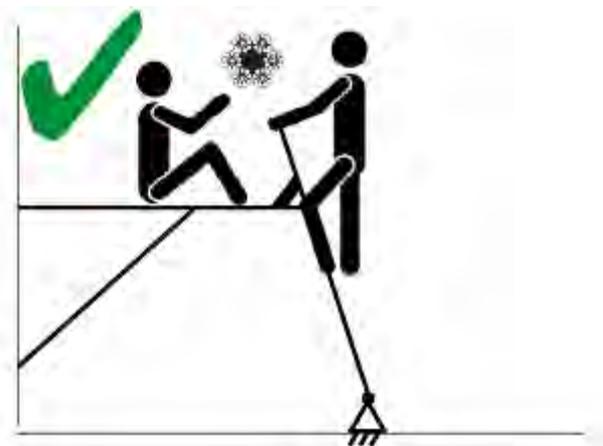


Figura 6-10: Uso recomendado de escalera

6) Detención de la instalación en el punto de inspección

- 0 Puntos No disponible
- 1 Punto Disponible

Una parada en el puesto de trabajo permite detener inmediatamente la instalación en caso de detectar daños en el cable.

7) Nivel sonoro

- 0 Puntos Ruidos molestos
- 1 Punto Silencio

Varias fuentes sonoras pueden resultar molestas, como ser el uso de motores diesel, generadores o ruidos de radiofrecuencia en walkie-talkies. De ser este el caso, se le asigna 0 puntos.

8) Distancia al cable

Cables en movimiento

Diámetros “pequeños” < 25 mm

- 0 Puntos >1,2 m, máx. 1,8 m
- 1 Punto 0,7 – 1,2 m
- 2 Puntos < 0,7 m (distancia óptima)

Diámetros “grandes” > 25 mm

- 0 Puntos >1,5 m, máx. 2 m
- 1 Punto 1,0 – 1,5 m
- 2 Puntos < 1 m (distancia óptima)

Cable portante:

0 Puntos	>1,5 m, máx. 2 m
1 Punto	1,0 – 1,5 m
2 Puntos	< 1 m (distancia óptima)

La distancia óptima al cable varía según su diámetro y construcción.

Para cada caso, su valor será equivalente a la distancia en la que sea perfectamente distinguible cada uno de los alambres exteriores de un cordón.



Figura 6-11: Mal posicionamiento para inspección en cable carril. Cerca de 45° de la sección del cable no se visualiza.

Figura 6-12: Posicionamiento correcto para inspección en cable carril

9) Longitud de cable visible

0 Puntos	< 1 m
1 Punto	1 – 2 m
2 Puntos	> 2 m

Una amplia longitud visible de cable, permite seguir con la mirada el rastro de un defecto, y de esta forma verificar sus características con mayor facilidad.

La posición de inspección (sentado, de pie o recostado) debe ser elegida de manera de poder observar la mayor longitud de cable posible.

Si la longitud visible del cable es menor a un metro, ya sea por diseño de la estación o por la longitud del espejo utilizado, se deberá calificar con 0 puntos.

10) Tiempo de inspección hasta un descanso, a 0,3 m/s

0 Puntos	Más de 90 minutos
1 Punto	Hasta 90 minutos
2 Puntos	Hasta 45 minutos

Basado en los resultados de las pruebas de campo y en la vasta experiencia del grupo de investigación, se establece en 45 minutos la duración óptima de una inspección hasta un descanso. Transcurrido este tiempo se comienzan a evidenciar los primeros signos de fatiga.

11) Estado del cable

0 Puntos	Lubricante y suciedad presente
2 Puntos	Superficie moderadamente limpia
4 Puntos	Superficie limpia

El estado de limpieza del cable es un criterio muy importante para realizar una inspección exitosa. La norma DIN EN 12927 especifica “Antes de la inspección, el cable y sus fijaciones deben limpiarse a fin de obtener una superficie que permita una evaluación precisa de la condición externa del cable. [13]

Un exceso de lubricante o suciedad localizada puede perjudicar la inspección ya que se podrían cubrir los defectos. El operador debe asegurarse que haya la menor cantidad de suciedad posible en el cable.

Las siguientes imágenes muestran distintas condiciones en las que se puede encontrar un cable de acero.



Figura 6-13: Cable sucio - no es posible realizar la inspección



Figura 6-14: Suciedad entre cordones - difícil de inspeccionar



Figura 6-15: Cable limpio

12) Movimiento del cable

0 Puntos	Movimiento brusco o con oscilaciones
1 Punto	Movimiento suave

Un movimiento oscilatorio o brusco del cable hace que la inspección se torne muy dificultosa, ya que la concentración disminuye rápidamente y con ello la tasa de detección de fallas. Ante esto, el lugar de trabajo para una inspección debe ser en un punto de la línea donde se garantice un movimiento suave del cable. De ser necesario, debe disminuirse la velocidad del cable (siguiendo los criterios de la norma).

13) Personal de inspección

0 Puntos	Instruidos o con conocimiento de posibles defectos
1 Punto	Inspector experimentado

Es recomendable instruir previamente a las personas que realizarán las inspecciones acerca de los posibles defectos que se pueden llegar a detectar. El sistema de calificación ofrece una serie de imágenes con distintos ejemplos para poder evaluar de una mejor manera los daños y sus consecuencias, las cuales pueden resultar útiles aún siendo un inspector experimentado (ver capítulo 5.2.3).

A continuación, se detallan los requerimientos básicos a cumplir por el personal de inspección.

Detalle de requisitos para el personal de inspección:

- Un inspector adecuado es una persona física y mentalmente capaz de realizar Ensayos No Destructivos, lo cual incluye:
 - Agudeza visual
 - Alta fiabilidad
 - Buen poder de concentración
 - Aptitud física
 - Altamente motivado
 - Conciencia de la condición de seguridad
- Debe recibir instrucciones sobre el objetivo de la inspección
 - Reconocimiento de daños externos (seguimiento de la progresión del desgaste, corrosión y daños superficiales)
 - Control de variaciones dimensionales locales
- Resulta ventajoso tener conocimiento básico de los distintos tipos de cables y sus características especiales. Se debe focalizar especialmente en el cable utilizado en particular en cada instalación.
 - Construcción del cable, tipo de alma
 - Empalme (nudos, puntas)
 - Terminales
- Debe contar con todas las herramientas necesarias para llevar a cabo la inspección, entre los cuales se destacan:
 - Elementos de medición (cinta métrica y calibre, preferentemente de mandíbulas anchas)
 - Material para marcar el cable (Pintura, cinta, etc.)

- Material para documentación (protocolo de inspección)
- Cámara de fotos
- Información sobre defectos hallados en inspecciones previas (informes previos de inspección visual o ensayos magnetográficos)
- Conocimiento en daños importantes que se pueden encontrar en una inspección. Más adelante se verán una serie de ejemplos (ver sistema de puntaje anexo).

7 Informe de una inspección visual de cables de acero

Además de ejecutar a conciencia y de manera precisa una inspección visual de cables, es muy importante documentar sus resultados. De esta manera podríamos detectar de manera temprana variaciones importantes en el diámetro de un cable por ejemplo, o la necesidad de una reparación en particular.

Para esto se desarrolló para el caso de un cable compuesto por seis cordones y un empalme, un modelo de informe de inspección a modo de ejemplo.

El modelo se divide en tres secciones. En primer lugar, se documenta información general de la instalación, como ser el nombre, tipo de cable, nombre del inspector. En segundo lugar, se registran los hallazgos de la inspección, así como el historial del cable.

Este punto incluye:

- Medición del diámetro y paso del cable en tres puntos. (Por ejemplo, (10 m después del final del empalme o 10 m antes de la cabina 1, sección central del cable, 10 m antes del comienzo del empalme o 10 m antes de la cabina 2)
- Mediciones sobre nudos y puntas del empalme
- Hallazgos de roturas de alambres o alambres sueltos en el empalme
- Defectos hallados en el cable (incluyendo la posición en metros, y especificando si el mismo fue fotografiado o marcado)

Finalmente se debe dejar asentado si es necesario realizar acción correctiva o reparación, fijando plazos y fechas límites.

El informe de inspección debe ser firmado luego por una persona responsable (gerente operacional, gerente técnico)

En el anexo se incluye una plantilla modelo de un informe de inspección.

8 Inspección mediante dispositivo óptico (OID)

*Autores: Stefan Messmer, Materials Technology Institute (IWT AG);
Operadores de teleféricos y usuarios de Winspect.*

Desde hace aproximadamente diez años, existen dispositivos de inspección ópticos (OID). En algunos países están autorizados como herramienta de soporte técnico para la inspección visual de cables.

Tanto los proveedores de servicio como los operadores de teleféricos utilizan estos dispositivos hoy en día, elevando los niveles de experiencia a más de 100 km de longitud de cable inspeccionada por año. La siguiente información fue constituida a partir de datos provistos por ambos usuarios.

El desarrollo de estos dispositivos partió de una iniciativa de las compañías de seguro. Debido al peligro que resulta trabajar cerca de un cable en movimiento, resultaba de su interés reducir los riesgos durante estos trabajos. Con la ayuda de estos equipos ahora es posible inspeccionar el cable desde una distancia segura, e involucrar a un menor número de empleados en tal tarea. El desarrollo actual de hardware y software de procesamiento de imágenes digitales permite una rápida grabación, lo que disminuye el tiempo muerto de la instalación en comparación con una inspección visual convencional. Muchos operadores consideran esto como una ventaja, ya que sólo se necesitan unos pocos empleados entrenados y experimentados para operar el dispositivo de inspección y evaluar sus resultados. A medida que la experiencia del empleado con estos equipos aumenta, los tiempos de evaluación se reducen aún más.

La calidad de grabación de estos dispositivos satisface las necesidades requeridas para la inspección de cables cerrados y cables a cordones. Incluso los defectos pequeños como ser marcas o inclusiones entre alambres, resultan visibles al ojo humano en las grabaciones. Sin embargo, esta no alcanza un nivel de imagen de alta resolución como el que se podría obtener con una macro cámara. La calidad de las grabaciones permiten realizar inspecciones visuales considerablemente mejores que en una inspección convencional a 0,3 m/s, pero es posible que las aceleraciones o desaceleraciones causen distorsión de la señal. Estas partes se deberán inspeccionar luego manualmente.

Evaluación parcialmente automatizada

Un software de análisis de imágenes tiene como objetivo identificar irregularidades en las imágenes mediante diferentes métodos y como resultado, proporciona una lista de anomalías que el usuario debe categorizar en la mayoría de los casos. Durante una inspección visual regular realizada por un inspector, este proceso ocurre de manera intuitiva.

- **Rotura de alambres y alambres faltantes:** La capacidad de reconocimiento de las roturas de alambres y de los alambres faltantes depende de la condición del cable y de la calidad de la grabación (iluminación, nitidez y posibles reflexiones) y, si se ejecuta correctamente, es comparable con una inspección visual de cables convencional. Al no tener puntos ciegos, la tasa de detección de falla puede ser mayor que en una inspección realizada por dos personas observando en dos direcciones distintas.
- **Aplastamientos, melladuras, daños externos:** Resulta posible detectar numerosos defectos de estos tipos mediante la evaluación parcialmente automatizada. En la

mayoría de los casos, resultaban desconocidos tanto por los operadores como por las empresas de servicios de inspección.

- **Descargas atmosféricas:** Debido a la rareza de este tipo de incidente (en comparación con las roturas convencionales de alambres), no se dispone de cifras comparativas confiables. Mediante la experiencia diaria del grupo de inspección, es posible detectar algunos impactos por descargas atmosféricas que no se conocían previamente.
- **Distorsión de alambres y en la simetría del cable:** Generalmente, el software detecta estos daños. No es posible asegurar cuantitativamente su fiabilidad.

El software muestra también una variedad de posiciones que el usuario puede eliminar:

- **Puntos coloridos o con manchas de grasa:** A menudo, los cables nuevos cuentan con una línea de color que durante la fabricación y la operación ayudan a detectar cambios en el paso del cableado. La evaluación automática ocasionalmente puede detectar esos cambios de colores, identificando hasta seis puntos distintos en un paso de cableado. Problemas similares pueden ocurrir si hay manchas de grasa visible en la superficie del cable. Por lo tanto, al igual que en una inspección visual convencional, es recomendable contar con la superficie del cable tan limpia como sea posible.
- **Puntos brillantes:** Los cables galvanizados tienden a generar puntos brillantes en las fotografías con excesiva cantidad de luz. Aún con una iluminación adecuada, resulta inevitable que se generen estos puntos. Por lo general, son marcados como anomalías por el software.

El software provee una medición continua del diámetro y del paso para toda la longitud del cable. En una inspección convencional es imposible poder adquirir esta cantidad de información y resulta una gran ventaja para la evaluación y documentación. De esta manera se pueden detectar los siguientes inconvenientes:

Paso:

- Giros excesivos del cable
- Giros entre cabinas en estaciones mal alineadas (ver Figura 8-1)
- Incidentes durante la producción (Ej. Paradas en etapa de cierre del cable, ver Figura 8-2)

Diámetro:

- Desgaste localizado en el alma
- Abrasión y deformación de la sección transversal
- Longitud y rango de diámetros en toda la zona del empalme

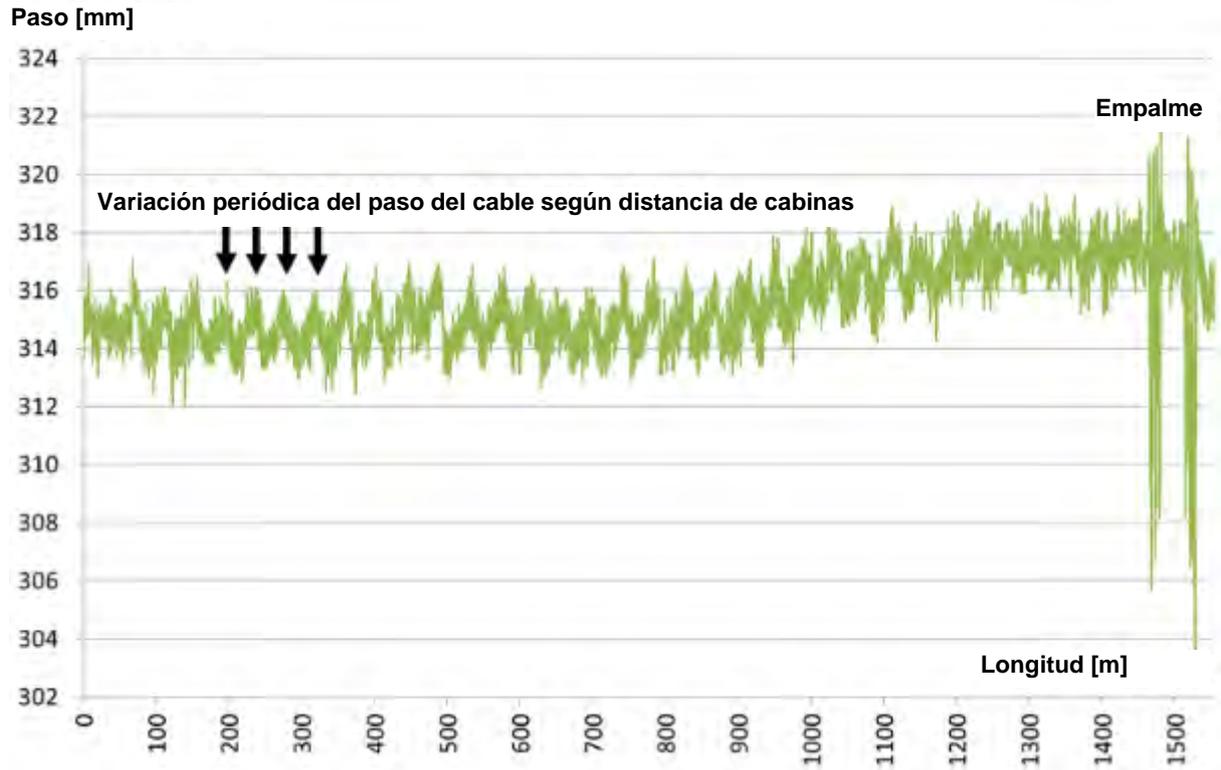


Figura 8-1: Señal en una instalación monocable de pinza desembagable - el paso del cable muestra variaciones periódicas según la distancia de las cabinas

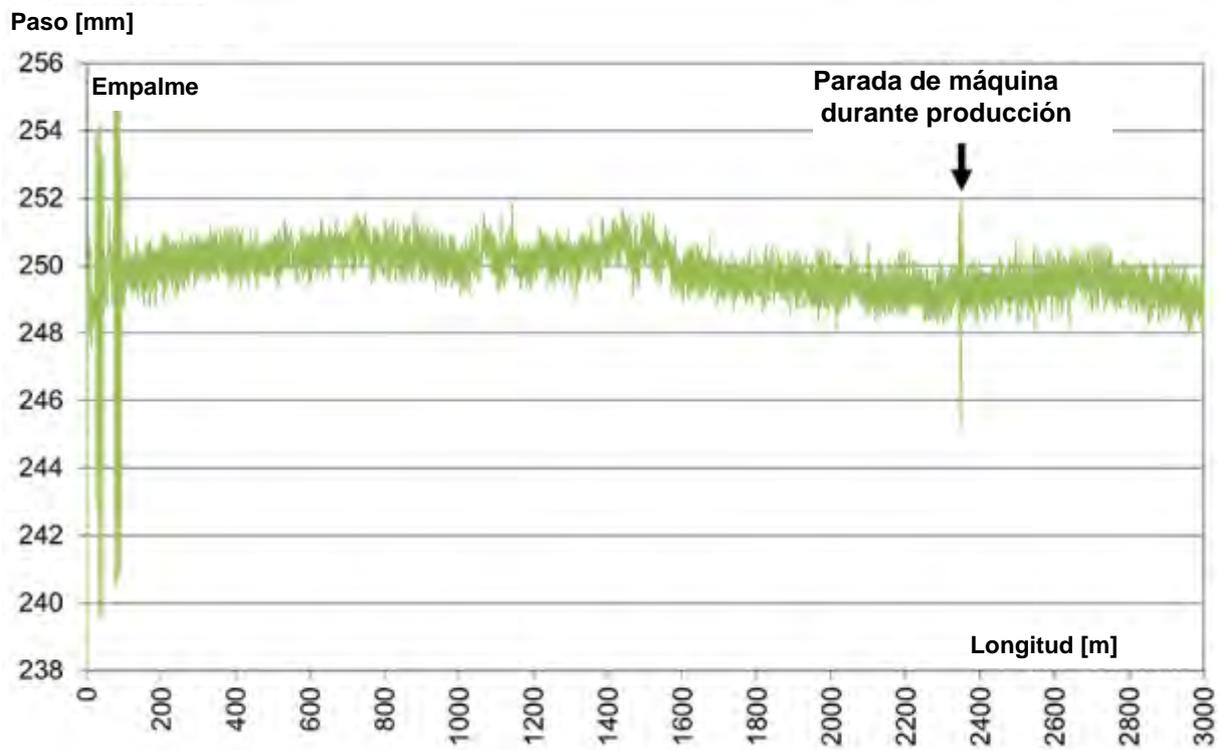


Figura 8-2: Visualización de parada de máquina durante la producción del cable en instalación monocable

Los dispositivos de inspección ópticos compensan algunas de las limitaciones de los equipos magnetográficos respecto de la detección de daños superficiales y constituyen una mejora sustancial en la inspección de cables de acero. Otra gran ventaja de estos equipos es que todas las observaciones que resulten de una inspección, quedan identificadas y documentadas para un sencillo acceso.

La Tabla 8-1 muestra las ventajas y desventajas de una inspección visual mediante dispositivo óptico, respecto de una inspección manual convencional.

Tabla 8-1: Diferencias entre inspección convencional vs. inspección con dispositivo óptico

Desventajas	Consistencia	Ventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación retrasada. La verificación manual sólo es posible al finalizar • Pérdida de información a color debido a grabaciones en blanco y negro • No es posible tocar el cable • Impresiones de calidad (ej. lubricación) resultan imposibles • Costo • No todas las partes del cable son accesibles (Ej. Fijaciones, manguitos, sector de torres en cables portantes) • Debido al tiempo de instalación, no se puede hacer una inspección extraordinaria inmediata. • Personal capacitado para la evaluación de los resultados 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocimiento de daños típicos (rotura de alambre, impacto de rayo, distorsión, aplastamientos, etc.) • Tasa de detección de fallas similar • Límites físicos de visibilidad similares (perspectiva, reflejos, suciedad, hielo, etc.) • Dependencia de la calidad de la inspección de factores como vibraciones y clima • Para las inspecciones de seguimiento debe comenzarse en un punto definido (Ej. empalme) • La vibración de los cables tractores podría disminuir la calidad de los resultados 	<ul style="list-style-type: none"> • Independiente del factor humano • Menor necesidad de empleados calificados durante el ensayo • Ahorro de tiempo en parada de la instalación • Documentación • Registro completo de diámetro y paso • Mejoras en la seguridad de los empleados

9 Resumen

La presente recomendación comienza con una descripción general del estado actual de la técnica, enfocándose en las condiciones del lugar de trabajo. Estas dependen del tipo de instalación y del tipo de cable. Se describe mediante ejemplos, la necesidad de la inspección visual de cables, explicando los peligros que representan los daños superficiales en un cable y sus posibles consecuencias.

Para la ejecución de las pruebas de campo, que determinaron la confiabilidad de la inspección visual de cables de acero, el objetivo era reproducir de manera artificial los posibles daños que conducen al descarte. Los daños causados por la caída de un rayo, la rotura de uno o varios alambres, los aplastamientos, la corrosión en la zona de contacto entre cordones y la corrosión generalizada fueron abstraídos en distintos tipos de reproducciones artificiales mediante pruebas sistemáticas optimizadas por el IFT.

Veinte personas participaron en la primera prueba de campo, en donde se implementaron diferentes condiciones en el lugar de trabajo, y distintos tipos de inspecciones. Se realizaron pruebas en telesillas de pinza fija inspecciones con y sin interrupciones, con y sin herramientas y a diferentes velocidades. Los participantes podían exponer su experiencia previa e hicieron su autoevaluación en cuestionarios entregados durante las inspecciones. La segunda prueba, en la que también participaron los organizadores del proyecto, se centró en las estaciones modulares estandarizadas para telesillas monocable y en la inspección de cable carriles.

Gracias a las pruebas de campo, fue posible determinar por primera vez la tasa de detección de daños para la inspección visual de cables. Los resultados muestran que, entre otras cosas, la velocidad del cable tiene una gran importancia en el valor obtenido. A 1m/s, disminuye casi un 30% en comparación con la obtenida a 0,3 m/s.

Al contrario de lo que se esperaba, la experiencia del inspector no tiene tanta influencia en la tasa de detección de fallas. Los participantes con una experiencia mayor a 200 inspecciones previas alcanzaron la misma tasa de detección que participantes sin ninguna experiencia. Sin embargo, la repetibilidad aumenta con la experiencia, y la tasa de detección de daños aumenta constantemente. Resulta indispensable contar con una instrucción previa a la primera inspección para garantizar un conocimiento básico sobre cables de acero.

Las condiciones de iluminación y fondo tienen una gran influencia en la tasa de detección de fallas de una inspección. Si hay un sol deslumbrante o si el inspector mira directamente hacia el cielo, aquellos tipos de defectos que no tienen un alto contraste (ej. descarga atmosférica o rotura de múltiples alambres) generalmente no se detectan.

Un fondo desparejo, como el que da un cartel publicitario, tampoco genera un buen contraste con el cable, y genera distracción del inspector durante la inspección. Una posibilidad fácil para mejorar esta condición es aplicar una placa de cartón detrás del cable. Pudo determinarse que los colores oscuros, especialmente el azul, verde o gris resultan los más adecuados. Por contrario, los colores brillantes como el blanco o rojo no son recomendados.

Para la inspección en cable carriles, la condición de iluminación también tiene una gran influencia en la capacidad de detección de fallas. Debido a la situación particular en la que la inspección se debe realizar desde el techo de la cabina, en el carro superior o en un asiento especial, resulta indispensable proveer de equipamiento de seguridad al personal y de instrucciones previas para llevar a cabo la inspección.

La inspección visual en estaciones modulares estandarizadas para telesillas monocable, se realiza mediante un espejo instalado debajo del cable, el cual permite visualizar fácilmente la superficie de la cara inferior del cable. Al utilizar un espejo, también es muy importante la condición de iluminación. Si existe una iluminación adecuada que no provoque deslumbramiento al inspector, y si el espejo tiene una longitud considerable, este resulta una gran herramienta para la realización de la inspección, especialmente cuando las condiciones de espacio son limitadas dentro de la estación, o cuando se inspecciona cable carriles.

Algunos operadores utilizan medias de nylon para detectar daños en la superficie del cable. La evaluación del cuestionario posterior a la inspección muestra que este método solo debe utilizarse de manera adicional a la inspección visual, ya que la media solo detectaría las fallas en la que la misma se atasca. Su uso podría ser un factor de peligro adicional para el inspector, por lo tanto no se la debe sujetar con la mano o envolverla alrededor del brazo.

Además de ejecutar la inspección en las condiciones precisas, la documentación de los resultados es una parte muy importante a realizar durante el desarrollo de la misma, y una vez finalizada. Para este propósito se desarrolló un modelo de informe de inspección, en donde se registran los puntos más importantes a considerar. Este modelo incluye información general, mediciones de diámetro, paso, longitud del empalme, historial previo y nuevos defectos detectados, así como las medidas de reparación que fueran necesarias.

Por primera vez se pudo estipular una serie de hallazgos y determinaciones para la inspección visual de cables, respecto de la influencia real de factores como la condición de iluminación o las características del puesto de trabajo. Estos hallazgos fueron la base para el desarrollo de un sistema de evaluación, que permite a los operadores calificar sus propios ambientes de trabajo respecto de una serie de criterios y, de ser necesario, considerar mejoras.

El sistema de evaluación se centra en factores como la protección contra el clima, las condiciones de iluminación, el fondo, la longitud de cable visible, la duración de la inspección o las características del personal de inspección. Es posible alcanzar un máximo de 30 puntos y el resultado debe analizarse según una de las tres categorías establecidas. Esto informará si son necesarias mejoras en el lugar de trabajo. Además, el sistema proporciona recomendaciones sobre la limpieza del cable y los conocimientos básicos que debe tener un inspector. Mediante gráficos y sugerencias, se facilita el procedimiento para que el operador evalúe y mejore los lugares de trabajo.

10 Bibliografía

- [1] *prEN 12927 - Rev. 2016-06-17, Safety requirements for cableway installations designed to carry persons - Ropes, number 13.3.6.*
- [2] e. a. S. Pernot, "Magnetic Rope Testing," Grenoble, Apr. 2008.
- [3] OITAF Work-Committee No II, *Book 3 - Survey of Magnetic Rope Testing of steel wire ropes*. Bozen: International organization for transportation by rope, 2015.
- [4] Georg A. Kopanakis, "Über die visuelle Inspektion von Seilbahnseilen," *Internationale Seilbahnrundschau*.
- [5] Dr. Stefan Messmer, "Seilprüfung heute," Wallisellen, 2008.
- [6] K. Walter, *Schlussbericht über den Schaden am Tragseil "B" der Luftseilbahn Mürren-Birg*. Verfügbar unter: <https://www2.sust.admin.ch/pdfs/BS/pdf/4020390.pdf> (27.01.2017).
- [7] Klaus Feyrer, *Drahtseile: Bemessung, Betrieb, Sicherheit*, 2. Aufl. Berlin: Springer, 2000.
- [8] *DIN EN 12385-2:2003-04, Stahldrahtseile – Sicherheit – Teil 2: Begriffe, Bezeichnung und Klassifizierung*.
- [9] Pfeifer Seil- und Hebeteknik GmbH, *Prospekt Seilmessmittel PFEIFER dt.* Verfügbar unter:
http://www.pfeifer.de/fileadmin/user_upload/DE_doc/seiltechnik/Download/kundeninfo/Prospekt_Seilmessmittel_PFEIFER_dt.pdf (26.01.2017).
- [10] "Neues Schlaglängenmessgerät für Litzen- und Spiralseile," *Seilbahnen International Magazin*, S. 30, http://www.simagazin.com/media/files/si6_web.pdf.
- [11] A. H. Peyerl, "Seilkontrolle durch Augenschein," *Internationale Berg- und Seilbahn-Rundschau*, 1968, S. 50, 1968.
- [12] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, *Technische Regeln für Arbeitsstätten - ASR 3.4 Beleuchtung*. Verfügbar unter: http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Arbeitsstaetten/ASR/pdf/ASR-A3-4.pdf?__blob=publicationFile (30.01.2017).
- [13] *DIN EN 12927-7:2005-07: Safety requirements for cableway installations designed to carry persons - Ropes - Part 7: Inspection, repair and maintenance*.

Anexo

Cuestionario previo a la inspección

Participante numero: _____

General questions:

¿Se siente en forma y bien descansado? Si No

¿Usa anteojos? Si No Dioptrías: _____

Inspección Visual de Cables:

Aproximadamente, ¿cuántas inspecciones visuales de cable ha realizado? _____

¿Cuántas inspecciones realiza por año? _____

¿Cuántos kilómetros de cable inspecciona por año aproximadamente? _____

Ejecución de la Inspección Visual de Cables:

- ¿Realiza la inspección de noche o de día? _____

- ¿Qué tipo de iluminación utiliza de noche? _____

- ¿Toma descansos durante la inspección? _____

- En caso de tomar descansos, ¿cada cuánto los hace y de qué duración? _____

- ¿Cuántas personas inspeccionan el cable? Diferencie según el tipo de cable.
(cable tractor, cable portador-tractor, cable portante)

Mediciones

Describe cómo toma la medición del diámetro del cable.

Describe cómo toma la medición del paso del cable.

¿Qué considera que podría ser difícil al medir el diámetro y el paso del cable?
Considere los distintos métodos de medición y los errores que podrían implicar.

Herramientas/Aplicaciones

¿Utiliza alguna herramienta como medias de nylon o lana para pulir?

Si No

En caso afirmativo,
¿cuáles?

¿Qué piensa sobre el método para inspecciones excepcionales utilizando herramientas como medias de nylon? (Algunos operadores de medios de arrastre utilizan este método Suiza)

¿Cree que puede detectar todos los defectos con este método?

¿Utiliza un espejo al inspeccionar cables tractores? Yes No

En caso afirmativo, ¿qué clase de espejo utiliza? (Espejo de bolsillo, espejo rectangular grande, etc.)

Auto-evaluación:

¿Qué expectativas tiene sobre su inspección?

¿Cuántos defectos cree que va a detectar?

75-100 %

50-75 %

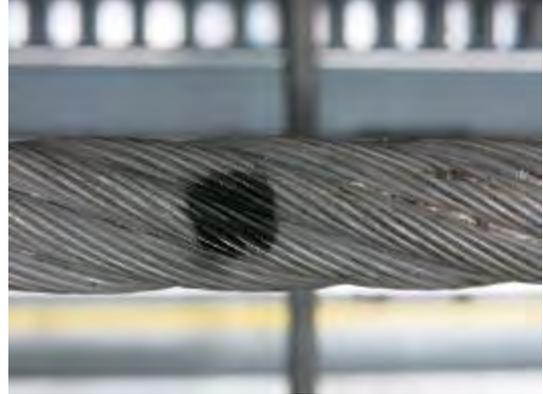
25-50 %

0-25 %

¿Cuál es el daño más pequeño que cree capaz de detectar?



Corrosion en valles de cordones



1.5 x diámetro de cordón



1 x diámetro de cordón



0.5 x diámetro de cordón



Aplastamientos

¿Qué defectos cree que son importantes de encontrar durante una inspección?

¿Cuáles son las características más importantes que debe cumplir un inspector y su ambiente de trabajo?
(¿Qué espera de un inspector, cómo debería ser su plataforma y ambiente de trabajo?)

¿Qué considera especialmente desagradable durante una inspección? (Por ejemplo trabajar sobre una escalera) Incluir condiciones para la inspección de cables portantes

Cuestionario posterior a la inspección

Participante Número: _____

Estación

¿En qué estación realizó la inspección?

Hexenkessel superior Längenfelder

Hexenkessel valle

Paso: _____

Diámetro: _____

Describe el estado del cable (antigüedad, lubricación, etc.)

Inspección

¿Inspeccionó todo el cable sin descansar?

Si

No

¿Encontró algún daño?

Si

No

¿Cada cuánto solicitó detener la marcha del cable?

¿Qué defectos fueron especialmente **fáciles** de detectar?

¿Qué defectos fueron especialmente **difíciles** de detectar?

¿Tuvo problemas para concentrarse?

Si

No

¿En qué momentos? (aproximadamente)

¿Se distrajo en algún momento?

Si

No

¿Qué lo distrajo?

¿Hablaba con su compañero de inspección? ¿Cuán seguido?

Constante

Seguido

Casi nunca

Nunca

¿Cuán seguido dejaba de mirar al cable para descansar y recuperar la vista?

Cada 1 min

Cada 1-5 min.

Más de 5 min.

No sabe

¿Usó algún método particular para descansar la vista o para aumentar el nivel de concentración?

Inspección con descansos

¿Cuántos descansos tomó?

¿Cuánto duraban?

¿Cree que fueron útiles y que estuvo más concentrado luego de descansar?

Si

No

Ambiente y plataforma de trabajo

¿Era cómoda su plataforma de trabajo?

Si

No

En caso de no serlo, ¿qué podría haber sido mejor?

Describa su posición frente al cable:

- ¿Permanecía de pie o sentado?
- ¿Miraba al cable desde arriba o desde abajo?
- ¿A qué distancia del cable se encontraba?

¿Contaba con iluminación suficiente?

Si No

¿Había alguna influencia molesta del ambiente?
(Por ejemplo, mucha luz solar)

Si No

En caso afirmativo, ¿cuáles?

¿Utilizó alguna herramienta? (Media de nylon, trapos, etc.)

Si No

En caso afirmativo,
¿cuáles?

¿Cree que el uso de herramientas le fue útil? Detallar por qué.

Revisión – Aspectos positivos/negativos sobre este tipo de inspección

Lugar												Fecha			
Instalación															
Cable															
Inspector															
Clima												Temperatura	°C		
Datos del cable [mm]															
Ø nominal						Paso nominal									
	Posición 1¹				Posición 2²				Posición 3³						
Ø Máx.															
Ø Mín.															
Ø															
Paso															
Empalme	T1	K1	T1'2	K2	T2'3	K3	T3'4	K4	T4'5	K5	T5'6	K6	T6'		
Ø _{max} [mm]															
Ø _{min} [mm]															
Cortes visibles															
Falta de alambres															
Notas															
Notas / historial del cable															
Reparaciones (¿Qué, cuándo?)															
Otros															
Resultados de la inspección (Daño, ubicación, ¿fue marcado o fotografiado?)											Punto de referencia/inicio				
Mantenimiento/Reparación (marcar el indicado)															
Acción correctiva requerida (establecer plazos máximos)											No requiere acciones correctivas				
Nombre y apellido del responsable:															
Firma y fecha del responsable:															

TIPO A	Calificación del entorno de inspección
	Inspección visual de cables

Lugar		Fecha	
Instalación			
Cable		Estación	
Puntuado por			

Criterio				Puntos asignados
Protección contra el clima				
1	0	No disponible		
	1	Disponible		
Protección solar / deslumbramiento				
4	0	Sin protección		
	2	Parcialmente protegido (ej. Por árboles)		
	4	Ajustable manualmente (dependiendo de la posición del sol, o protección completa)		
Condiciones de iluminación				
4	0	Menor a 300 lux		
	2	300 – 500 lux		
	4	Mayor a 500 lux		
Fondo				
4	0	Fondo no parejo o reflectivo (Ej. Carteles publicitarios, superficies brillosas) o cielo directo		
	2	Parejo, fondo claro		
	4	Parejo, fondo oscuro		
Posición				
2	0	Sin posibilidad de sentarse o recostarse		
	1	De pie, en posición cómoda		
	2	Con posibilidad de sentarse (o recostarse para cable carril)		
Posibilidad de detención de la instalación en puesto de trabajo				
1	0	No disponible		
	1	Disponible		
Nivel de ruido				
1	0	Ruidos molestos		
	1	Silencio		
Distancia al cable				
2		Cables en movimiento		Cable portante
		\varnothing cable > 25 mm	\varnothing cable < 25 mm	
	0	> 1.5 m - máx. 2 m	> 1.2 m - máx. 1.8 m	> 1.2 m
	1	1.0 – 1.5 m	0.7 – 1.2 m	0.7 – 1.2 m
2	< 1 m (óptimo)	< 0.7 m (óptimo)	< 0.7 m (óptimo)	
Longitud de cable visible				
2	0	< 1 m		
	1	1 – 2 m		
	2	> 2 m		
Tiempo de inspección hasta tomar un descanso, a 0.3 m/s				
2	0	Más de 90 min		
	1	Hasta 90 min		
	2	Hasta 45 min		
Estado del cable				
4	0	Lubricantes / suciedad presente		
	2	Superficie moderadamente limpia		
	4	Superficie limpia		
Movimiento del cable				
2	0	Movimientos bruscos / oscilaciones		
	2	Movimiento suave		
Personal de inspección				
1	0	Instruido / con conocimiento sobre posibles defectos		
	1	Inspector experimentado		
Suma				/30

Información importante para el uso del sistema de calificación para la inspección visual de cables

¡La calificación debe realizarse de forma separada para cada estación de inspección!
(Por lo tanto, uno para cada inspector y estación de trabajo)

Los resultados de la calificación deben categorizarse según los siguientes grupos.

Categoría 1 23 - 30 puntos	Categoría 2 17 - 22 puntos	Categoría 3 Menos de 17 puntos
No requiere mejorar las condiciones de la inspección	Es posible realizar mejoras para elevar la tasa de detección	Tasa de detección insuficiente. Se recomienda realizar mejoras

Protección solar / protección contra el deslumbramiento

Si el puesto de inspección está parcialmente protegido del sol, o la protección depende de la hora en que se lleve a cabo la inspección.



Imagen 1: Sol deslumbrante de fondo - Mal contraste con el cable

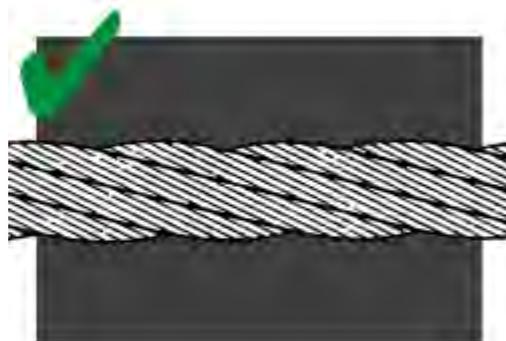


Imagen 2: Pantalla protectora cubre del sol - Muy Buena visibilidad del cable

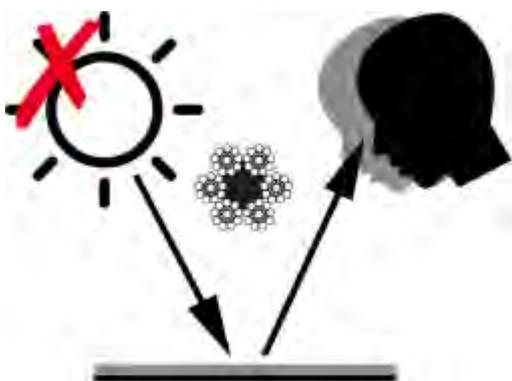


Imagen 3: Reflejo del sol a través del espejo



Imagen 4: Protección solar previene los reflejos

Condiciones de iluminación:

- La luz diurna se considera mayor a 500 lux
- Las fuentes de luz artificial deben colocarse de manera que no encandilen a los inspectores
- La iluminación debe ser constante durante una inspección. (En el caso de un día parcialmente nublado por ejemplo, puede no resultar constante)

Fondo

Fondos desparejos o brillantes perturban el poder de concentración.

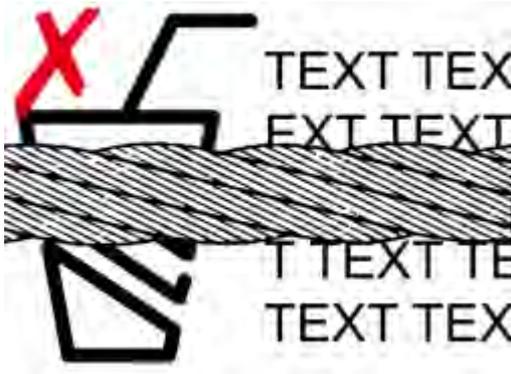


Imagen 5: Cartel publicitario de fondo

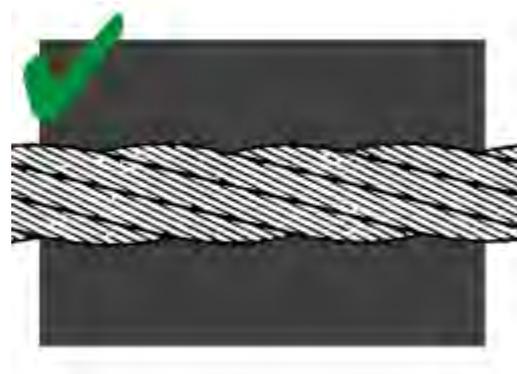


Imagen 6: Fondo óptimo

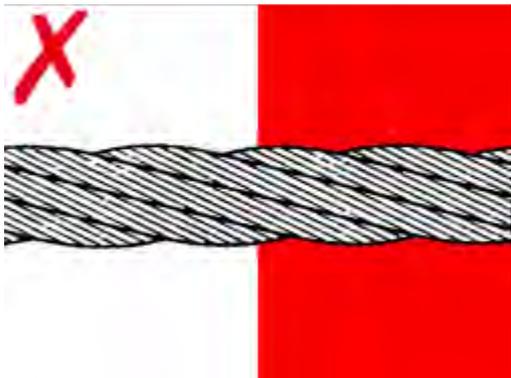
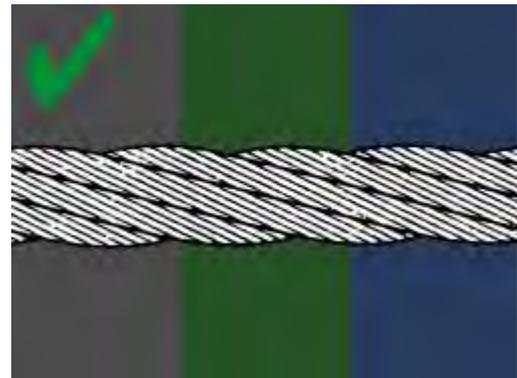


Imagen 7: Colores no apropiados



Picture 8: Colores de fondo óptimos

Posibilidad de sentarse:

El uso de escaleras debe calificarse con 0 puntos



Imagen 9: Uso no recomendado de escaleras

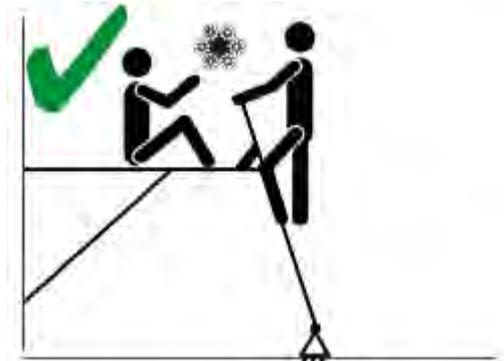


Imagen 10: Uso recomendado de escaleras

Posibilidad de detención

Una parada en el puesto de trabajo permite detener inmediatamente la instalación en el caso de detectar daños.

Nivel de ruido:

Además del ruido del motor, otras fuentes de ruido deben calificarse con 0 puntos, como en el caso de motores de emergencia diesel, o ruidos por radiofrecuencia.

Distancia al cable:

La posibilidad de sentarse o permanecer de pie, debe ajustarse de manera de lograr una distancia óptima al cable en caso de ser posible

Se alcanza una distancia óptima cuando se puede distinguir todos los alambres exteriores de un cordón de manera clara.



Imagen 10: Mal posicionamiento para inspección en cable carril. Cerca de 45° de la sección del cable no se visualizan.

Imagen 11: Posicionamiento correcto para inspección

Longitud de cable visible:

- Ante la posibilidad de sentarse, recostarse o permanecer de pie, se debe optar por la posición que permita observar la mayor longitud de cable posible.
- Una longitud de cable visible menor a 1 m, o un espejo incorporado a la estación de longitud menor a 1 m, debe calificarse con 0 puntos.

Estado del cable

- El cable debe estar lo suficientemente limpio como para garantizar una inspección exitosa. No es posible inspeccionar un cable cubierto por lubricante y/o suciedad.
- Las siguientes imágenes muestran distintas condiciones en las que se puede encontrar un cable.



Imagen 12: Cable muy sucio - ¡No es posible realizar la inspección!



Imagen 13: Suciedad entre cordones – Difícil de inspeccionar



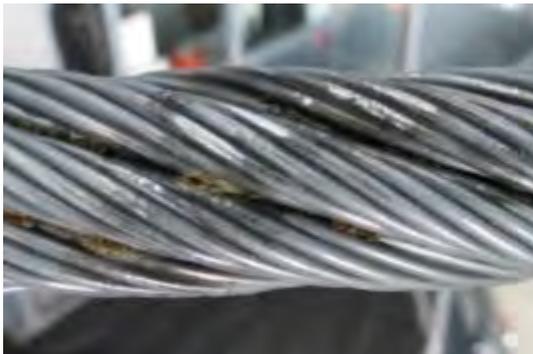
Imagen 14: Cable limpio

Perfil de requisitos para el personal de inspección:

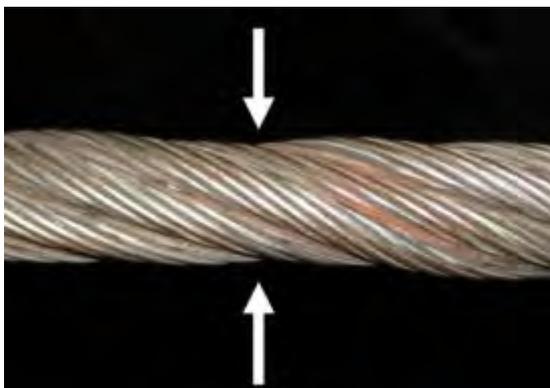
- Un inspector adecuado es una persona física y mentalmente capaz de realizar un Ensayo No Destructivo. Esto incluye:
 - Agudeza visual
 - Alta fiabilidad
 - Buen poder de concentración
 - Aptitud física
 - Altamente motivado
 - Conciencia de la condición de seguridad
- Debe recibir instrucciones sobre el objetivo de la inspección
 - Reconocimiento de daños externos (seguimiento de la progresión del desgaste, corrosión y daños superficiales)
 - Control de variaciones dimensionales locales
- Resulta ventajoso el conocimiento básico de los distintos tipos de cables y sus características especiales. Se debe focalizar especialmente en el cable utilizado de manera particular en cada instalación.
 - Construcción del cable, tipo de alma
 - Empalme(nudos, puntas)
 - Terminales
- Debe contar con todas las herramientas necesarias para llevar a cabo la inspección, entre los cuales se destacan:
 - Elementos de medición(cinta métrica, calibre preferentemente de mandíbulas anchas)
 - Material para marcar el cable (Pintura, cinta, etc.)
 - Material para documentación (modelo de informe de inspección)
 - Cámara de fotos
 - Información sobre defectos hallados en inspecciones previas (informes previos de inspección visual o ensayos magnetográficos)
- Información sobre defectos hallados en inspecciones previas (informes previos de inspección visual o ensayos magnetográficos).

A continuación se muestran una serie de ejemplos.

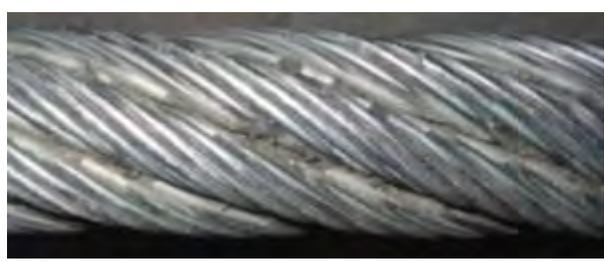
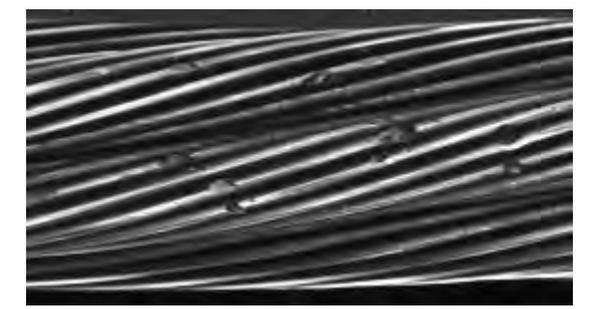
Ejemplos de defectos posibles en cables a cordones

Descargas atmosféricas / Paso de corriente	
	
	
	
	

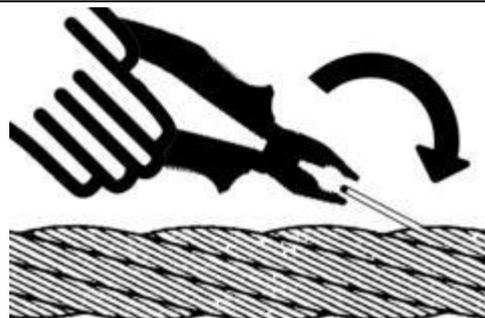
Corrosión



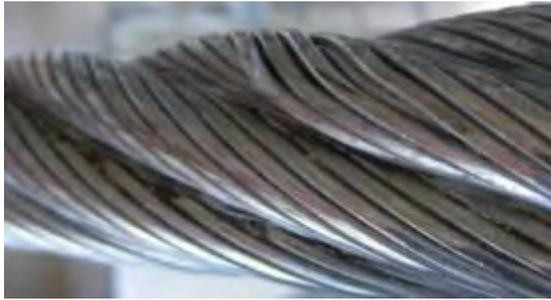
Aplastamientos / Melladuras



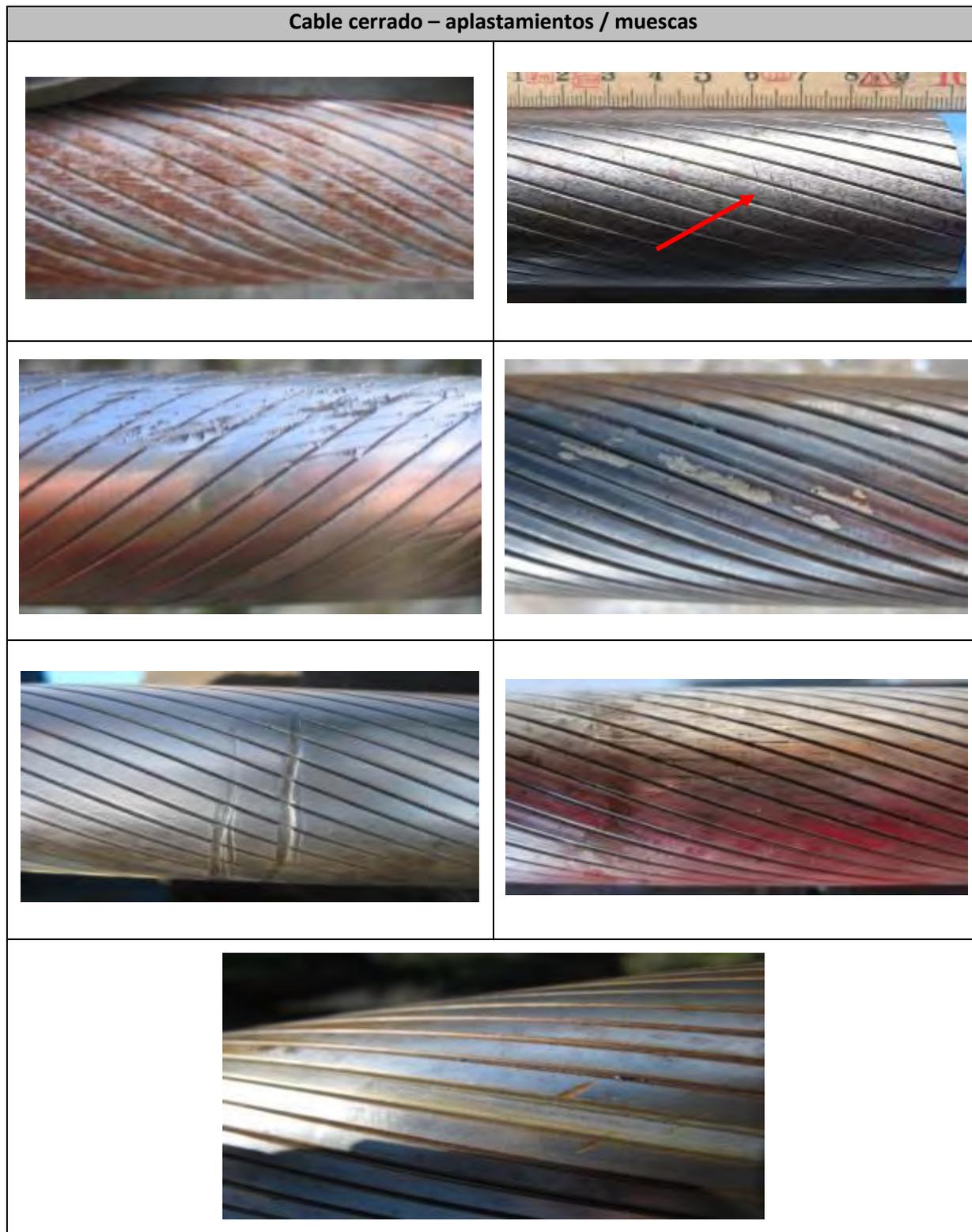
Rotura de alambre



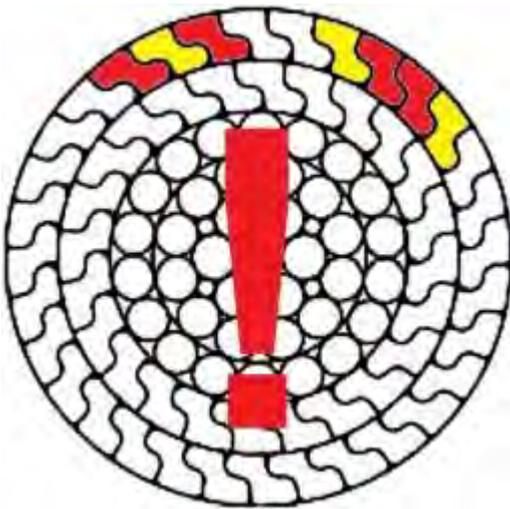
Distorsiones



Ejemplos de fallas en cables cerrados



Cable cerrado – Roturas de alambres



“Criterio de descarte”, EN12927-6:2004, §6.1.4: Deterioro local

“Dos hilos exteriores adyacentes rotos de un cable carril cerrado (cable carril) o dos hilos rotos separados por un hilo intacto”