

Resumen

El tema desarrollado en esta investigación es referente a los cables de acero.

El conflicto en los cables de acero se produce, donde el desgaste es severo, lo que ocurre generalmente en zonas donde se tiene mayor concentración de alambres cortados, donde los esfuerzos son desiguales en los cordones, donde los esfuerzos locales debido a la flexión del cable sobre las poleas son excesivos, cuando el cable esta empotrado al equipo en el cual se usa o cuando el alambre se corroe.

Para evitar lo antes descrito, debe tomarse en consideración las posibles consecuencias resultantes de la falla del cable especialmente cuando esta en juego la vida de personas, como por ejemplo, ascensores. También cuando se transportan cucharas con metal fundido.

Con el fin de evitar estos accidentes, es que se le realizan a los cables de acero, diversos ensayos para conocer con exactitud sus características.

Los alambres están fabricados por aceros estructurales, los cuales tienen como característica su bajo contenido de carbono

INTRODUCCIÓN

En nuestros tiempos cada segmento de nuestra moderna sociedad industrial depende de cables de alambre de acero, en alguna fase de su funcionamiento.

Hoy en día, el cable de acero es una necesidad, la cual ha sido desarrollada y elaborada con precisión

El uso del cable de acero es múltiple, ya que se puede encontrar trabajando como una piola de freno en diversos medios de transporte (bicicletas, automóviles, etc...), soportando el peso de personas en un ascensor o funicular, en des para pesca industrial y también se puede hallar trabajando en la maquinaria pesada de la minería, por lo que es importante saber que características debe cumplir el cable para cada trabajo al cual será sometido.

Es importante saber cual es el factor de seguridad para cada caso, sobre todo donde se ve involucrada la integridad física de personas

Finalmente, el cuidado y mantenimiento adecuado que se debe tener con el cable es preponderante para obtener una mayor vida útil, por lo tanto es importante saber cual es la forma más adecuada de manejo y cuales son los agentes que más lo dañan.

CABLES DE ACERO

El Cable de Acero es una máquina simple, que está compuesto de un conjunto de elementos que transmiten fuerzas, movimientos y energía entre dos puntos, de una manera predeterminada para lograr un fin deseado.

El conocimiento pleno del inherente potencial y uso de un Cable de Acero, es esencial para elegir el cable más adecuado para una faena o equipo, tomando en cuenta la gran cantidad de tipos de cables disponibles.

Cada cable de acero, con sus variables de diámetro, construcción, calidad de alambre, torcido, y su alma; se diseñan y fabrican cumpliendo las Normas Internacionales como:

- American Petroleum Institute (A.P.I. Standard 9A)
- American Federal Specification (RR–W–410D)
- American Society For Testing & Materials (A.S.T.M.)
- British Standards Institute (B.S.)
- Deutsches Normenausschuss (D.I.N.)
- International Organization for Standardization (I.S.O.)

El entendimiento completo de las características de un cable de acero es esencial e involucra un conocimiento profundo de las condiciones de trabajo, factores de carga y resistencias del cable, porque hay que tener presente que: "donde hay un cable de acero trabajando, hay vidas humanas en juego y que frecuentemente es usado como un fusible en los diferentes equipos".

Para este efecto comenzaremos a describir un cable de acero, indicando el nombre de cada elemento que lo compone, con el fin de tener un vocabulario de acuerdo a lo que a continuación se menciona.

CABLE DE ACERO Y SUS ELEMENTOS

- *Alambre*: Es el componente básico del cable de acero, el cual es fabricado en diversas calidades, según el uso al que se destine el cable final.
- *Torón*: Está formado por un número de alambres de acuerdo a su construcción, que son enrollados helicoidalmente alrededor de un centro, en una o varias capas.
- *Alma*: Es el eje central del cable donde se enrollan los torones. Esta alma puede ser de acero, fibras naturales o de polipropileno.
- *Cable*: Es el producto final que está formado por varios torones, que son enrollados helicoidalmente alrededor de un alma.

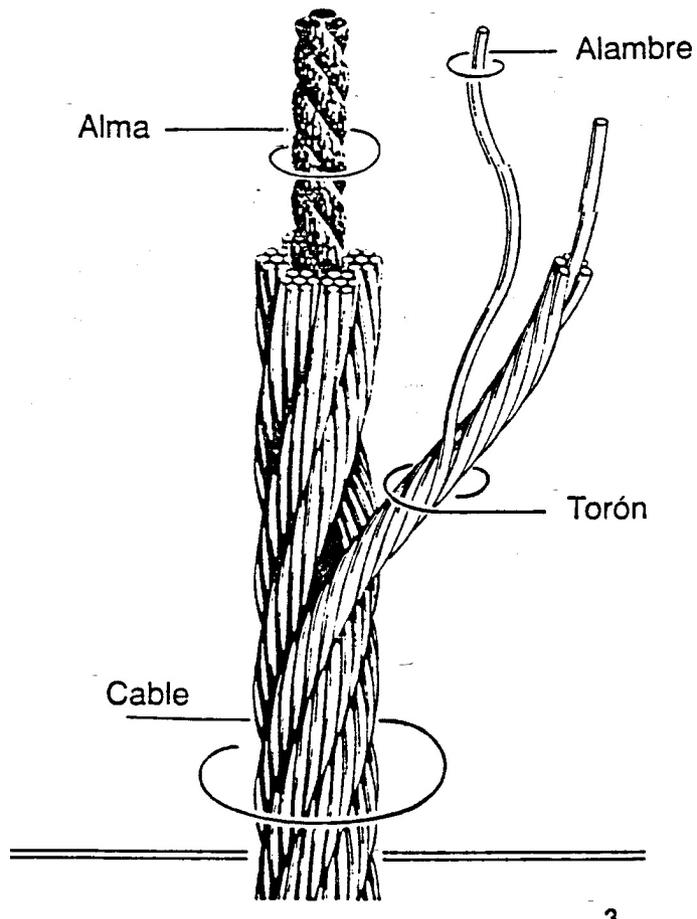
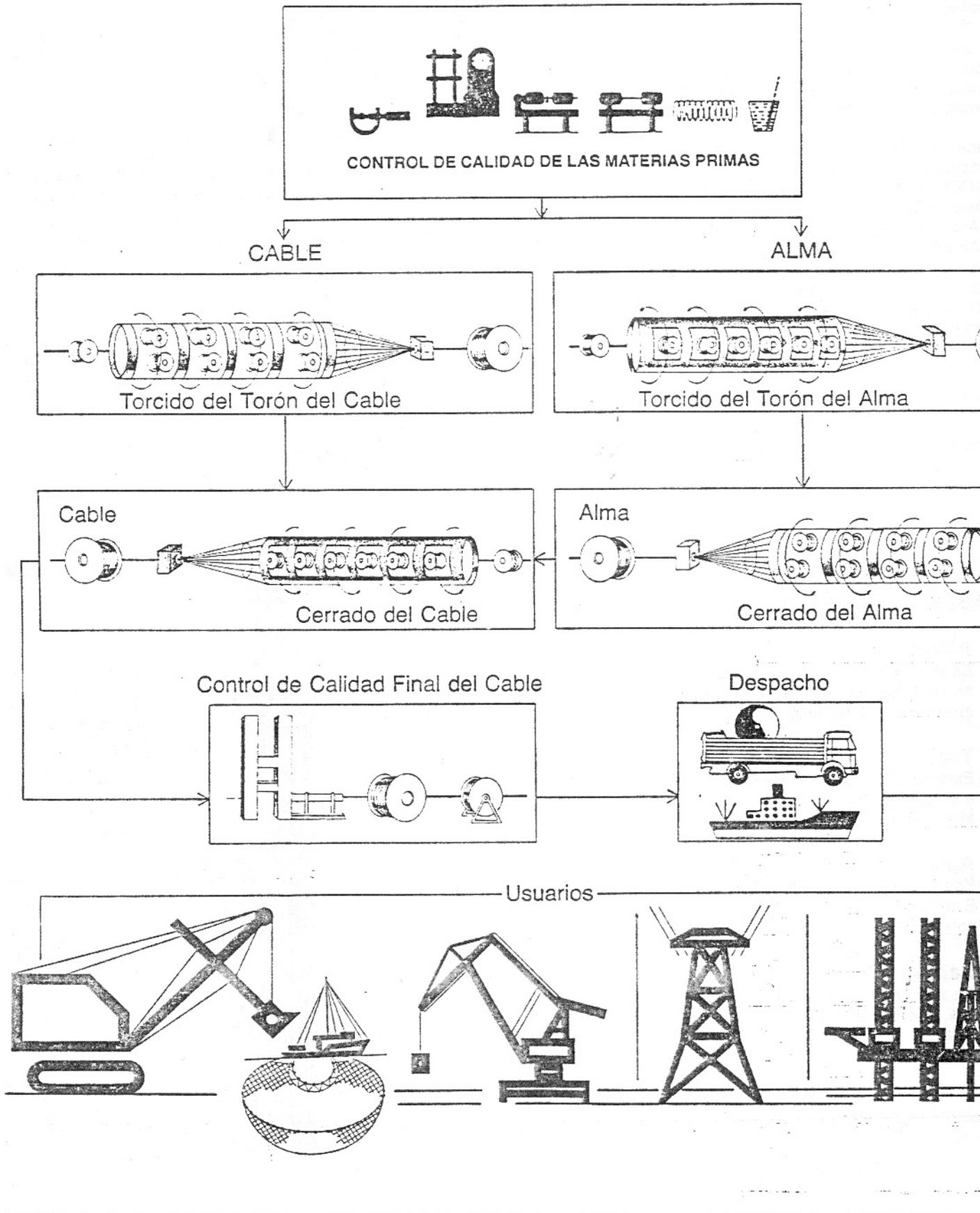


Diagrama de Producción del Cable de Acero

ALAMBRES



ALAMBRES PARA CABLES DE ACERO

Los alambres para la producción de cables de acero se clasifican en: Tipos, Clases y Grados.

- *Tipos*

Según su recubrimiento y terminación serán de tres tipos:

- Tipo NB: Negro brillante.
- Tipo GT: Trefilados después de zincados.
- Tipo G : Zincados después de trefilados.

- Clases

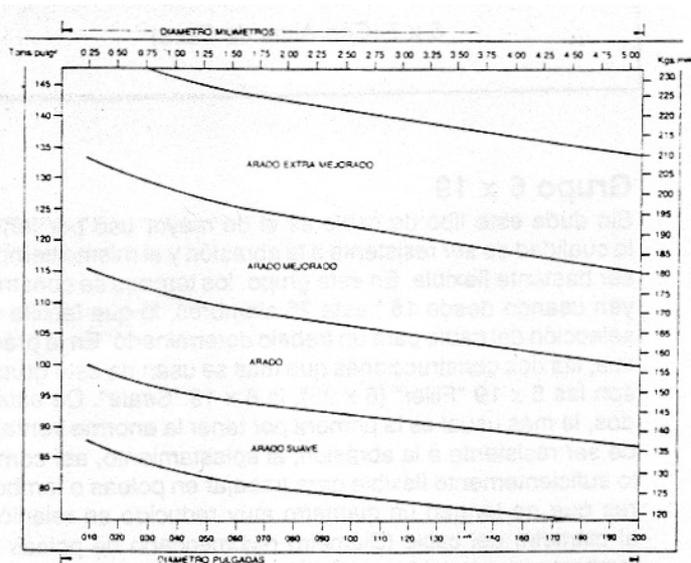
Según la cantidad de zinc por unidad de superficie serán de dos clases:

- Clase A: Zincado grueso, (pesado).
- Clase Z: Zincado liviano.

- *Grados*

Según la calidad nominal del acero de sus alambres, definida por su resistencia nominal a la tracción, número de torsiones, doblados, adherencia del recubrimiento de zinc, uniformidad del recubrimiento de zinc y peso del recubrimiento de zinc se designaran por:

	<i>NOMBRE COMÚN</i>	<i>RESISTENCIA NOMINAL A LA TRACCIÓN [Kg / mm²]</i>
Grado 1	Acero de tracción	120 – 140
Grado 2	Arado suave	140 – 160
Grado 3	Arado	160 – 180
Grado 4	Arado mejorado	180 – 210
Grado 5	Arado extra mejorado	210 – 245
Grado 6	Siemens–Martin	70 mínimo
Grado 7	Alta resistencia	100 mínimo
Grado 8	Extra alta resistencia	135 mínimo



- El grado 1 solo se usara con alambre sin zincar.
- Los grados del 2 a 5 se usaran con alambre con o sin zincado.
- Los grados del 6 al 8 se usaran solo con alambre zincado.
- Cuando el alambre sea zincado se agregara una G en la designación.
- Los grados 1, 2, 3, 4 se consideraran corrientes.
- La calidad de los grados 5, 6, 7, 8 pueden ser establecidas por convenio entre comprador y productor o vendedor, el intervalo de resistencia a la tracción será inferior o igual a 20 Kg/mm².
- *Designación de los alambres*

Los alambres para cables de acero se designan por su diámetro nominal, grado del acero, luego entre paréntesis se anota el intervalo de resistencia a la tracción, el tipo y clase de terminación.

- *Obtención de materiales*

Los alambres para cables de acero se pueden obtener por el siguiente método:

Por trefilado en frío de aceros laminados en caliente. El acero utilizado debe cumplir requisitos tales como:

- Obtenerse por cualquier proceso básico, excepto el de convertidor Bessemer Thomas (aire o mezcla aire oxígeno).
- Tener un contenido de azufre inferior o igual a 0.050% y de fósforo inferior a 0.050%. En el caso que se requiera un alambre zincado, este deberá aplicarse electrolíticamente o por inmersión en caliente, el zinc deberá tener una pureza igual o superior a 98.5%.

Los alambres obtenidos mediante este método son almacenados en: rollos, bobinas o quesos. Los alambres que no han sido galvanizados son bañados en aceite para evitar su oxidación ya que esta influye en la resistencia a la tracción sobre todo en los alambres de menor diámetro. El resto de los alambres son almacenados sin ninguna clase de recubrimiento que los proteja.

En CHILE el fabricante de alambres es INCHALAM, el cual produce todas las clases de alambres que se utilizan en la fabricación de cables de acero, su planta está ubicada en Talcahuano.

A CHILE también llega alambre de distintos países como: JAPÓN, SUDÁFRICA, EE.UU., PERÚ y ARGENTINA.

- *Formas, dimensiones y tolerancias*

Los alambres para cables de acero son de sección circular, con un diámetro que varía de 0.19 hasta 5 mm (la variación del diámetro depende del fabricante).

Se les realiza una comprobación de su diámetro con dos dimensiones, a 90° una de otra, en la misma sección del alambre, las cuales deben quedar dentro de las tolerancias dadas en la tabla referente a los grados.

- *Selección*

El alambre para cable de acero se selecciona según el tipo de cable que se quiera fabricar, es así como se utiliza un alambre galvanizado para cables que trabajaran en ambientes húmedos. Depende también de la flexibilidad que se le quiera dar al cable, así como de la cantidad de alambres que llevara y del trato al cual será sometido este.

- *Ensayos*

Los alambres para cables de acero son sometidos a varios procesos de ensayo para comprobar su calidad, los ensayos a los que son sometidos son:

- Ensayo de tracción.
- Ensayo de torsión.
- Ensayo de doblado.
- Determinación de la adherencia del recubrimiento de zinc.
- Ensayo de uniformidad del recubrimiento de zinc.
- Determinación del peso del recubrimiento de zinc.

TORONES

Los Torones de un cable de acero, están formados por un determinado número de alambres enrollados helicoidalmente alrededor de un alambre central y dispuestos en una o más capas. A cada número y disposición de los alambres se les llama CONSTRUCCION y que son fabricados generalmente según el concepto moderno, en una sola operación con todos los alambres torcidos en el mismo sentido, conjuntamente en una forma paralela. En esta manera se evitan cruces y roces de los alambres en las capas interiores, que debilitan el cable y reducen su vida útil y puede fallar sin previo aviso.

Las principales construcciones de los torones, se pueden clasificar en tres grupos:

- Grupo 7: Incluyen construcciones que tienen desde 3 a 14 alambres.
- Grupo 19: Incluyen construcciones que tienen desde 15 a 26 alambres.
- Grupo 37: Incluyen construcciones que tienen desde 27 a 49 alambres.

El torón según el requerimiento del cable final, puede ser torcido a la derecha o a la izquierda.

ALMAS

El Alma es el eje central o núcleo de un cable, alrededor del cual van colocados los torones.

Su función es servir como base del cable, conservando su redondez, soportando la presión de los torones y manteniendo las distancias o espacios correctos entre ellos.

Hay dos tipos principales de Almas:

- Fibra (Naturales y Sintéticas)
- Acero (de Torón o Independiente)

- *Alma de Fibras Naturales*

Estas pueden ser "Sisal" o "Manila", que son fibras largas y duras. Existen también de "Yute", "Cáñamo" o "Algodón", pero no se recomiendan por ser blandas y se descomponen rápidamente, pero sí está permitido usar estas fibras como un relleno en ciertas aplicaciones y construcciones.

En general las Almas de Fibras Naturales se usan en cables de ingeniería (Ascensores y cables de izaje de minas), porque amortiguan las cargas y descargas por aceleraciones o frenadas bruscas.

Se recomienda no usar en ambientes húmedos y/o altas temperaturas (sobre 80°C).

- *Alma de Fibras Sintéticas*

Se han probado varias fibras sintéticas, pero lo más satisfactorio hasta hoy día es el "Polipropileno". Este material tiene características físicas muy similares a "Manila" o "Sisal", y tiene una resistencia muy superior a la descomposición provocada por la salinidad. Su única desventaja es ser un material muy abrasivo entre sí, por lo tanto, tiende a perder su consistencia si está sujeto a muchos ciclos de operación sobre poleas con mucha tensión. Por esta razón un alma de "Polipropileno" no es recomendable en cables para uso en ascensores o piques de minas. Generalmente se usa en cables galvanizados para pesca y faenas marítimas, dando en estas actividades excelentes resultados.

No debe emplearse en ambientes de altas temperaturas.

- *Alma de Acero de Torón*

Un cable con un alma de Torón es un cable donde el alma está formada por un solo Torón, cuya construcción generalmente es la misma que los torones exteriores del cable. Principalmente, esta configuración corresponde a cables cuyo diámetro es inferior a 9.5 mm (3/8").

- *Alma de Acero Independiente*

Esta es en realidad otro cable de acero en el núcleo o centro del cable y generalmente su construcción es de 7 torones con 7 alambres cada uno (7 x 7).

Un cable de acero con un Alma de Acero de Torón o Independiente, tiene una resistencia a la tracción y al aplastamiento superior a un cable con alma de fibra, pero tiene una menor elasticidad.

Se recomienda el uso de cables con Alma de Acero, donde hay altas temperaturas (superiores a 80°C) como en hornos de fundición o donde existan altas presiones sobre el cable, como por ejemplo en los equipos de perforación petrolera, palas o dragas mecánicas.

- *Alma de Acero Plastificada*

Últimamente se ha desarrollado Alma de Acero Plástica, cuya característica principal radica en eliminar el roce entre los alambres del alma con los alambres del torón del cable (su uso principal está en los cables compactados).

CABLES

Como se ha dicho, el cable es el producto final y se identifica por el número de torones y el número de 2 alambres de cada torón, su tipo de alma y si son negros o galvanizados.

- *Grupos*

Las principales grupos de cables son:

- *Grupo 6x7 (con 3 a 14 alambres por torón)*

Aunque hay varias alternativas en esta serie la más común es donde cada uno de los seis torones que forman el cable, está construido de una sola hilera de alambres colocado alrededor de un alambre central. Debido a que el número de alambres (7) que forman el torón es reducido, nos encontramos con una construcción de cable armado por alambres gruesos que son muy resistentes a la abrasión, pero no recomendable para aplicaciones donde requiere flexibilidad.

Diámetro mínimo de poleas y tambores. 42 veces el diámetro del cable.

- *Grupo 6X19 (Con 15 a 26 Alambres por Torón)*

Existen varias combinaciones y construcciones de cables en este grupo, los torones se construyen usando de 15 hasta 26 alambres, lo que facilita la selección del cable más adecuado para un trabajo determinado.

Anteriormente, la construcción más en uso en cables mayores a 8 mm. de diámetro era la construcción 6x 19 Filler (12/6F/6/1), conocido también como 6x25 por tener la ventaja de tener un nivel de resistencia a la abrasión y aplastamiento aceptable, pero también suficiente flexibilidad para trabajar en poleas o tambores que no tengan un diámetro muy reducido en relación al diámetro del cable.

La construcción 6 x 19 Filler está formada por seis torones de 25 alambres cada uno que están integrados por dos capas de alambres principales colocados alrededor de un alambre central, con el doble de alambres en la capa exterior (12) a los que tienen la capa interior (6). Entre estas dos capas se colocan 6 alambres más delgados, como relleno (Filler) para darle la posición adecuada a los alambres de la capa exterior.

Diámetro mínimo de poleas y tambores: 26 veces el diámetro del cable. Con el pasar del tiempo ha surgido otra construcción que está reemplazando el diseño anterior debido a que se ha demostrado que este nuevo diseño ofrece un mayor rendimiento y utilidad para los usuarios.

La construcción 6 x 26 está formada por seis torones con 26 alambres cada uno, que están integrados por tres capas de alambres colocados alrededor de un alambre central. En la capa exterior hay 10 alambres, la capa intermedia hay 5 alambres de un diámetro y 5 alambres de un diámetro interior puestos en una manera alternada y la capa interior también tiene 5 alambres puestos sobre un alambre central.

Aunque esta construcción tiene una flexibilidad un poco menor que la construcción antigua (6 x 25), la construcción 6 x 26 tiene una sección de acero más sólida y alambres exteriores más gruesos, por lo tanto, tiene una mayor resistencia a la compresión y a la abrasión.

Diámetro mínimo de poleas y tambores. 30 veces el diámetro del cable. En este grupo hay una tercera

construcción que tiene un alto volumen de consumo en trabajos bien definidos y ésta se llama 6x19 Seale.

Esta construcción está formada por 6 torones de 19 alambres cada uno, que están integrados por dos capas de alambres del mismo número (9), colocados alrededor de un alambre central. En este caso, los alambres de la capa exterior son mas gruesos que los alambres de la hilera interno, con el objeto de darle una mayor resistencia a la abrasión, pero su flexibilidad es menor que los 6 x 26, aunque no son tan rígidos como la construcción 6 x 7.

Diámetro mínimo de poleas y tambores. 34 veces el diámetro del cable.

- *Grupo 6 x 37 (Con 27 a 49 Alambres por Torón)*

Las construcciones de este equipo son más flexibles que las de los grupos 6 x 7 y 6 x 19, debido a que tienen un mayor número de alambres por torón. Este tipo de cables se utiliza cuando se requiere mucha flexibilidad. No se recomiendan cuando son sometidos a una abrasión severa, porque el diámetro de sus alambres externos es pequeño.

En este grupo la construcción 6 x 37 es generalmente encontrada en cables con diámetros menores a 9 mm. En diámetros superiores a 8 mm los cables son fabricados con el concepto moderno con todos los alambres torcidos conjuntamente en una forma paralela en cada torón, evitando roce interno y logrando una mayor útil.

Como existen varias construcciones en este grupo, se presentan las de mayor uso y sus rangos de diámetros para obtener el óptimo rendimiento.

Diámetro mínimo de poleas y tambores. 23 veces el diámetro del cable.

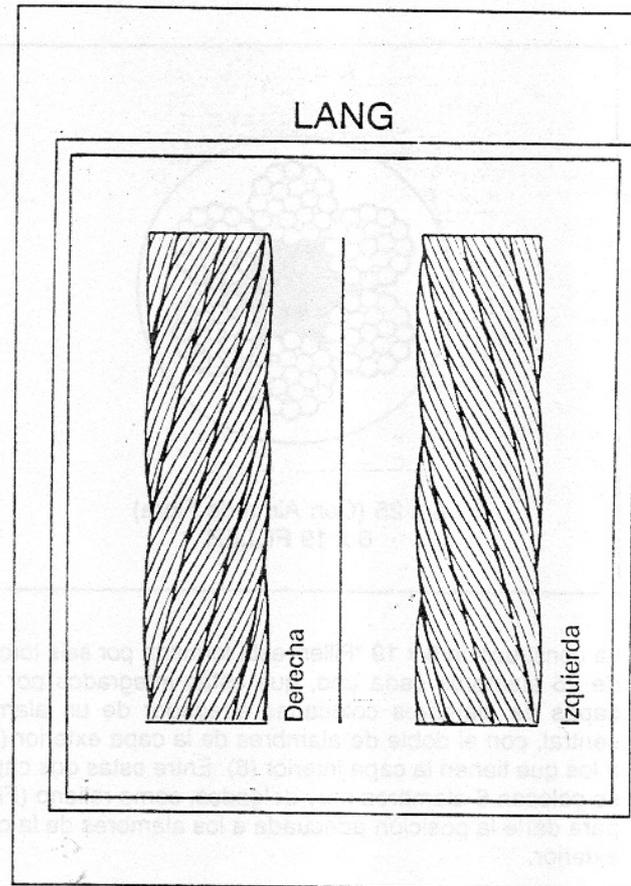
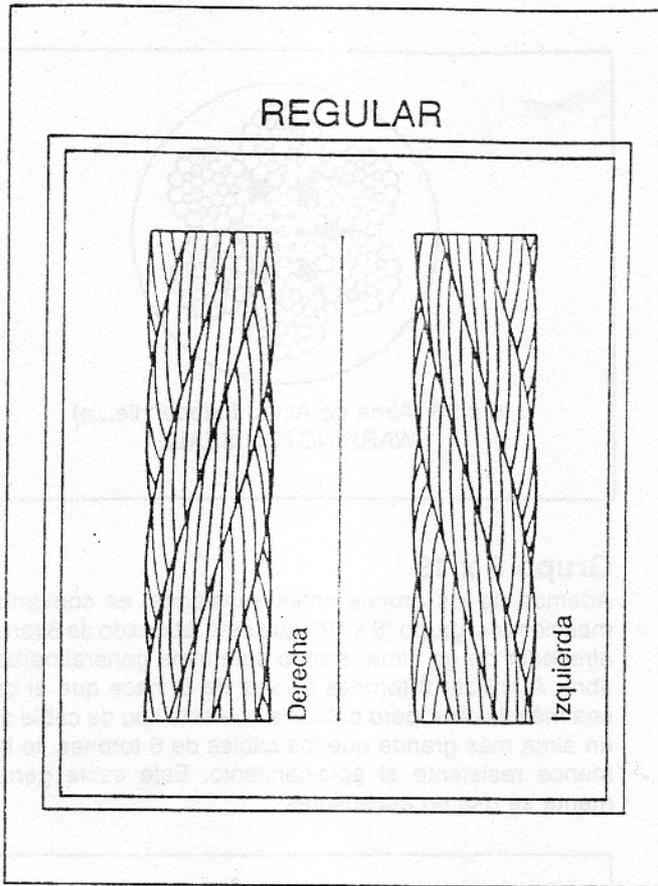
- *Grupo 8 x 19*

Además de los grupos antes señalados, es conveniente mencionar las series 8 x 19 que están fabricado con 8 torones alrededor de un alma (generalmente de fibra). Al utilizar 8 torones en vez de 6, hace que el cable sea mas flexible, pero debido a que este tipo de cable tiene un alma mas grande que los cables de 6 torones, lo hace menos resistente al aplastamiento.

Existen construcciones en esta serie tanto con almas de fibra, almas de acero y almas de acero plastificadas para usos bien especificados sobre los cuales hay antecedentes mas adelante.

- *Torcido de los Cables*

Los cables generalmente se fabrican en torcido REGULAR y torcido LANG, en los cables con torcido REGULAR, los alambres del torón están torcidos en dirección opuesta a la dirección de los torones en el cable. Los alambres y los torones en un cable torcido LANG están torcidos en la misma dirección de los torones en el cable.



Los cables con torcido LANG, son ligeramente más flexibles y muy resistentes a la abrasión y fatiga, pero tienen el inconveniente de tener tendencia a destorcerse por lo que únicamente deberán utilizarse en aquellas aplicaciones en que ambos extremos del cable estén fijos y no le permitan girar sobre sí mismos.

Los cables con torcido REGULAR son más fáciles de manejar, son menos susceptibles a la formación de "cocas" y son más resistentes al aplastamiento y destorsión. Presentan menos tendencia a destorcerse al aplicarles cargas aunque no tengan fijos ambos extremos.

Los cables pueden fabricarse en TORCIDO DERECHO o IZQUIERDO, tanto en el torcido REGULAR como en el LANG. En la mayoría de los casos, no afecta el que se use un cable con TORCIDO DERECHO o IZQUIERDO. Los cables con TORCIDO DERECHO se conocen como los de "fabricación normal", por lo tanto, son los que se utilizan en la mayoría de las aplicaciones. Sin embargo, existen aplicaciones en que los cables con TORCIDO IZQUIERDO proporcionan ciertas ventajas, como en el caso de las máquinas perforadoras de percusión, al tender a apretar las roscas de los aparejos.

También existen otros tipos de torcidos conocidos como el torcido Alternado o HERRINGBONE que consiste en alternar torones regulares y lang. Estos tipos de cables tiene muy pocas aplicaciones.

- *Preformado*

El concepto de Preformado significa que tanto los alambres individuales como los torones tienen la forma helicoidal exacta que llevarán en el cable terminado. Las principales ventajas del Preformado son mayor flexibilidad, facilidad de manejo, superior resistencia a las "cocas" y distribución uniforme de la carga entre todos los alambres y torones.

En los cables no Preformados, los torones son mantenidos en su sitio a la fuerza, por lo que están sujetos a grandes tensiones internas. En un cable Preformado los alambres y torones están en reposo, dado que su forma definitiva le fue aplicada durante el proceso de fabricación.

La eliminación de esfuerzos internos en el cable preformado garantiza una mayor vida útil. Por las razones mencionadas, se fabrican según las normas de los cables en estado preformado.

- *Cables Compactados*

Los cables de Acero con torones Compactados (Palex, Izaflex, Toroplex, Toropac, Barracuda, etc.), son un nuevo tipo de cable de acero para determinadas aplicaciones y de características diferentes a las tradicionales.

Los torones son compactados durante el proceso de torcido, obteniendo con ello una mayor área metálica y por lo tanto una mayor resistencia a la rotura, para un mismo diámetro nominal; una mayor superficie de contacto de los alambres exteriores con las poleas, tambores, etc., dando una mayor resistencia a la abrasión, por lo tanto, menor desgaste de las poleas, tambores, etc.

También ofrece una mayor resistencia al aplastamiento y disminuyendo de vibraciones internas, su alma puede ser de acero, acero plastificada o fibra.

SELECCIÓN DEL CABLE APROPIADO

La clave del problema de la selección del cable más indicado para cada trabajo está en equilibrar correctamente los siguientes factores principales:

- Carga de rotura (Resistencia)
- Resistencia a las Flexiones y Vibraciones (FATIGA)
- Resistencia a la Abrasión
- Resistencia al Aplastamiento
- Resistencia de Reserva
- Exposición a la corrosión

Muy pocas veces es posible seleccionar un cable que cumpla al máximo con los requerimientos de resistencia a la Abrasión y Aplastamiento, y posea también la máxima resistencia a la Fatiga. En general, se debe privilegiar las características más sensibles a la operación que se deba realizar a cambio de una disminución relativa en aquellas características menos relevantes para el fin predeterminado.

- ***RESISTENCIA***

Carga de Rotura

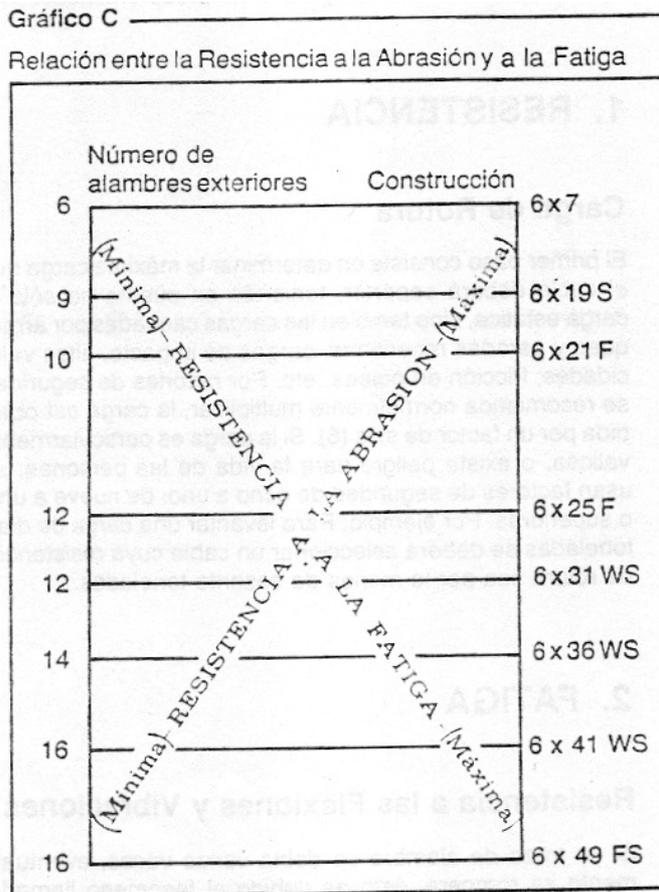
El primer paso consiste en determinar la máxima carga que el cable deberá soportar, teniendo en cuenta no sólo la carga estática, sino también las cargas causadas por arranques y paradas repentinas, cargas de impacto, altas velocidades, fricción en poleas, etc. Por razones de seguridad se recomienda normalmente multiplicar, la carga de trabajo por un factor, indicado en la tabla de factor de seguridad.

- ***FATIGA***

Resistencia a las Flexiones y Vibraciones

Si un trozo de alambre se dobla varias veces, eventualmente se romperá; esto es debido al fenómeno llamado "Fatiga de Flexión". Este mismo fenómeno tiene lugar siempre que un cable de acero se dobla alrededor de

poleas, tambores o rodillos. A menor radio de curvatura mayor es la acción de la fatiga. Los aumentos de la velocidad de operación y las flexiones en sentidos contrarios también aumentan este efecto. El mismo fenómeno es producido por vibraciones en cualquier parte del cable.



La fatiga se reduce si las poleas o tambores tienen al menos los diámetros mínimos aceptables para cada tipo de cable.

• ABRASION

La abrasión es quizás el enemigo más común y destructivo del cable de acero. Se produce siempre que el cable roza o es arrastrado contra cualquier material. Este roce debilita el cable al producir desgaste en los alambres exteriores.

Como en el caso de la fatiga, el mejor remedio para el desgaste excesivo es utilizar la construcción más apropiada. Como regla general, a menor número de alambres y mayor diámetro de ellos, mayor es la resistencia al desgaste abrasivo.

No siempre es necesario cambiar el tipo de cable utilizado pues muchos casos de desgaste anormal son producidos por defectos en el equipo. Por ejemplo, poleas mal alineadas o desgastadas, o enrollado incorrecto y otras condiciones irregulares que describiremos al tratar sobre el uso del cable.

• APLASTAMIENTO

El cable puede ser Aplastado por fuerzas exteriores en algunas ocasiones, pero lo más común es el Aplastamiento debido a la operación con cargas excesivas y también al uso de tambores lisos o con ranuras

que no den el apoyo suficiente al cable. También, el Aplastamiento es frecuente en los casos de enrollado en varias capas, en los puntos en que el cable se apoya sobre sí mismo.

Si la carga no puede ser disminuida o los tambores no pueden ser sustituidos por piezas más apropiadas para estas condiciones, debe recurrirse a cambiar el cable por uno de construcción más adecuada para resistir los efectos del aplastamiento.

Si se está usando un cable con alma de fibra debe ser sustituido por uno con alma de acero, ya que ésta da mayor soporte a los torones e impide su deformación. Los cables de torcido REGULAR, son también más resistentes al aplastamiento que los de torcido LANG.

• RESISTENCIA DE RESERVA

La Resistencia de Reserva de un cable equivale a la resistencia combinada de todos sus alambres, excepto aquellos de las capas exteriores de los torones. A mayor número de alambres mayor es la Resistencia de Reserva, ya que al disminuir el diámetro de los alambres exteriores, mayor sección metálica estará concentrada en las capas internas del torón.

La Resistencia de Reserva tiene mayor importancia en los casos en que la rotura de un cable puede ocasionar accidentes de importancia. En estos casos es recomendable la inspección frecuente por técnicos competentes y una selección del cable que se base fundamentalmente en este factor.

La tabla indica el porcentaje de Resistencia de Reserva en cables de 6 u 8 torones, relativas a la cantidad de alambres exteriores en cada torón.

<i>Cantidad de alambres exteriores</i>	<i>Porcentaje de Resistencia de Reserva</i>
6	18
8	27
9	32
10	36
12	43
14	49
16	54
18	58

• EXPOSICION A LA CORROSION

Los cables generalmente están instalados al aire libre: por lo tanto, obra sobre la acción corrosiva de la atmósfera. Un engrasado periódico evita, en parte, la oxidación; pero hay casos en que la corrosión es muy activa, y entonces se debe recurrir, para proteger los cables, a recubrimientos protectores, constituidos generalmente de zinc.

La corrosión disminuye la sección metálica de los cables y al extenderse aquélla lesiona los alambres, con lo cual se reduce la resistencia, capacidad contra la abrasión, elasticidad y flexibilidad de los cables.

El galvanizado de los alambres proporciona a éstos una mayor resistencia a la corrosión, pero aminora las características mecánicas del material, haciéndole perder un 10% de su resistencia y un 15% de su flexibilidad. En instalaciones fijas o en servicios de funcionamiento poco frecuente los cables galvanizados resultan mejores que los cables sin galvanizar, pero si el trabajo del cable es continuo la acción abrasiva destruye la capa protectora de zinc y se pierde la ventaja de tal protección.

En general, la mejor solución del problema es proteger los cables mediante un engrasado cuidadoso, realizado periódicamente, porque recurrir a los aceros inoxidable o a los bronce son soluciones que no satisfacen: la primera por su costo y la segunda por la poca resistencia del material.

Por consiguiente, para contrarrestar la corrosión de los cables se deben emplear estructuras con alambres gruesos, cuyos diámetros serán limitados por la flexibilidad que imponga el cable, y se realizará un engrasado cuidadoso y regular.

Si la corrosión fuera muy activa, entonces se debe recurrir al galvanizado de los alambres del cable.

SECTORES DE APLICACIÓN

Algunos de los sectores donde más se requieren de cables de acero son:

- ***Pesca.***

- ◆ *Pesca de arrastre.*

Expuestos constantemente a la intemperie y a las inmersiones en el mar, estos cables han de fabricarse fuertemente protegidos con un galvanizado eficaz y el alma de los mismos se ha de engrasar hasta la saturación, recomendándose, igualmente, un reiterado engrase exterior hecho a intervalos regulares.

La resistencia de los alambres con que se construyen estos cables varía entre 140 y 160 kg/mm².

Existen otros cables de maniobra de composición flexible. Principalmente son utilizados los de estructura 6 x 24, como fiadores, viradores y otros, construidos con alambres de resistencia entre 140 y 160 kg/mm², galvanizados.

- ***Industria.***

- ◆ *Grúas de gran altura de elevación.*

Se emplean en estos casos cables anti-giratorios, sobre todo si la carga está soportada por un solo ramal, y no puede ir guiada.

Los cables anti-giratorios deben estar siempre sometidos a tensión, por lo cual es siempre necesario colocar en el gancho un contrapeso lo suficientemente pesado para que mantenga siempre tendido el cable, aún cuando le falte carga.

Al no contar con cables anti-giratorios, se pueden utilizar cables de 8 torones con alma mixta o cables de 6 torones y alma de fibra.

- ***Puentes grúa.***

En los puentes grúa de las acerías de los cables trabajan cerca de importantes focos de calor; es necesario, en tales casos, proveer al cable de un alma metálica, en lugar del alma de fibra. De ello resulta que el peso y la resistencia a la rotura del cable quedan mejorados en un 11% aproximadamente y el diámetro en un 5% respecto de las características de los mismos cables con alma de fibra.

- ***Montacargas.***

Se exige de estos cables:

- Cierta flexibilidad.
- Una buena resistencia a la abrasión.

- *Minería.*

Los cables utilizados en las explotaciones mineras suelen ser de acero galvanizado con resistencia de rotura comprendida entre los 140 a los 180 kg/mm².

- *Cables de extracción.*

Se pueden utilizar cables de 6 torones de 19 y 37 alambres por torón, con torcido Lang. Estos cables pueden estar parcialmente equilibrados mediante un alma central mixta o enteramente metálica.

Los cables de extracción suelen estar montados, ya sobre una máquina de tambor cilíndrico, bicilíndrico-cónico o bicónico, ya sea sobre una polea de adherencia Koepe.

Los cables de extracción constituidos por 8 torones sobre un alma mixta se encuentran en muchos pozos equipados con polea Koepe. Ellos son semi-antigiratorios. En caso de profundidades importantes hay que recurrir al cable antigiratorio más equilibrado, con el fin de evitar las reacciones de este sobre las guías de la jaula.

- *Cables guías.*

Los cables empleados como guías de pozo suelen ser de tipo compacto, con alambres exteriores más gruesos que los del núcleo, lo que fácilmente se comprende si se tiene en cuenta que estos cables han de resistir fuertes abrasiones, al resbalar sobre ellos las deslizaderas de las jaulas, y la acción corrosiva de la atmósfera húmeda de los pozos.

Se exigen a este tipo de cables lo siguiente:

- Gran superficie efectiva de contacto.
- Gruesos alambres exteriores.
- Empleo de aceros poco frágiles, pero de suficiente dureza superficial.

El cable se mantendrá en servicio mientras el grado de seguridad no descienda hasta 3.

- *Cables de equilibrio.*

Se emplean los cables antigiratorios. Estos cables solamente soportan su propio peso, por lo que se construyen con alambres de resistencia relativamente débil (120 a 140 kg./mm²) . Los alambres suelen ser tan gruesos cuanto pueda alcanzarse, dentro de las condiciones de flexibilidad, con el fin de hacer frente a la corrosión.

Estos cables al colgarse libremente en el interior del pozo, bajo las jaulas, no tienen tendencia a ensortijarse y no precisan por tanto guía en el fondo.

- *Cables de profundización.*

Estos cables han de ser antigiratorios y muy flexibles, lo que permite el uso de poleas de menores diámetros que los pozos de extracción.

El coeficiente de seguridad de estos cables suele tomarse entre 10 y 13 según se trata de transportar materiales o personas.

- *Cables de planos inclinados.*

En estas instalaciones se emplea los siguientes cables:

6 x 7; 6 x 12, 6 x 19; 6 x 19 Seale.

En los planos inclinados el factor preponderante que destruye el cable suele ser el desgaste; de aquí el interés que existe en utilizar cables de alambres exteriores gruesos con trenzado Lang.

En cuanto al coeficiente de seguridad, se admite 7 para el transporte de materiales y 10 para personas.

- *Cables de arrastre.*

En estas instalaciones los cables usuales suelen ser los de composición 6 x 7 ; 6 x 19 Seale en torsión Lang.

- *Perforaciones petrolíferas.*

- *cables de perforación.*

Estos cables están sometidos a unas condiciones muy duras de trabajo. en los tambores el cable se enrolla en capas superpuestas a velocidad muy elevada y sufre grandes sobre-tensiones durante ciertas maniobras, que disminuyen considerablemente el coeficiente de seguridad previsto. En consecuencia, se emplean alambres cuya resistencia es de 160 a 180 kg./mm² y excluir la utilización de alambres delgados.

Se construyen en torsión regular y preformada.

Estos cables requieren un engrasado muy cuidadoso con grasas especiales tanto interior como exteriormente,

Los diámetros de utilización suelen estar comprendidos entre 12 y 32 mm²

cables de maniobras y cables viento.

Para estas operaciones se utilizan cables con 6 torones tipo Seale con alma de fibra. Los diámetros de los mismos suelen oscilar entre 12 y 16 mm. También se emplean los cables de composición corriente 6 x 19 y 6 x 37.

En todos estos cables los alambres son galvanizados.

- *Obras Públicas.*
 - Puentes colgantes.
 - Ferrocarriles funiculares.
 - Teleférico para el transporte de personas.

- ◆ *Construcción.*

- ◆ Excavadoras.
- ◆ Dragalinas.
- ◆ Cables retenidas.
- ◆ Cables fiadoras
- ◆ Hormigón pretensado.
- ◆ Ascensores.

- ◇ Marina.
- ◇ Jarcia firme.
- ◇ Jarcia de labor.
- ◇ Cables de maniobra.

FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad de un cable de acero es la relación entre la resistencia a la ruptura mínima garantizada del cable y la carga o fuerza de trabajo a la cual esta sujeta. No es posible detallar el factor de seguridad para todas las aplicaciones, porque también hay que considerar el ambiente y circunstancias en el área de trabajo, pero en la siguiente tabla se observa una guía general para la selección del correspondiente factor.

<i>Aplicación</i>	<i>Factor</i>
Tirantes de cable o torones (trabajo estático)	3 a 4
Cables principales para puentes colgantes	3 a 3.5
Cables de suspensión (péndulo para puentes colgantes)	3.5 a 4
Cables de tracción para teleféricos y andariveles	5 a 6
Cada cable de operación de una grúa almeja	4 a 5
Palas mecánicas – excavadoras	5
Cable de arrastre en minas	4 a 5
Cables de izaje en minas (vertical e inclinado)	7 a 8
Grúas teclas y polipastos industriales	6 (mínimo)
Ascensores – elevadores – para personal	12 a 15
Ascensores – elevadores – para material y equipos	7 a 10
Grúas con crisoles calientes de fundición	8 (mínimo)

Hay que tomar en cuenta que es necesario aumentar el factor de seguridad cuando hay vidas en juego, donde hay un ambiente muy corrosivo o donde una inspección frecuente es difícil de llevar a cabo.

ALARGAMIENTO DE UN CABLE DE ACERO

El alargamiento de un cable de acero en uso podría ser producto de varios factores, algunos de los cuales producen elongaciones que son muy pequeñas y generalmente pueden ser ignoradas.

La lista siguiente cubre las causas principales de alargamiento de un cable. Las dos primeras son las más importantes y la tercera tiene una cierta influencia en determinadas circunstancias.

- 1.– Alargamiento debido al acomodamiento de los alambres en los torones y los torones en el cable cuando está puesto en servicio lo que usualmente se conoce como "Alargamiento Permanente por Construcción".
- 2.– Alargamiento Elástico debido a la aplicación de una carga axial. Esta se comporta según la "Ley de Hooke" dentro de ciertos límites.
- 3.– Expansión o Contracción Térmica debido a variaciones en la temperatura.
- 4.– Alargamiento causado por la rotación de un extremo libre del cable.

5.- Alargamiento debido al desgaste por fricción interna de los alambres en el cable, lo que reduce el área de la Sección de Acero originando un alargamiento permanente extra por construcción.

6.- El alargamiento permanente del cable cuando está sujeto a cargas axiales superiores al "Punto de Fluencia del Acero" (Límite elástico).

A continuación, se procede a explicar algunos de los puntos mas importantes de los antes descritos

1.- Alargamiento Permanente por Construcción

El valor práctico de esta característica depende de muchos factores. Los más importantes son el tipo y construcción del cable, el rango de cargas aplicadas y la cantidad y frecuencia de los ciclos de operación. No es posible afirmar cifras exactas para los distintos tipos de cables en uso, pero los siguientes valores aproximados podrían ser empleados para conseguir resultados razonablemente acertados.

CARGA	% Longitud del Cable	
	Alma de Fibra	Alma de Acero
Liviana (factor de seguridad 8:1)	0.25	0.125
Normal (factor de seguridad 5:1)	0.5	0.25
Pesada (factor de seguridad 3:1)	0.75	0.50
Pesada con muchos dobleces y deflexiones	hasta 2.0	hasta 1.0

2.- Alargamiento Elástico

El módulo de elasticidad también varía con las distintas construcciones de cables, pero generalmente se incrementa con el aumento del área de la Sección de Acero. Usando los valores en la tabla siguiente, es posible obtener una estimación razonable del "Alargamiento Elástico", pero si se requiere mayor exactitud en la información será necesario realizar una prueba experimental con una muestra del cable en consulta.

Como los usuarios de los cables van a encontrar cierta dificultad en conseguir el área metálica exacta, los siguientes valores están basados en el área circundante en relación al diámetro nominal del cable.

• Tabla de Módulos de Elasticidad

Construccion Cables Negros	Modulo de Elasticidad (Kgs/mm2)
Serie 6 x 7 Alma de Fibra	6.300
Serie 6 x 7 Alma de Acero	7.000
Serie 6 x19 Alma de Fibra	5.000
Serie 6 x 19 Alma de Acero	6.000
Serie 6 x 37 Alma de Fibra	4.700
Serie 6 x 37 Alma de Acero	5.600
Serie 18 x 7 Alma de Fibra	4.300
Serie 18 x 7 Alma de Acero	4.500
<i>Torones Galvanizados</i>	
1 x 7 (6/1)	11.000
1 x 19 (12/6/1)	10.000
1 x 37 (18/12/6/1)	9.500

Las cifras mencionadas son aproximadas y son aplicables a cables trabajando con un factor de seguridad de

alrededor de 5:1. Se puede conseguir Módulos de Elasticidad más altos, trabajando con factores de seguridad inferiores a 5:1 y viceversa.

Alargamiento Elástico = $\frac{CL}{EA}$ (mm)

EA

Donde: C = Carga aplicada (Kgf)

L = Longitud del cable (mm)

E = Módulo de Elasticidad según tabla (Kg/mm²)

A = Area aparente del cable (Circulo circundante) (mm²)

3.- *Expansión o Contracción Térmica*

El "Coeficiente de Expansión Lineal" (α) de un cable de acero es 12.5×10^{-6} por cada Grado Celsius (1°C), por lo tanto, el cambio en longitud de un cable de 1 metro producido por el cambio de temperatura de 1°C será:

Cambio de longitud $\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot t$

donde: α = Coeficiente de expansión lineal

l_0 = Longitud original del cable en mm

t = Cambio de temperatura en °C

Este cambio significará un aumento en longitud si la temperatura aumenta y una reducción en longitud si la temperatura baja.

Ejemplo: Para calcular el alargamiento total de un Cable de Acero

¿Cuál será el alargamiento total de 200 metros de cable de acero de 29 mm de diámetro, construcción 6 x 36 con alma de acero con una carga axial de 10.000 kg (relación, resistencia del cable a la carga aplicada = 5 a 1, y con un aumento de temperatura de 20°C?

1.- *Alargamiento Permanente por construcción*

= % Aumento de longitud del cable por carga aplicada x l_0 (mm)

= $(0,25/100) \times 200.000$ mm

= 500 mm

2.- *Alargamiento Elástico*

= $\frac{CL}{EA}$

EA

$$= \frac{10.000 \text{ (kgf)} \times 200.000 \text{ (mm)}}{5600 \text{ (kg/mm}^2\text{)} \times (29 \text{ mm})^2 \times (\pi / 4)}$$

$$= 541 \text{ mm}$$

3.- Expansión Térmica

$$= \alpha \cdot l \cdot T$$

$$= 0.0000125 \text{ mm} \times 200.000 \text{ mm} \times 20^\circ\text{C}$$

$$= 50 \text{ mm lineal Alargamiento Tota}$$

l

$$= 500 \text{ mm} + 541 \text{ mm} + 50 \text{ mm}$$

$$= 1.091 \text{ mm}$$

DUREZA DE LOS ALAMBRES DE ACERO

<i>Calidad</i>	<i>Dureza (Rockwell C)</i>
Acero Arado extra Mejorado	52
Acero Arado Mejorado	45
Acero Arado	43

Por ejemplo, la dureza recomendada para canaletas de poleas o tambores son:

Acero bajo Carbono = 17 a 20 RC

Acero al Manganeso o equivalente = 30 a 35 RC

LUBRICACION

Durante su fabricación, a los cables negros se les aplica un tipo de lubricante cuya característica dependerá del diámetro, tipo y uso del cable. También a veces se aplican lubricantes a los cables galvanizados para ciertos trabajos específicos.

La aplicación de un lubricante provee una buena protección a la oxidación por un tiempo razonable, si está almacenado de una manera apropiada. Pero cuando el cable se pone en servicio, esta lubricación generalmente no va a ser suficiente para durar toda su vida útil. Debido a esto, será necesario hacer una lubricación de servicio periódicamente.

Las siguientes son las características de un buen lubricante para cables de acero:

- 1.- Libre de ácidos y alcalinos
- 2.- Debe tener suficiente tenacidad para adherirse al cable
- 3.- Debe tener una viscosidad que permita su penetración dentro de los torones y el cable

- 4.- Debe ser "insoluble" en el ambiente alrededor de su área de trabajo
- 5.- Debe tener una tensión superficial alta
- 6.- Debe resistir la oxidación
- 7.- Preferiblemente el lubricante aplicado debe ser compatible con el lubricante original del cable

Antes de la aplicación de lubricante hay que eliminar al máximo el polvo y material abrasivo sobre la superficie del cable. Se puede limpiar con un cepillo de alambres con solventes, aire comprimido o vapor a presión. Inmediatamente después de la limpieza hay que aplicar el lubricante.

INSPECCION DEL EQUIPO

Los factores principales que acortan la vida de los cables de acero son los defectos y fallas en el equipo en que se instalan. Las siguientes sugerencias son una guía para revisar las partes del equipo que causan la mayor parte de los problemas.

- Inspeccionar cuidadosamente el sistema de anclaje del cable tanto en los tambores como en la carga, asegurándose de que los terminales estén correctamente colocados. Presten especial atención a que los dispositivos de seguridad funcionan adecuadamente.
- Inspeccionar los canales, gargantas y superficies de todos los tambores, rodillos y poleas. Usar calibradores de poleas para comprobar los diámetros correctos. Ver que todas las superficies que hacen contacto con el cable sean lisas y estén libres de corrugaciones u otras condiciones de abrasión.
- Comprobar el libre movimiento de las poleas y la alineación correcta de sus ejes y rodamientos. Es indispensable que los rodamientos proporcionen el apoyo adecuado y que estén libres de bomboleo.
- Comprobar el enrollado del cable en el tambor, el cual debe ser uniforme. El enrollado irregular produce aplastamiento del cable.
- Revisar la ubicación de los rellenos iniciales y elevadores en el tambor, en caso de que sean usadas. Su ubicación incorrecta causa "cocas" y "cruces" entre las diversas capas de cables y acortan su vida útil.

Si es posible, seguir el recorrido del cable, buscando los puntos del equipo que aparezcan gastados o cortados por el cable en su movimiento. La colocación de protectores o rodillos en esos puntos disminuirá el desgaste abrasivo.

- *Frecuencia de inspección*

Los cables de acero deben ser inspeccionados cuidadosamente a intervalos regulares; esta inspección debe ser más cuidadosa y frecuente cuando el cable ha prestado servicio mucho tiempo o en los casos de servicio pasado.

La inspección regular de los cables y del equipo en que se utilizan tiene un triple propósito:

- Revela el estado del cable e indica necesidad de cambiarlo
- Indica si se está utilizando o no el tipo de cable más apropiado para ese servicio
- Hace posible el descubrimiento y corrección de fallas en el equipo o en la forma de operarlo, que causen desgaste acelerado y costoso del cable

Esta inspección debe ser realizada por una persona que por medio de entrenamiento especial o por experiencia práctica, conozca los detalles a inspeccionar, y sea capaz de explicar y juzgar la importancia de los signos anormales que pudieran aparecer. La información obtenida por el inspector servirá como guía para estimar con mayor precisión el servicio que se debe esperar de un cable de acero.

Los puntos más importantes que deben ser tomados en cuenta para la inspección son éstos:

- *Diámetro del cable*

Una reducción evidente en el diámetro del cable, es un signo seguro de que se acerca el momento de cambiarlo. Esta reducción puede tener su origen en varias causas, cualquiera de las cuales hace necesario retirar el cable del servicio.

La reducción del diámetro del cable puede ser causada por deterioro del "alma", originada por carga excesiva o por carga de impacto repetidas; también por desgaste interno y fallas en los alambres por falta de lubricación o corrosión interna.

Como todo este daño es interno y no puede ser observado ni medido, lo recomendable es retirar el cable de inmediato.

- *Paso del Cable*

Un aumento apreciable en el "paso de cable" es frecuentemente el resultado de una falla del alma del cable, que estará acompañada de la reducción de diámetro ya descrita.

Si el paso aumenta sin reducción de diámetro, el cable está siendo restringido en su movimiento de rotación mientras opera, o la causa puede ser que un extremo no esté fijo sino rotando.

Cuando existe esta situación, el cable puede expulsar el alma o desbalancearse, permitiendo que toda la carga sea soportada por uno o dos torones.

Si el extremo libre está rotando, se debe utilizar un cable estabilizador (tag line), sobre la carga.

- *Desgaste Externo*

El desgaste abrasivo resulta del roce del cable contra algún objeto externo; siempre que sea posible, ese objeto debe ser eliminado de la trayectoria del cable, o ésta debe ser modificada.

El desgaste por impacto (Peening), se produce cuando el cable golpea regularmente contra objetos externos o contra sí mismo. En general es fácil colocar protectores entre el cable y un objeto externo, pero cuando el cable se golpea contra sí mismo es poco lo que puede hacerse, salvo seleccionar un cable más apropiado y asegurarse de que enrolle en forma correcta sobre el tambor.

El desgaste por frotamiento ocurre a causa del desplazamiento de los torones y alambres forzados por el roce contra un objeto externo o contra el mismo cable. El frotamiento contra objetos externos puede ser evitado, pero igual que en el caso anterior la única medida que se puede adoptar contra el frotamiento del cable contra sí mismo, es enrollarlo correctamente.

- *Fallas por Fatiga*

Las fallas del alambre, cuando se observan extremos planos y poco desgaste superficial, son llamadas "fallas por fatiga". Generalmente ocurren en la cresta de los torones o en los puntos de contacto de un torón y otro.

En la mayor parte de los casos estas fallas son ocasionadas por esfuerzos de flexión excesivos o por vibraciones.

Cuando no es posible aumentar el diámetro de las poleas o tambores debe utilizarse un cable más flexible. Si

se ha llegado ya al límite de la flexibilidad, la única medida que puede prolongar la vida del cable es desplazarlo a lo largo del sistema, de forma que la sección de cable sometida a los esfuerzos de flexión cambie de posición antes de que la pérdida de resistencia alcance un nivel crítico.

- *Corrosión*

La corrosión es casi siempre un signo de falta de lubricante. No solamente ataca a los alambres produciendo pérdida de la ductilidad, sino que impide el libre desplazamiento de las partes del cable durante el trabajo. Todo esto genera fatiga prematura a los alambres y reduce notablemente la vida del cable. Un cable que muestre fallas por corrosión debe ser retirado inmediatamente, ya que no es posible medir con precisión la magnitud del daño. Para impedir que la corrosión destruya los cables, éstos deben ser lubricados cuidadosamente, y en casos de corrosión extrema, se debe recurrir a cables galvanizados.

EJEMPLOS TÍPICOS DE DETERIORACION DE CABLES DE ACERO

A continuación se mencionan las razones más comunes de la deterioración del cable de acero:

- Daño mecánico debido al movimiento del cable con tensión sobre un canto vivo
- Desgaste localizado debido a abrasión con una estructura de soporte. Vibración de un cable entre el tambor y la polea principal de izaje
- Vía angosta de desgaste resultando en abrasión y fracturas por fatiga causada por un cable trabajando sobre una polea con canaleta sobre dimensionada o corriendo sobre poleas chicas de apoyo
- Dos vías paralelas de alambres quebrados indicando una polea con una canaleta con diámetro insuficiente
- Desgaste severo asociado con presión excesiva sobre una polea con aparición del alma de fibra
- Desgaste severo en un cable de torcido lang causado por abrasión en los puntos de cruce en un tambor con varias de cable
- Corrosión severa debido a inmersión del cable en agua tratada químicamente
- Corrosión interna aguda aunque la superficie externa no muestra evidencia de deterioro. La falta de espacio entre los torones indica descomposición del alma de fibra
- Rotura del alambre como resultado de fatiga
- Roturas de alambre entre los torones con muestra de soporte insuficiente del alma
- Roturas en el alma de acero como resultado de tensión excesiva.
- Deformación del interior de los cordones debido a un desequilibrio en el torque durante su uso (tirones o golpes)
- Desgaste localizado y deformación debido a una coca previa en el cable
- Salida el alma de acero debido a tirones o golpes
- Un desgaste severo exterior y corrosión interna severa. Tensión excesiva, abrasión y corrosión.

- Un cable anti – giratorio con jaula de pájaros debido a un desequilibrio en el torque. Esta acumulación se puede encontrar en las puntas de anclaja del cable

ANTECEDENTES NECESARIOS PARA SOLICITAR UN CABLE DE ACERO

Un cable de acero es como una máquina y por lo tanto al hacer un pedido deberán tomarse en cuenta las siguientes especificaciones:

- Largo requerido
- Diámetro (medido entre torones opuestos)
- Número de torones
- Número de alambres por torón
- Configuración de los alambres
- Tipo de centro o alma (fibra natural, sintético o acero)
- Calidad del acero de los alambres (Arado Mejorado, etc.)
- Preformado o Sin Preformar
- Recubrimiento de los alambres (Galvanizados o no)
- Tipo de torcido (REGULAR o LANG)
- Dirección del torcido a la Derecha o a la Izquierda
- Aplicación del cable y función

Discusiones

1. Se deben tener precauciones de como se almacenaran los cables para que al ser puestos en servicio no sufran fallas antes de tiempo.
2. El enrollado del cable en capas múltiples sobre un tambor podría resultar en una destrucción severa en las capas interiores.
3. Enrollamiento incorrecto (debido a un ángulo de devanado excesivo o enrollado sin tensión), podría resultar en tirones mecánicos donde se muestran aplastamientos severos y también podría resultar en tirones fuertes durante su operación.
4. Poleas de diámetro pequeño podrían causar devanación permanente en el cable y seguramente va a causar alambres rotos antes de tiempo.
5. Canaletas o ranuras con dimensiones insuficientes en poleas causando aplastamiento y devanaciones en el cable y esto se muestra con dos líneas de desgaste en el cable y rotura del alambre. Los quebrados en poleas de compensación podrían ocurrir por razones de fatiga.
6. Un ángulo excesivo de devanado podría causar un desgaste severo en el cable debido a su roce con las vueltas adyacentes en le tambor. El deterioro del cable en un terminal se muestra a veces en la forma de alambres rotos.

Conclusiones

- La resistencia por unidad de área se ve más afectada en los alambres de mayor diámetro que en los de menor diámetro frente a la oxidación, debido a que los alambres de mayor diámetro presentan una mayor superficie de contacto con el medio.
2. La causa por la cual no se utiliza el convertidor Bessemer–Thomas en la obtención del acero para alambres es que en su funcionamiento se le inyecta aire o mezcla aire–oxígeno lo que produce una eliminación del

carbono existente en el acero, lo que contradice la exigencia de su calidad para fabricación de alambres de acero.

3. Se considera el cable con torcido regular como antigiratorio debido a su construcción ya que sus torones están torcidos en sentido contrario al torcido o cerrado del cable. En cambio, el cable con torcido Lang presenta un tendencia a destorcerse por su construcción en que sus torones están torcidos en el mismo sentido que el torcido del cable.

4. La lubricación es una de las fases más importantes en la construcción de un cable ya que permite la disminución del rozamiento interno de los alambres y tornes, evita la corrosión del cable y conserva su alma de fibra. Los lubricantes empleados deben ser fluidos, con el fin que puedan penetrar en el interior del cable, adherentes para que no se escurran y exentos de sustancias ácidas para evitar la corrosión y tampoco ser marcadamente alcalinos.

5. Si se requiere poca flexibilidad y una alta resistencia a la tracción se utilizan cables con alma de acero. Por el contrario si se necesita mayor flexibilidad e igualmente un alta resistencia a la tracción se utilizan cables de almas de fibra.

Si se necesita una alta resistencia al doblado e igual resistencia a la tracción se utilizan cables flexibles con alambres delgados en sus capas exteriores y por último, si se requiere máxima resistencia a la abrasión e igual resistencia a la tracción se utilizan cables poco flexibles con alambres gruesos en sus capas exteriores.

6. Los cables construidos con alambres gruesos resisten mejor el aplastamiento que los fabricados con alambres finos por deformarse en menor grado. De igual forma un cable con alma de fibra es menos resistente al aplastamiento que un con alma de acero.

7. La corrosión disminuye la sección metálica de los cables, con lo que se reduce la resistencia o capacidad contra la abrasión, elasticidad y flexibilidad de los cables. Esto se soluciona galvanizando los alambres del cable o en otro caso lubricándolo periódicamente.

8. Los alambres son sometidos a una serie de ensayos para verificar sus cualidades. En cambio, los cables son sometidos a ensayo a la rotura por tracción. El control de calidad de la materia prima y los cables ya terminados se realiza con el fin de verificar que una vez que estén en uso cumplan con las exigencias del servicio que presten.

APENDICE # 1

NORMA CHILENA DE EMERGENCIA OFICIAL NCH885. EOf72

Cables de Acero – Selección, diseño de la instalación, seguridad uso y cuidado

Preámbulo

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

Esta forma establece los requisitos mínimos que se tendrán presentes en la selección y diseño de las instalaciones de cables de acero y algunas recomendaciones para el uso y cuidado de ellos.

Esta es una norma de Emergencia.

En el estudio de esta norma se han tenido a la vista, entre otros documentos los siguientes:

BRITISH STANDARDS INSTITUTION B.S. 302:1968 Specification for wire ropes for cranes, excavators and general engineering purposes.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, API RP 9B. Fifth Edition, March 1965, Recommended Practice on Application, care and use of wire rope for oil-field service.

El Comité *Cables de Acero* Especialidad *Ingeniería Mecánica* de INDITECNOR inició el estudio de esta norma en Noviembre de 1970 y le dió término en Diciembre de 1971. Este Comité estuvo integrado durante su funcionamiento por las entidades y personas siguientes:

Compañía Industrias Chilenas, CIC Luciano Martínez L.

ENAP, Empresa Nacional del Petróleo Hugo Calderón D.

ENDESA, Empresa Nacional de Electricidad S.A. Adolfo Boiser

Industrias Chilenas de Alambre, INCHALAM Hernán Derache

Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas y

Normalización, INDITECNOR Miguel Dyvinetz T.

PRODINSA, Producto de Acero S.A. Carlos Bloj V.

Richard Roberts

Ignacio Sierralta L.

Reich y Cía. Guillermo Reich K.

Durante el plazo de consulta de esta norma el Instituto recibió comentarios y observaciones de las entidades y personas siguientes:

PRODINSA, Productos de Acero S.A.

Ing. Carlos Höerning D., Asesor del H. Consejo del Instituto.

Esta norma ha sido estudiada y aprobada como norma de Emergencia por el Director del Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas y Normalización (INDITECNOR) Ing. Hugo Brangier M., con fecha 22 de Diciembre de 1971, y aprobada en la sesión del H. Consejo del Instituto, efectuada el 21 de Marzo de 1972, que contó con la asistencia de los señores Consejeros: Alfredo Alvarez A.; Jorge Covarrubias O.; José de Mayo; Mauricio Froimovich S.; Ernesto Gómez G.; Iven Molina C.; Manuel Navarrete Z. Y Alfonso Rossel S.

Esta norma ha sido declarada norma chilena de Emergencia Oficial de la República por Resolución N°85 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción de fecha 11 de Julio de 1972, publicada en el Diario Oficial N°28.318 del 02 de Agosto de 1972.

Esta norma es una *reedición sin modificaciones* de la norma chilena de Emergencia Oficial NCh885.Eof72, Cables de Acero – Selección, diseño de la instalación, seguridad, uso y cuidado, vigente por Resolución N°85,

de fecha 11 de Julio de 1972, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.

NORMA CHILENA DE EMERGENCIA OFICIAL NCH885. EOF72

Cables de Acero – Selección, diseño de la instalación, seguridad uso y cuidado

1 Alcance

1.1 Esta norma establece los requisitos mínimos que se tendrán presentes en la selección y diseño de las instalaciones de cables de acero y algunas recomendaciones para el uso y cuidado de ellos.

1.2 Esta norma se aplica a los aspectos señalados en 1.1 de los cables en general y en especial a los de uso común especificados en NCh667.

2 Referencias

NCh666 Cables de Acero – Terminología y clasificación.

NCh667 Cables de Acero – Especificaciones.

3 Terminología

3.1 Algunos de los términos empleados en esta norma se encuentran en NCh666.

4 Selección del cable

4.1 Los factores determinantes para la selección de un cable para un trabajo específico serán:

- carga mínima de rotura del cable;
- resistencia al doblado;
- resistencia a la abrasión, corrosión y deformación.

4.2 Carga mínima de rotura

La carga mínima de rotura de los cables de acero de uso común o corriente se extraerá de las tablas 1 a 26 de NCh667.

4.2.1 La carga mínima de rotura de otros cables, se extraerán de los catálogos y se comprobarán por cálculo.

4.2.2 Para cables especiales se usará la carga garantizada de rotura dada por el fabricante.

4.2.3 Tomando como base de referencia los cables de cordones redondos de capas de alambres paralelos (igual paso, ver NCh666, 4.2.1) se usará en la selección el criterio siguiente:

Tipo de cable	% de Variacion de la carga minima de ruptura
Cordones redondos de capas cruzadas	7 – 10 % inferior
Multicordones	5 % inferior
Cordones triangulares	3 – 5 % inferior

4.2.4 Se preferirán, cuando el factor determinante es la resistencia a la tracción, los cables de capas de alambre paralelos, AFN. Los cables AAI, se preferirán sólo cuando la flexibilidad sea secundaria, su resistencia a la tracción es mayor que los AFN de la misma construcción y diámetro nominal.

4.2.5 Para cables de igual resistencia a la tracción y máxima resistencia al doblado, preferirán cables flexibles, con alambres delgados en sus capas exteriores.

4.2.6 Para cables de igual resistencia a la tracción y máxima resistencia a la abrasión, se preferirán cables poco flexibles, con alambres gruesos en sus capas exteriores.

4.2.7 Los cables multicordón y de cordones triangulares, se seleccionarán cuando en la aplicación sean determinantes sus características específicas.

4.3 Resistencia al doblado

Los factores que determinan la resistencia al doblado de un cable de acero son:

- razón o cociente de doblado polea/cable;
- tensión del cable en trabajo;
- construcción del cable (flexibilidad).

4.3.1 La razón del doblado polea/cable queda definida por la fórmula:

$$R = D / d$$

en que: R = razón o cociente de doblado;

D = diámetro de pie de la polea;

d = diámetro nominal del cable.

4.3.2 Las razones polea/cable recomendables son: 1)

R = 19/1 para cables de construcciones flexibles.

R = 24/1 para otras construcciones.

4.3.3 El tipo y características del lubricante influyen en la resistencia al doblado. Al volver a lubricar el cable el lubricante será compatible con el anterior.

4.3.4 La tensión a que se somete el cable es función de las cargas que deben elevarse o arrastrarse, de la instalación y equipo y del uso y cuidado del cable.

4.3.5 Para evitar las deformaciones por tensión se seguirá lo prescrito en capítulo 5 Diseño de la instalación y uso y cuidado del cable, de esta norma.

4.4 Construcción del cable

Se preferirán los cables de cordones de capas de alambres paralelos sobre los otros. 2)

4.4.1 A factores de seguridad altos (igual o superior a 12:1) se preferirán los de construcción regular.

4.4.2 Los cables con AFN, se adoptarán de preferencia.

NOTAS

1) Esta recomendación se basa en criterios de economía de la instalación y equipo, con una vida media aceptable del cable y considerando una razón de doblado polea/diámetro de los alambres exteriores del cable 300/1.

Si lo que se persigue es prolongar la vida media del cable, se hace necesario reducir las fatigas estáticas y cíclicas del cable subiendo la anterior relación a 500/1 con lo que $R - D/d$ tomarían los valores 24/1 y 40/1 respectivamente.

2) De experiencias en terreno con cables de acero a razón constante de doblado 24/1 con poleas con canales, según esta norma y con diferentes factores de seguridad se demostró que los cables de mayor eficiencia entre los cables de cordones redondos de uso común, los multicordón y de cordón triangular, eran los primeros.

4.5 Resistencia a la abrasión, corrosión y deformación

4.5.1 Los cables de cordones triangulares, por ofrecer una mayor superficie de trabajo, se preferirán para aplicaciones en que el desgaste abrasivo sea el factor determinante. Se especificarán solamente en construcción Lang.

4.5.2 Los cables de construcción Lang, se preferirán a los regulares, porque los alambres del cordón y los cordones del cable, dispuestos en el mismo sentido, ofrecen mayor longitud al desgaste. 1).2)

4.5.3 La resistencia relativa a la abrasión, de cables de la misma construcción, se expresará por el número de alambres en el cordón o por el diámetro nominal del alambre exterior.

4.5.4 Para aplicaciones en que la resistencia a la corrosión sea el factor determinante, se preferirán:

- cables de alambre galvanizados;
- de lubricación especial de fábrica y en uso;
- cables de alambres gruesos.

4.5.5 Para aplicaciones en que el factor determinante es la resistencia a la deformación, se preferirán:

- cables de cordones de capas de alambres paralelos.
- cables con AAI, en vez de AFN.

4.5.6 Para aplicaciones en que se requieran propiedades no rotatorias del cable, se preferirán los multicordón.

NOTAS

1) La pérdida de resistencia a la carga de rotura de un cable, es proporcional a la disminución de sección de los alambres individuales en cualquier posición a lo largo del cable, de lo que se infiere que cables de construcción Lang, por presentar una mayor superficie de contacto entre los alambres exteriores individuales y los agentes abrasivos, permiten una mayor reducción en todo el volumen de acero de la superficie del cable que los de construcción regular para la misma pérdida de resistencia a la carga de rotura.

2) Los cables con torcido Lang tienen más tendencia a deformarse, que los regulares y tendrán un rendimiento satisfactorio únicamente si se manejan con cuidado. También deberá tenerse cuidado que no se desarme el cable por el giro de su extremo libre, debido a esto es recomendable usar cable Lang solamente cuando ambos extremos estén fijados de tal manera que no puedan girar.

5 Diseño de la instalación y equipo

5.1 Reversiones de doblado

En el diseño de la instalación se evitarán las reversiones de doblado de cable.

5.2 Alargamientos

El alargamiento de los cables se compone de:

- alargamiento de acomodación del cable;
- alargamiento elástico (según las leyes de Hooke);
- cambios de temperatura;
- rotaciones del cable alrededor de su eje;
- desgaste interior del cable;
- deformaciones permanentes más allá del límite de elasticidad.

5.3 Para el diseño se podrán usar las cifras de alargamiento siguientes: 1)

Cargas livianas	0,25%
Cargas normales	0,50%
Cargas pesadas	1,00%
Cargas pesadas con dobleces y deflexiones del cable	2,00%

5.4 El alargamiento elástico se calculará por la fórmula siguiente: 2)

$$A = \frac{W L}{A E} \text{ (mm)}$$

A E

en que:

A = alargamiento, mm;

W = carga del cable, N (o kgf);

L = longitud del cable, mm

A = área transversal de cable mm²;

E = módulo de elasticidad, N/mm² (o kgf/mm²)

NOTAS

- Estas cifras se han obtenido de la práctica con cables de uso común.
- Como el área metálica del cable no se da comúnmente en normas o catálogos, es más conveniente usar en la fórmula el área total encerrada por el diámetro nominal medido según NCh667. Sobre esta base los módulos de elasticidad serían:

Cables de 6 cordones AFN 63 000 N/mm² (6 300 kgf/mm²)

Cables de 6 cordones AAI 70 000 N/mm² (7 000 kgf/mm²)

Multicordón 55 000 N/mm² (5 500 kgf/mm²)

Calculados con un factor de seguridad 6:1.

5.5 Diseño de canales de poleas roldanas y tambores (fig. 1)

5.5.1 El fondo de las canales será un arco de circunferencia igual o superior a 120°.

5.5.2 El radio de la circunferencia será igual o superior a 7,5% del radio nominal del cable, pero nunca inferior a 5%.

5.5.3 Las canales de poleas y roldanas tendrán una profundidad igual o superior a 1,5 diámetros del cable.

5.5.4 Estará perfectamente terminada y las aristas serán redondeadas.

5.5.5 Las paredes laterales tendrán una conicidad de 52°.

5.5.6 Las canales de tambores cumplirán con las especificaciones 5.5.1 a 5.5.6, pero su profundidad será igual o superior a 0,33 veces el diámetro nominal del cable.

5.5.7 Las canales de tambores estarán espaciadas, de tal manera que exista una separación entre vueltas vecinas del cable en el tambor y también entre el cable que entra o abandona el tambor y la vuelta adyacente. La separación entre vueltas será igual o superior a la dada en tabla 1.

Tabla 1 – Separación mínima entre canales de tambores

<i>Diámetro nominal, d, mm</i>	<i>Separación, mm</i>
d " 13	1,6
13 < d " 28	2,4
28 < d " 38	3,2

5.5.8 La separación en cables de mayor diámetro nominal o enrolladas en capas múltiples no se considerará separación especial.

5.5.9 Angulo de devanado

El ángulo de devanado se define según figura 2.

5.5.9.1 El ángulo de devanado en tambores acanalados será de 2,5°.

5.5.9.2 El ángulo de devanado en tambores planos será 1,5°.

5.5.10 Dirección de enrollado

La dirección de enrollado en tambores planos será la indicada en la figura 3 y dependerá del sentido de torsión del cable (Z o S).

5.5.11 Se considerará que el enrollado en capas múltiples reduce la vida media del cable.

5.6 Factor de seguridad

Se define como el cociente entre la carga mínima de rotura y la carga máxima real que soportará el cable.

5.6.1 El factor de seguridad para cables de uso común y aplicaciones corrientes será igual o superior a 6/1.

- Cuando esté envuelta la seguridad de personas v.g. ascensores, el factor de seguridad será igual o superior a 8/1.

5.6.3 Se seguirán, en todo caso, las normas particulares de instalaciones, artefactos o máquinas. Si estas no existieran se consultará al fabricante.

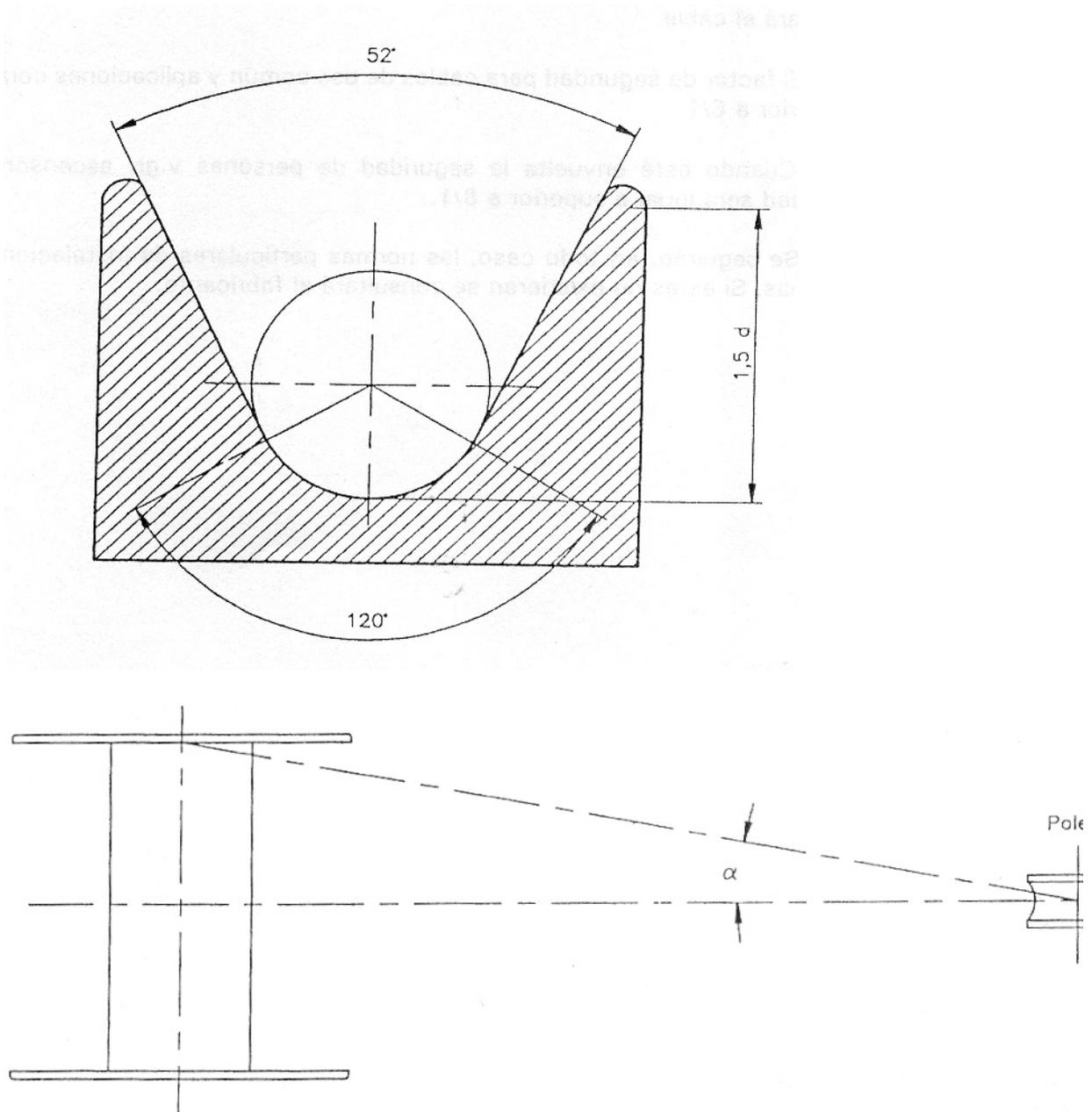
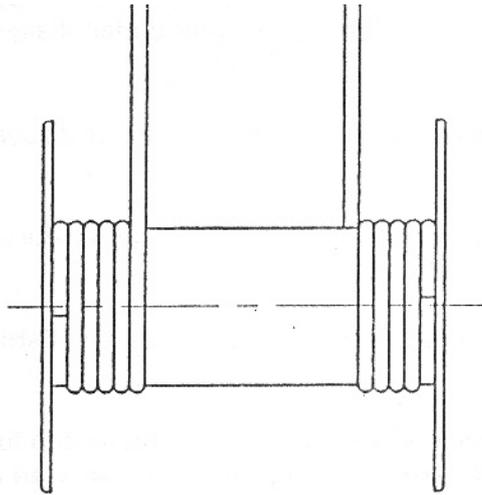
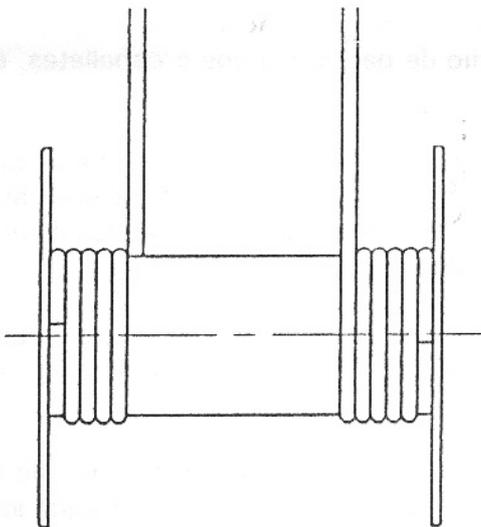


Figura 2 – Angulo de devanado



Cable torsión derecha



Cable torsión izquierda

Figura 3 – Enrollado en tambores planos

Anexo A (Informativo)

A.1 Manejo en el carrete o rollo

A.1.1 Cuando se maneje un carrete de cable con eslingas, estrobos o cadenas, se usarán bloques de madera entre el cable y la cadena para evitar dañar el alambre y la distorsión de los cordones del cable.

A.1.2 Cuando se usen barretas para mover el carrete, deberán apoyarse sobre la brida del carrete y no sobre el cable.

A.1.3 El carrete no debe rodar ni dejarse caer sobre objetos duros o cortantes, de tal manera que el cable se pueda cortar o aplastar.

A.1.4 El cable no debe dejarse caer de camiones o plataformas. Esto puede dañar al cable o romper el carrete.

A.1.5 Debe evitarse el rodar el carrete o ponerlo en contacto con lodo, tierra o escorias. Clavando tablas en las bridas del carrete, se protege el cable y se ayuda a su manejo y mantención.

A.2 Manejo en la extracción o traspaso

A.2.1 En el manejo del cable se tendrá especial cuidado en evitar la formación de *cocas*, choques y distorsiones del cable.

A.2.2 Para extraer cable de un carrete es conveniente colocar una barra de acero a través de su centro y levantarlo por medio de gatos, bancos o caballetes, en tal forma que gire libremente.

A.2.3 Debe evitarse que el cable que queda dentro del carrete se afloje, saltando por los lados en espirales que formarán *cocas* que dañen el cable, lo que haría necesario cortarlo. Esto se evita controlando la velocidad al desenrollar, colocando en los bordes de las bridas, un pedazo de madera que actúa como zapata de freno.

A.2.4 Si un carrete con cable de acero, está colocado con su eje vertical al piso y se extrae el cable sacando espiras por arriba, éstas fácilmente se convierten en *cocas* que dañan el cable.

A.2.5 Al enrollar o desenrollar un cable, se evitarán la formación de bucles; es necesario manejarlo en forma tal que conserve su paso original evitando que se apriete o afloje.

A.2.6 Cuando el cable se maneja en rollos, una persona sujetará el extremo del cable y otra persona hará rodar el rollo sobre el piso, en forma tal que el cable se desenrolle en forma natural, evitando espirales.

A.2.7 Al desenrollar cable de un rollo colocado horizontalmente sobre el piso, se forman espirales que se pueden convertir en *cocas*.

A.2.8 Al pasar cable de un carrete a otro, el cable debe sacarse por arriba del carrete lleno y pasarse a la parte de arriba del carrete vacío, o por abajo del lleno a la parte de abajo del vacío. En esta forma se elimina la posibilidad de forzar el devanado original del cable apretándolo o aflojándolo, permitiendo penetrar la humedad o la salida del lubricante.

A.3 Manejo en la instalación

A.3.1 El cable se instalará en las poleas de tal manera que se obtenga un desgaste mínimo de las paredes laterales de las cadenas.

A.3.2 Al cambiar un cable, conviene que la polea viajera se suspenda de la corona con un lazo. Esto disminuye el rozamiento y evita la formación de *cocas*. Esta práctica es recomendable en cortes y deslizamientos del cable para cambiar los puntos de desgaste.

A.3.3 Al pasar cable del carrete a la instalación se seguirán las recomendaciones A.2, en especial las A.2.2 y A.2.3.

A.3.4 Al enrollar el cable en un tambor, cabrestante, etc., se mantendrá la tensión suficiente para que quede correctamente apretado.

A.3.5 No es recomendable estirar y aflojar el cable con más carga que la necesaria para asegurar un enrollado apretado.

A.3.6 Es recomendable usar un grillete giratorio para unir el cable nuevo al viejo; esto evita que se transmita la torsión de un cable a otro. Se tendrá cuidado que la conexión sea correcta.

A.3.7 Los cables no deben golpearse con objetos duros (martillos, barretas, hachas, etc.). Cuando sea indispensable golpearlos, se colocará un pedazo de madera sobre la parte que se va a golpear.

A.3.8 No se usarán solventes en la limpieza del cable. Un cable sucio con tierra, lodo o grasa se limpiará con escobillas metálicas.

A.3.9 Los cables nuevos, se trabajarán, en lo posible con cargas livianas por cierto tiempo y aumentando paulatinamente las cargas hasta que se ajuste adecuadamente a las condiciones de trabajo.

A.3.10 Se tendrá cuidado de no destorcer o retorcer los cables multicordón. Si las capas del cable son alteradas se producirán deformaciones permanentes del cable en uso, acortando su vida media.

A.3.10.1 Estos cables se proporcionarán solo en carretes y en su instalación y manejo se seguirán estrictamente las recomendaciones dadas en A.2 y esta sección.

A.3.11 Se debe considerar que los cables de construcción Lang, se deforman con más facilidad que los regulares; para estos cables conviene extremar los detalles de instalación y manejo.

A.3.12 Los cables de construcción Lang tienen tendencia a destrozarse debido a la rotación del extremo libre; en caso de producirse habrá que colocar los alambres en su sitio en el cordón y los cordones en el cable y amarrarse.

A.4 Cuidado del cable en servicio

A.4.1 La recomendación para el manejo del cable de A.1, A.2 y A.3 deberá observarse durante la vida útil del cable, en lo que aplique.

A.4.2 Cuando se opere un cable muy cerca a su factor mínimo de seguridad, deberá tenerse especial cuidado que el cable y su equipo relacionado, estén en buenas condiciones de trabajo. Se evitarán asimismo choques, impactos y aceleraciones o desaceleraciones bruscas de las cargas.

A.4.3 El cable debe estar uniformemente devanado según 5.5.10 de esta norma y perfectamente apretado en los tambores.

A.4.4 Las tensiones súbitas y severas dañan el cable y deben evitarse. Cuando varios cables trabajan en paralelo deberán ajustarse para que sus tensiones sean iguales.

A.4.5 Las cargas y velocidades excesivas aumentan el desgaste y deben evitarse. Una velocidad recomendable para cables de uso común son 20 m/s; en todo caso conviene consultar catálogos o al productor.

A.4.6 Se tendrá cuidado que las grapas o abrazaderas no tiendan a formar *cocas* o a aplastar o dañar el cable.

A.4.7 Los cables se entregan perfectamente lubricados, con cierto grado de lubricación de reserva. Pero es

conveniente hacer revisiones periódicas y determinar, cuando aparentemente no existe lubricación entre los alambres e intersticios. Si ya no existe lubricación en el cable, se puede lubricar con un lubricante neutro de buena calidad, que penetre y se adhiera al cable.

A.4.8 Se observarán todas las precauciones para evitar la rotura prematura de los alambres, como los deslizamientos o desgastes y la excesiva fricción que los vuelve quebradizos (por formación de mastensita).

A.4.8.1 Las puntas sobresalientes de alambres cortados deben cortarse a la brevedad posible; para cortarlos no se deben utilizar alicates o tenazas, deberá doblarse alternadamente en 180° el alambre, tomándolo con los dedos o si es muy corto con un pedazo de madera, hasta que se quiebre; en esta forma la punta suelta quedará apretada por los otros alambres del cordón y no será peligroso.

A.4.9 Las canales de tambores, roldanas y poleas deberán revisarse frecuente y minuciosamente, especialmente al instalar un cable nuevo.

A.4.10 Se deberán revisar con plantillas calibradas, las que deberán cumplir con las especificaciones de 5.5 de esta norma, Diseño de canales de poleas, roldanas y tambores y reacondicionarse si fuere necesario. Los canales desgastados deberán retornarse.

A.4.11 En la instalación de un cable nuevo es de primordial importancia cumplir la recomendación anterior.

A.4.12 Todas las poleas deben tener el alineamiento adecuado y éstas con el tambor.

A.4.13 Las poleas deberán lubricarse periódicamente para que giren libremente.

A.5 Amarras, Empalmes, Encasquillado e instalación de grapas

A.5.1 Antes de cortar un cable, este deberá amarrarse a ambos lados de donde se va a efectuar el corte con un alambre blando estañado.

A.5.2 A los cables de diámetro nominal igual o superior a 25 mm se le harán tres amarras a cada lado del corte de longitud aproximadamente igual al diámetro del cable y se soldarán en una cara de ancho igual a su largo con soldadura de estaño.

A.5.3 La amarra debe ser apretada con la ayuda de herramientas de amarrar. Esto evita que el cable se destuerza y asegura una tensión uniforme sobre los cordones al aplicar carga.

A.5.4 El sistema recomendado para amarrar (trincar o ligar) un cable es el siguiente:

A.5.4.1 El alambre blando estañado debe enrollarse a mano, cada vuelta debe estar en contacto con la anterior y debe mantenerse una tensión firme y uniforme para obtener la liga adecuada.

A.5.4.2 Una vez enrollado el alambre de liga, las puntas del alambre deben retorcerse una contra la otra en dirección contraria a los punteros del reloj, para que se encuentren en el centro de la amarra y hasta que quede estirado.

A.5.4.3 Haciendo palanca con las pinzas se estirará el alambre. Esta operación debe repetirse hasta que el alambre quede bien estirado y apretado al cable.

A.5.4.4 Las puntas sobresalientes del alambres se cortarán y la porción retorcida se aplastará sobre el cable.

A.5.4.5 Se limpiará una porción de ancho de la liga igual a su longitud y se estañará con soldadura blanda.

A.5.5 Para el encasquillado después de cortar el cable, se quitará el alambre de amarre de la punta y se dejará la amarra adicional que se puso previamente a una distancia de la punta igual a la longitud del grillete.

A.5.5.1 Los alambres del cable deben destorcerse totalmente y florearse; no es necesario enderezarlos.

A.5.5.2 Los alambres en la longitud que ocupará el grillete se limpiarán con un solvente de petróleo. Luego una longitud inferior o igual al 75% de la parte limpia se introducirá en una solución comercial de ácido clorhídrico (*HCl*) durante 30 a 60 s o hasta que se noten limpios cada uno de los alambres.

A.5.5.3 Se tendrá cuidado que el ácido no entre en contacto con otras porciones del cable, puesto que si esto ocurre, los alambres se pondrán quebradizos.

A.5.5.4 Se neutralizará el ácido sumergiendo los alambres en agua hirviendo que contenga una pequeña cantidad de soda.

A.5.5.5 Se introducirán los alambres en la taza del grillete cuidando que el eje del grillete quede alineado con el eje del cable.

A.5.5.6 Se sellará la base del grillete con arcilla, mastique u otra sustancia similar y se vaciará zinc fundido en la taza hasta llenarla totalmente.

A.5.5.7 El zinc fundido no deberá estar excesivamente caliente, esto puede destemplan los alambres del cable. Cuando el zinc se ha solidificado lo suficiente, el casquillo se puede sumergir en agua fría.

A.5.5.8 No se recomienda el uso de metal blando (Babbit) o plomo, la resistencia de la unión suele ser menor que la del cable.

A.5.6 Los empalmes de los cables de acero requieren de operarios diestros y especializados. Las instrucciones son largas con infinidad de detalles y variaciones, para darles en este anexo y se encuentran en la mayoría de los catálogos de los fabricantes del cable, y específicamente detalladas para esos tipos y construcciones, siguiendo la secuencia de las operaciones, comúnmente con ilustraciones claras que muestran su desarrollo en las manos de técnicos experimentados.

A.5.6.1 Los empalmes serán hechos, en consecuencia, por operarios hábiles y experimentados, deberán quedar limpios, apretados y bien terminados, de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

A.5.7 Las grapas (perros) recomendables son las de acero forjado del tipo *U* o de doble quijada. Cuando se instalan correctamente siguiendo las instrucciones de este anexo, se puede obtener hasta un 80% de la resistencia del cable.

A.5.7.1 La longitud del dobléz para formar el ojal, depende del diámetro nominal del cable y de la carga que se va a manejar. Las longitudes recomendables desde la base de la rozadera para aplicaciones corrientes, son las de la tabla A.1.

A.5.7.2 Las rozaderas o guardacabos se amarrarán inicialmente al cable en el punto deseado doblándose el cable alrededor de ella. Se asegurará temporalmente amarrando las puntas de cable con alambre.

A.5.7.3 El primer perro o grapa se colocará y apretará aproximadamente 10 cm de la punta corta del cable. La quijada debe descansar sobre la punta larga y la *U* sobre la punta corta. Todos los perros se instalarán de la misma manera (figura A.1).

A.5.7.4 El segundo perro se instalará lo más cerca posible a la rozadera, las tuercas de este perro no se

apretarán totalmente. El número de perros y la distancia entre ellos se da en la tabla A.1.

A.5.7.5 Los perros se instalarán en espacios equidistantes

A.5.7.6 Antes de apretar el segundo perro y los restantes, se dará cierta tensión al cable para estirarlo e igualar la tensión de las dos puntas.

A.5.7.7 Las tuercas deberán apretarse uniformemente, dando solo un par de vueltas de un lado y del otro. La aplicación de unas gotas de aceite a las roscas facilita la maniobra y prolonga la duración de las piezas.

A.5.7.8 Se reapretarán las tuercas de todos los perros, después que el cable ha estado en uso por un poco de tiempo. La tensión del cable produce una estricción en su diámetro.

A.5.7.9 Los sistemas de amarras con grapas deben inspeccionarse regular y periódicamente y asegurarse que las tuercas se encuentran debidamente apretadas.

A.6 Bodegaje

A.6.1 A la recepción del cable, se retirará el embalaje y examinará el cable en toda su extensión.

A.6.2 Se colocará una nueva capa de lubricante, si fuera necesario y se volverá a embalar.

A.6.3 El recinto de bodega será fresco y seco, la temperatura se mantendrá constante dentro de límites razonables para evitar condensaciones.

A.6.4 Los cables deberán colocarse a cierta distancia del suelo para evitar la acción capilar a través del material de embalaje.

A.6.5 Los cables se guardarán bajo techo y donde no puedan entrar en contacto con gases ácidos, vapores, u otros agentes corrosivos.

A.6.6 Se revisarán periódicamente y su capa protectora se renovará cuando sea necesario.

Tabla A.1 – Detalles para la instalación de grapas

Diámetro nominal del cable, mm	Numero de perros o grapas	Espacio entre perros o grapas, mm	Longitud de cable doblado excluido el ojal
10	2	57	127
13	3	76	228
16	3	95	279
19	4	114	457
22	4	133	533
25	4	152	609
29	5	177	889
32	5	203	1016
35	6	228	1371
38	6	254	1524