ESPECIFICACIÓN TÉCNICA SUMINISTRO CONDUCTOR DE ALTA CAPACIDAD, HERRAJES Y AMORTIGUADORES

**ENE\_LLTT\_0220\_SUM.CONDUCTOR**

# Objetivo.

La presente especificación establece las características técnicas y condiciones de diseño que deberá cumplir el conductor de alta capacidad del tipo HTLS (High Temperature Low Sag; alta temperatura y baja flecha) propuesto para el proyecto de refuerzo.

El fabricante deberá presentar, el conductor de alta capacidad, con sus herrajes y amortiguadores asociados, el cual deberá cumplir con las restricciones de diseño establecidas en la presente especificación.

# Alcance.

El fabricante deberá considerar para cada una de las alternativas indicadas, el siguiente alcance:

* Suministro de conductor de alta capacidad.
* Suministro de grampas de anclaje comprimidas.
* Suministro de grampas de suspensión preformadas.
* Suministro de uniones comprimidas.
* Suministro de mangas de reparación comprimidas para la corona del conductor.
* Suministro de amortiguadores de vibración.
* Suministro de dados de compresión.
* Capacitación e inspección técnica durante la instalación del conductor.
* Especificación técnica del conductor.
* Especificación técnica de las grampas de anclaje y suspensión.
* Especificaciones técnicas para la instalación del conductor.
* Estudio de amortiguación.
* Entrega de los ensayos realizados al conductor.
* Informe de las tensiones máximas iniciales y de cortadura finales resultantes para cada uno de los sectores de tendido de la línea.
* Archivo .WIR del conductor para ser utilizado en el programa PLS-CADD.
* Archivo .BAK de la línea modelada con el conductor propuesto para ser revisado con el programa PLS-CADD.
* Tabla 7.1 de este documento debidamente completada.
* Tabla de ampacidad y resistencia. (considerando un rango de temperaturas entre 20° y la temperatura máxima del conductor, con intervalos de 10°).
* Informe de las tensiones máximas iníciales y de cortadura finales resultantes para cada uno de los sectores de tendido de la línea.

Todos los suministros deberán cumplir con los requerimientos de capacidad de transporte y con las restricciones de diseño establecidas en la presente especificación.

Adicionalmente, el fabricante deberá entregar los antecedentes técnicos que permitan garantizar, en base a las capacidades de disipación de calor de sus herrajes propuestos, que la temperatura máxima a la cual se verá sometida la aislación de la línea del tipo epóxica, en ningún caso será superior a 55 °C (considerando intensidad de corriente de 1,050 (A), a 30°C de temperatura ambiente y sin viento).

Además, se deberán considerar dentro de la oferta los siguientes requerimientos:

* Cronograma estimado para las fases de fabricación, pruebas de inspección, y entrega del conductor.
* Manual de Garantía de Calidad.
* Listado de suministros similares, con certificado de por lo menos 5 compradores, en los cuales se afirme que conductores similares a los ofertados, han presentado un comportamiento favorable.
* Copia de la norma empleada en la fabricación del cable, en caso de no corresponder a las indicadas en esta especificación.
* El CONTRATISTA deberá contemplar todos los costos asociados (pasajes clase ejecutiva, estadía, etc.) para que el PROPIETARIO realice inspección en fábrica, la que deberá ser programada durante el período de trenzado del conductor (previo al envío de los carretes a Chile).

# Normas y procedimientos aplicables.

Para los efectos de la presente especificación, se consideran las siguientes normas y procedimientos aplicables:

* ASTM B857-02: Standard Specification for Shaped Wire Compact Concentric-Lay- Stranded Aluminum Conductors, Coated-Steel Supported (ACSS/TW).
* ASTM B609/B609M: Standard Specification for Aluminum 1350 Round Wire, Annealed and Intermediate Tempers, for Electrical Purposes.
* ASTM B941: Heat Resistant Aluminium – Zirconium Alloy Wire for Electrical Purposes.
* ASTM B502: Standard Specification for Aluminum-Clad Steel Core Wire for Aluminum Conductors, Aluminum-Clad Steel Reinforced
* ASTM B498: Standard specification for Zinc-coated (Galvanized) steel core wire for Aluminum Conductors, steel Reinforced (ACSR)
* ASTM B398: Standard Specification for Aluminum-Alloy 6201-T81 Wire for Electrical Purposes.
* ASTM B415: Standard Specification for Hard-Drawn Aluminum-Clad Steel Wire.
* ASTM B399: Standard Specification for Concentric-Lay-Stranded Aluminum-Alloy 6201-T81 Conductors.
* ASTM B231: Standard Specification for Concentric-Lay-Stranded Aluminum 1350 Conductors.
* ASTM B232: Standard specification for concentric-lay-stranded aluminum conductors, coated steel reinforced (ACSR).
* ASTM B416: Standard Specification for Concentric-Lay-Stranded Aluminum-Clad Steel Conductors.
* ASTM B549: Standard Specification for Concentric-lay-Stranded Aluminum Conductors, Aluminum Clad Steel Reinforced (ACSR/AW)
* ASTM B193: Test Method for Resistivity of Electrical Conductor Materials.
* ASTM D 3552: Standard Test Method for Tensile Properties of Fiber Reinforced Metal Matrix Composites.
* IEC 61232: Aluminium-Clad Steel Wires for Electrical Purposes.
* IEC 60104: Aluminum-magnesium-silicon alloy wire for overhead line conductors.
* [IEC 60889](http://webstore.iec.ch/Webstore/webstore.nsf/ArtNum_PK/17505!opendocument): Hard-Drawn Aluminium Wire for Overhead Line Conductors.
* IEC 61089: Round wire concentric lay overhead electrical stranded.(1)
* IEC 60410: Sampling plans and procedures for inspection by attributes.
* IEC 60468: Method of measurement of resistivity of metallic materials.
* IEC 62420: Concentric Lay Stranded Overhead Electrical Conductors Containing One or More Gap(s).
* IEEE Std. 738-2006: IEEE Standard for Calculating the Current-Temperature of Bare Overhead Conductors.
* USC-TensileProc-Final: Test for Tensile Strength of Composite Rods.
* Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio, cuyo texto refundido fue aprobado mediante Resolución Exenta N°549 de la Comisión Nacional de Energía, de 11 de octubre de 2024, y todas sus modificaciones posteriores.
* Resolución Exenta N°41, de 24 de enero de 2025, publicada en el Diario Oficial el 29 de enero de 2025 que en su artículo primero aprueba anexo técnico requisitos sísmicos para instalaciones eléctricas de alta tensión y en segundo aprueba el texto refundido del Anexo Técnico de Exigencias Mínimas de Diseño de Instalaciones de Transmisión de la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio.
* RPTD Nº1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 contenidos en el artículo 10 del Reglamento de Seguridad de las instalaciones eléctricas destinadas a la producción, transporte, prestación de servicios complementarios, sistemas de almacenamiento y distribución de energía eléctrica, publicada el 17 de septiembre de 2020 en el Diario Oficial, y sus modificaciones.
* ASTM B987/B987M-25 Standard Specification for Carbon Fiber Thermoset Polymer Matrix Composite Core (CFC) for use in Overhead Electrical Conductors.

# Campo de aplicación

Los suministros contemplados en la presente especificación serán utilizados en una línea aérea de tensión eléctrica nominal de 220 kV, sometida a un ambiente con diferentes grados de contaminación (ligera, media, fuerte o muy fuerte; de acuerdo a lo definido en la tabla 1 de la norma IEC 60815).

Los conductores se instalarán en la Región Metropolitana de Santiago, caracterizada por un clima templado cálido, con una baja humedad relativa (ligeramente superior al 70% como promedio anual) y temperaturas ambientales entre –5°C y +35 °C.

# Características del conductor

Los conductores deberán cumplir con los requisitos definidos en las normas indicadas en el punto 3.0 de la presente especificación, garantizando el proveedor las características técnicas indicadas en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1: Características del conductor garantizadas por el fabricante

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Conductor:* | | | | | | |
| Ítem | Descripción | | | | Unidad | Valor Garantizado por  el Fabricante |
| 1 | Sección total del conductor | | | | mm2 |  |
| 2 | Sección total de aluminio | | | | mm2 |  |
| 3 | Número de alambres | | | | - |  |
| 4 | Número de capas | | | | - |  |
| 5 | Diámetro del conductor | | | | mm |  |
| 6 | Diámetro del núcleo | | | | mm |  |
| 7 | Sentido del cableado de capa  externa | | | | - | Hacia la derecha |
| 8 | Peso total del conductor | | | | Kg/m |  |
| 9 | Carga de rotura mínima | | | | kN |  |
| 10 | Radio de curvatura mínimo | | | | mm |  |
| 11 | Resistencia en C.C. a 20 °C,  máxima del conductor | | | | /km |  |
| 12 | Coeficiente  núcleo | de | dilatación | lineal | °C-1 |  |
| 13 | Coeficiente  aluminio | de | dilatación | lineal | °C-1 |  |
| 14 | Ampacidad máxima en operación  normal | | | | A |  |
| 15 | Temperatura de Transición Mínima  del núcleo (Tg) | | | | °C |  |
| 16 | Cumple ISO 9000 | | | | Sí / No | Sí |
| 17 | Plazo de garantía mínimo | | | | meses | 24 |
| 18 | Longitud de conductor por carrete | | | | m |  |
| 19 | Peso máximo del carrete | | | | kg |  |
| 20 | Ancho máximo del carrete | | | | mm |  |
| 21 | Diámetro máximo del carrete | | | | mm |  |
| **22** | Diámetro buje central del carrete | | | | mm |  |
|  |  | | | |  |  |

## Material:

El conductor estará formado por alambres trapezoidales o circulares de aluminio recocido o de aleación termoresistente y un núcleo resistente, los cuales no deberán presentar degradación alguna de sus propiedades mecánicas y eléctricas, considerando la operación continua a la temperatura máxima especificada por el proveedor para alcanzar las capacidades de transporte indicadas en el punto 1.0.

No se aceptará empalmes ni soldaduras en los alambres que forman la corona del conductor. Cada alambre deberá ser fabricado de acuerdo a lo indicado en las normas indicadas en el punto 4.0.

Para el caso de los conductores del tipo ACCC, no se aceptará que el núcleo presente defectos producto del proceso de pultrusión, garantizándose que las fibras de carbono estén ubicadas en la zona central del núcleo, rodeadas por una capa externa de fibras de vidrio. El fabricante garantizará la tensión mínima de rotura del núcleo y la temperatura de transición mínima (Tg).

En la eventualidad de detectarse algún defecto en el núcleo de los conductores durante el proceso de trenzado de los alambres de aluminio (fractura del núcleo, variaciones de diámetro, etc), se deberá considerar rechazado la totalidad del carrete de núcleo y el conductor que se haya alcanzado a fabricar con este.

Los alambres deberán cumplir con las características de tensión definidas en las normas indicadas en el punto 4.0.

## Acabado:

El conductor debe ser cilíndrico, limpio y libre de cualquier tipo de imperfecciones, torceduras, fisuras, incrustaciones, que puedan afectar sus características eléctricas y mecánicas.

## Trenzado:

Todos los alambres del conductor deberán ser trenzados concéntricamente.

Las capas de alambres adyacentes deberán ser trenzadas en direcciones inversas. La dirección de la capa externa deberá ser hacia la derecha.

Para el caso de los conductores del tipo ACCC, será requisito indispensable del proceso de trenzado, realizar la verificación de la capacidad de flexión del núcleo, flexionándolo en dos direcciones ortogonales entre sí, de acuerdo a la capacidad máxima indicada por el fabricante. El control de la integridad del núcleo deberá ser automático y capaz de detener el proceso de trenzado cuando se detecte una falla, caso en el cual, el carrete completo de núcleo será inmediatamente rechazado. El proceso de trenzado, deberá considerar como registro auditable, la correcta ubicación de las poleas responsables del ensayo de flexión del núcleo.

De igual forma, para las otras alternativas de conductores, el proceso de trenzado, deberá considerar registros auditables que permitan verificar el correcto desarrollo de éste.

## Designación

Los conductores serán identificados de la siguiente forma:

* El nombre del conductor de acuerdo a las normas indicadas en el punto 4.0.
* A continuación un código alfanumérico que identifica el tipo de conductor y material. Ej. ACCC-1350-0, ACCR-267-T23.
* Finalmente un número que expresa la sección nominal de aluminio del conductor en mm2.

# Requerimientos de calidad.

El proveedor deberá demostrar la certificación del proceso de fabricación del conductor, de acuerdo a la norma ISO 9001.

El cliente se reserva el derecho de verificar los procedimientos y la documentación relativa a la fabricación del conductor, y el fabricante se obliga a poner a su disposición estos antecedentes.

# Inspección técnica y pruebas.

## Inspección

El oferente deberá cotizar en forma separada en su oferta, los costos asociados a la capacitación y supervisión necesaria durante la instalación del conductor, la cual se extenderá por 7 días.

El inspector ( PROPIETARIO), tendrá acceso durante las horas de trabajo, a inspeccionar los procesos de fabricación, medidas de control, el trabajo de manufactura y efectuar aquellas pruebas que considere recomendables, siempre y cuando esto no ocasione demoras en la producción del material o en la confección de los conductores.

La inspección técnica y las pruebas deben ser efectuadas en las instalaciones del fabricante, o en algún laboratorio aprobado por el Cliente (PROPIETARIO).

A solicitud del Cliente (PROPIETARIO), el fabricante deberá entregar certificados que avalen la calidad de los materiales y dispositivos empleados en la construcción de los conductores.

El fabricante debe proporcionar todos los medios para la realización de las pruebas, las cuales se realizarán, a su costo, en presencia del Inspector nombrado por el Cliente (PROPIETARIO).

## Pruebas de recepción

El fabricante deberá dar aviso con 15 días hábiles de anticipación, acerca de la fecha de inicio de los ensayos finales, enviando el Cronograma de los mismos al Cliente (PROPIETARIO) o a su representante para que presencien las pruebas efectuadas.

En caso que el Cliente (PROPIETARIO) se excuse de su presencia o la de su representante durante las pruebas de recepción, el fabricante deberá efectuarlas, y emitirá posteriormente un informe detallado con los procedimientos y resultados de cada una de ellas.

Si el o los conductores, no cumpliera alguna de las pruebas especificadas, el fabricante deberá tomar las medidas necesarias para detectar las fallas y corregirlas. Una vez efectuadas las correcciones necesarias, el fabricante deberá repetir todas las pruebas, para demostrar que el conductor cumple plenamente con las especificaciones. Esta circunstancia deberá quedar registrada en el informe de pruebas, detallando la falla ocurrida.

Una vez efectuadas todas las pruebas de recepción, el fabricante deberá entregar un informe completo y certificado de las mismas. Este informe será sometido a la aprobación final por parte del Cliente (PROPIETARIO).

El despacho del suministro desde la fábrica sólo podrá ser autorizado mediante un certificado de inspección extendido por el Cliente (PROPIETARIO) o su representante.

El despacho del conductor no liberará al fabricante de la responsabilidad de suministrarlo conforme a todos los requisitos de la orden de compra, ni tampoco invalidará cualquier reclamo que el Cliente (PROPIETARIO) pueda presentar por materiales defectuosos o insatisfactorios durante el período de garantía.

Las pruebas de recepción a realizar serán:

## Conductor:

Los siguientes ensayos deberán ser realizados al conductor, de acuerdo a lo establecido en las normas indicadas en el punto 4.0.

* + - 1. Se deberá realizar tres ensayos de rotura del conductor asociado al suministro, determinando la tensión de rotura máxima de acuerdo al método indicado en la Aluminum Association Guideline “A Method of Stress-Strain Testing of Aluminium Conductors and ASCR and A Test Method for Determining the Long Time Creep of Aluminium Conductors in Overhead Lines”.
      2. Se realizarán los ensayos para determinar: diámetro, masa por unidad de longitud, relación de paso y sentido de cableado.

## Alambres:

Los siguientes ensayos se deberán realizar a los alambres de aluminio después del proceso de trenzado, de acuerdo a lo establecido en las normas indicadas en el punto 4.0.

* + - 1. Medición de diámetro.
      2. Medición de la resistividad eléctrica.

## Núcleo:

Se deberá considerar la realización de los siguientes ensayos al núcleo del conductor, de acuerdo a lo establecido en las normas indicadas en el punto 4.0.

* + - 1. Medición del diámetro, el cual será medido preferiblemente usando un micrómetro de placas paralelas o mediante el uso de calibres. El diámetro será el promedio de dos lecturas redondeadas a la centésima de milímetro más cercana y tomadas perpendicularmente la una a la otra en la misma ubicación. El diámetro del conductor no diferirá en +/- 2% de los diámetros especificados en la tabla 7.1. Esta medición se realizará en cada uno de los carretes que conforman el suministro.
      2. Medición de la resistencia a la tracción de una muestra de núcleo, realizada de acuerdo a lo establecido en las normas o procedimiento indicados en el punto

4.0. Este ensayo se realizará por cada uno de los carretes que conforman el suministro.

* + - 1. Específicamente, para los conductores del tipo ACCC, se deberá realizar un análisis mecánico dinámico (DMA) orientado a la determinación de la temperatura de transición del núcleo (Tg). Este ensayo se realizará por cada uno de los carretes que conforman el suministro.
      2. Ensayo de rotura de tres muestras de núcleo, sometidas durante una semana a la temperatura máxima de operación en **contingencia** del conductor (temperatura de emergencia garantizada por el proveedor para intervalos de corta duración, en los cuales se superan la ampacidad objetivo indicadas en el punto 1.0).

## Muestras

El tamaño de la muestra será el que se determine a partir de la norma IEC 60410 considerando AQL 1,5%, nivel II, muestreo simple.

## Nivel de aceptación y rechazo

La aceptación del lote se hará siguiendo el procedimiento descrito en la norma IEC 60410, según los parámetros indicados para la selección de la muestra, rechazando cualquier defecto en la revisión sea “menor, mayor o crítico”.

La aprobación o rechazo de cada muestra será el establecido en las normas respectivas indicadas en el punto precedente.

El costo de los materiales rechazados será de cargo del oferente.

El inspector autorizará el embarque del conductor, una vez haya aprobado las inspecciones y ensayos, firmando un Certificado de Libertad que deberá acompañar al material junto con los protocolos de pruebas firmados por el mismo inspector.

# Embalaje y transporte

El conductor será entregado por el proveedor en carrete de madera o metálico.

Los carretes de madera serán tratados, según requerimientos internacionales para el control de plagas, evitando el compuesto “Pentaclorofenol”. El tratamiento deberá contemplar, a lo menos: alta toxicidad a organismos xilófagos, alta penetrabilidad y poder de fijación, estabilidad química, sustancias no corrosivas a los metales ni que afecte características físicas de la madera. Cada uno de estos carretes deberá venir recubierto con una capa plástica aislante que evite toda corrosión del conductor.

El largo total del conductor entregado en cada carrete no podrá ser inferior al solicitado en la orden de compra y no será superior en más de un 1%.

El peso bruto máximo del carrete embalado no deberá exceder lo indicado en la Tabla 6.1.

Los extremos de los conductores de cada carrete se deberán proteger mecánicamente contra posibles daños producto de la manipulación y del transporte.

En cada una de las caras paralelas de los carretes, se instalará una placa metálica, de aluminio o acero inoxidable, con la siguiente información, en idioma español:

* Nombre del fabricante
* País de origen
* PROPIETARIO
* N° Orden de compra
* Material y Sección (en mm²) del conductor
* Código del Cable según esta especificación
* Número del carrete dentro de la partida entregada
* Peso neto del carrete (sin elementos de embalaje), peso del carrete más conductor (sin elementos de embalaje) y peso bruto del carrete (carrete+conductor+elementos de embalaje), en Kg
* Tipo de cableado
* Longitud del conductor, en metros.

# Información técnica.

## General

Toda la información entregada en la oferta será en idioma español.

Las unidades de medidas, para toda información entregada por el oferente, deberán ser, obligatoriamente, las del sistema internacional de medidas (SI); inclusive las descripciones técnicas, especificaciones, diseños y cualquier documento o datos adicionales. Cualquier valor indicado, por conveniencia, en cualquier otro sistema de medida, deberá también ser expresados en unidades del sistema internacional de medidas.

## Información a entregar con la propuesta

El oferente deberá entregar dentro de su propuesta la siguiente información:

1. Cronograma estimado para las fases de fabricación, pruebas de inspección, y entrega del conductor.
2. Manual de Garantía de Calidad.
3. Tabla 6.1 debidamente completada.
4. Listado de suministros similares, con certificado de por lo menos 5 compradores, en los cuales se afirme que conductores similares a los ofertados, han presentado un comportamiento favorable.
5. Copia de la norma empleada en la fabricación del cable, en caso de no corresponder a las indicadas en esta especificación.
6. Informe de las tensiones máximas iniciales y de cortadura finales resultantes para cada uno de los sectores de tendido de la línea.
7. Archivo .WIR del conductor para ser utilizado en el programa PLS-CADD.
8. Archivo .BAK de la línea modelada con el conductor propuesto para ser revisado con el programa PLS-CADD.

## Información para aprobación del cliente (PROPIETARIO)

En un plazo no superior a quince (15) días de colocada la orden de compra, el proveedor (fabricante) deberá entregar la siguiente información:

1. Cronograma definitivo con los períodos de fabricación, pruebas de inspección, y fechas de entrega en el lugar definido por Cliente (PROPIETARIO).
2. Archivo .WIR del conductor para ser utilizado en el programa PLS-CADD.
3. Curvas de capacidad de corriente del conductor en función de la temperatura, la velocidad del viento y la radiación solar especificadas en la Tabla 3.6.

# Garantía.

El proveedor garantizará la calidad técnica del suministro ofrecido, por un período mínimo de 2 años, contados a partir de la fecha de entrega de cada partida.

Durante este plazo, el oferente se comprometerá a la reposición total del material que presente fallas atribuibles al diseño y/o proceso de fabricación. Esto deberá ser ratificado explícitamente por el proveedor en su oferta.