



# **ANEXO 7**

## **TORRES**

### **AUTOSOPORTADAS**

## **ESPECIFICACIONES**

### **TÉCNICAS**

**ENTEL S.A. – 2026**

<b>REVISIÓN:</b> REV 1.0 <b>DE FECHA:</b> Junio de 2026	<b>PREPARADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>  <b>APROBADO POR:</b>	<b>TOTAL, PAGINAS:</b>  <b>38</b>
<b>ENTEL S.A.</b>			

# INDICE

1.	ANTECEDENTES.....	4
2.	OBJETO. ....	4
3.	ALCANCE.....	4
4.	MATERIALES .....	4
5.	NORMAS DE REFERENCIA. ....	4
6.	CONDICIONES GENERALES DEL DISEÑO. ....	5
7.	DEFINICIONES DE LAS ESTRUCTURAS .....	6
7.1.	ESTRUCTURA PORTANTE PRINCIPAL.....	7
	La Estructura Portante Principal de las torres autosoportadas deberán cumplir las siguientes características:.....	7
7.1.1	GEOMETRÍA PORTANTE PRINCIPAL DE SECCIÓN TRONCO PIRAMIDAL .....	7
7.1.2	Fabricación Estructura Portante Principal.....	7
7.2.	ESCALERILLA DE ASCENSO / DESCENSO DE PERSONAS.....	8
7.3.	ESCALERILLA PORTA CABLES VERTICAL .....	11
7.3.1.	ESCALERILLA PORTA CABLES VERTICAL ADOSADA A LA ESCALERILLA DE ASCENSO / DESCENSO DE PERSONAS. ....	11
7.3.2.	ESCALERILLA PORTA CABLES VERTICAL ADOSADA A UNA DE LAS CARAS DE LA TORRE. ....	12
7.4.	ESCALERILLA PORTACABLE HORIZONTAL.....	12
7.5.	PLATAFORMA DE TRABAJO (PLATAFORMA EXTERNA).....	13
7.6.	PLATAFORMA DE DESCANSO .....	15
7.7.	SOPORTES DE ANTENAS SECTORIALES, RRU ´s y AAU ´s.....	15
7.8.	UBICACIÓN DE SOPORTES DE ANTENAS SECTORIAL.....	16
7.8.1.	SOPORTES A TOPE DE LA TORRE.....	16
7.8.2.	SOPORTES H -4 M.....	17
7.9.	PLANTILLA (MARCO DE REGLAJE Y NIVELACIÓN PARA REPLANTEO) .....	17
7.10.	PINTURA PARA RETOQUE.....	18
8.	JUEGO DE PLANOS .....	18
9.	CONDICIONES ESPECÍFICAS DEL SUMINISTRO.....	18
9.1.	PERFILES Y PLANCHAS.....	18
9.2.	IDENTIFICACIÓN DE LAS PIEZAS .....	19
9.3.	PERNOS .....	19
9.3.1.	PERNOS EN LA TORRE.....	19
9.3.2.	PERNOS DE ANCLAJE .....	19
9.4.	SOLDADURA.....	20
9.5.	GALVANIZADO DE PIEZAS .....	20
10.	ANÁLISIS ESTRUCTURAL CONDICIONES GENERALES .....	21
10.1.	AREAS PROYECTADAS .....	21
10.2.	CARGAS ACTUANTES.....	22
10.3.	CARGA DE ANTENAS .....	23
10.4.	COMBINACIONES DE CARGA.....	25

10.5.	ACCIONES .....	25
10.6.	DEFORMACIONES MÁXIMAS .....	26
10.7.	VIENTO DE OPERACIÓN .....	26
10.8.	VIENTO DE SUPERVIVENCIA.....	26
10.9.	RESULTADO DE ANÁLISIS Y CÁLCULO .....	26
11.	SISTEMA ELÉCTRICO .....	27
11.1.	SISTEMAS DE PARARRAYOS. ....	27
11.2.	SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE ANTENAS.....	28
11.3.	BALIZAMIENTO DIURNO.....	30
11.4.	BALIZAMIENTO NOCTURNO.....	31
12.	PRUEBAS DE ACEPTACIÓN Y VERIFICACIÓN .....	36
12.1.	VERIFICACIÓN EN ALMACEN.....	36
12.2.	PRUEBAS DE LABORATORIO .....	37
13.	RECOMENDACIONES FINALES.....	37
14.	PLACA DE IDENTIFICACIÓN Y TRAZABILIDAD POR TORRE .....	38

## **INDICE DE IMÁGENES**

Imagen referencial 1 .....	6
Imagen referencial 2 .....	8
Imagen referencial 3 .....	9
Imagen referencial 4 .....	9
Imagen referencial 5 .....	10
Imagen referencial 6 .....	11
Imagen referencial 7 .....	14
Imagen referencial 8 .....	14
Imagen referencial 9 .....	16
Imagen referencial 10 .....	16
Imagen referencial 11 .....	17
Imagen referencial 12 .....	20
Imagen referencial 13 .....	24
Imagen referencial 14 .....	25
Imagen referencial 15 .....	29
Imagen referencial 16 .....	29
Imagen referencial 17 .....	31
Imagen referencial 18 .....	33

## **1. ANTECEDENTES**

La Empresa Nacional de Telecomunicaciones (ENTEL S.A.), es una Empresa Pública, Nacional, Estratégica y Corporativa del Estado Plurinacional de Bolivia, con la misión de Proveer los más avanzados servicios de Telecomunicaciones y TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) con la mejor calidad y asequibilidad en todo el territorio del Estado Plurinacional, contribuyendo al desarrollo integral de las bolivianas y bolivianos.

## **2. OBJETO.**

El objeto del presente documento es el de establecer los principales requisitos técnicos para el diseño, fabricación, criterios de aceptación, pruebas de laboratorio, y provisión de TORRES AUTOSOPORTADAS DE BASE TRIANGULAR de 24 m, 30 m y 42 m de altura, para fijación de antenas y equipos de Telecomunicaciones de ENTEL S.A.

## **3. ALCANCE.**

El alcance se refiere al diseño y suministro de 1 (un) lote de torres autosoportadas de estructuras metálicas reticuladas de acero galvanizado de 3 (tres) diferentes tipos de alturas (24 m, 30 m y 42 m de altura).

El OFERENTE debe proporcionar la siguiente información técnica de diseño en formato físico y digital:

- a) Memorias de cálculo
- b) Pesos de estructuras
- c) Planos de montaje
- d) Listas de materiales

El suministro de estructuras incluye transporte y almacenaje en los almacenes del PROVEEDOR ADJUDICADO. El PROVEEDOR se encargará de los gastos de almacenaje y logística descritos en los Términos Básicos de Contratación.

## **4. MATERIALES**

Todos los materiales a ser suministrados deberán ser nuevos, libres de defectos e imperfecciones y de buena calidad. Asimismo, deberán ser los más adecuados a los propósitos de estas especificaciones, independientemente de algunas omisiones que podrían presentarse en la misma.

## **5. NORMAS DE REFERENCIA.**

Las estructuras metálicas a ser diseñadas por el OFERENTE deberán cumplir con las normas técnicas mencionadas a continuación:

### **ASTM - American Society for Testing and Materials**

A36/A36M – Standard Specification for Carbon Structural Steel.

A123 - Zinc (Hot Galvanized) Coatings on Products Fabricated from Rolled, Pressed and Forged Steel, Shapes, Plates, Bars and Strip.

### **ANSI - American National Standards Institute / AISC - American Institute of Steel Construction**

ANSI/AISC 360-05 Steel Frame Design Manual, Specification for Structural Steel Building

ANSI TIA 222 G - Structural Standard for Antenna Supporting Structures and Antennas and Small Wind Turbine Support Structures

### **NB – Norma Boliviana**

NB 148010-(1, 2, 3 y 4) Norma Boliviana de Instalaciones Eléctricas

## **6. CONDICIONES GENERALES DEL DISEÑO.**

El OFERENTE presentará su propuesta de diseño, tomando en cuenta las siguientes alturas de torres:

- Torre Autosoportada de base Triangular de 24 metros de altura.
- Torre Autosoportada de base Triangular de 30 metros de altura.
- Torre Autosoportada de base Triangular de 42 metros de altura.

Estas torres deberán tener los siguientes componentes:

- 1 Estructura portante principal (sección tronco piramidal y/o constante).
- 2 Escalerilla de ascenso / descenso de personas con línea de vida (deberá ser implementada en el interior de la torre).
- 3 Escalerilla porta cables, vertical.
- 4 Escalerilla porta cables, horizontal de conexión (Con accesorios para su instalación).
- 5 Plataforma de trabajo.
- 6 Plataforma de descanso. (área mínima de 0.5 m<sup>2</sup>) en torres de 30 m y 42 m de altura.
- 7 Soportes de antenas sectoriales  
(nueve soportes: *6 soportes sobre la plataforma superior y 3 soportes debajo de la plataforma de la torre*).
- 8 Plantilla (Marco de reglaje y nivelación para replanteo).
- 9 Pernos de anclaje.
- 10 Sistema de pararrayos (franklin tetrapuntal).
- 11 Sistema de protección de antenas.
- 12 Sistema de Balizamiento (diurno y nocturno). Que no sea sistema electrónico.

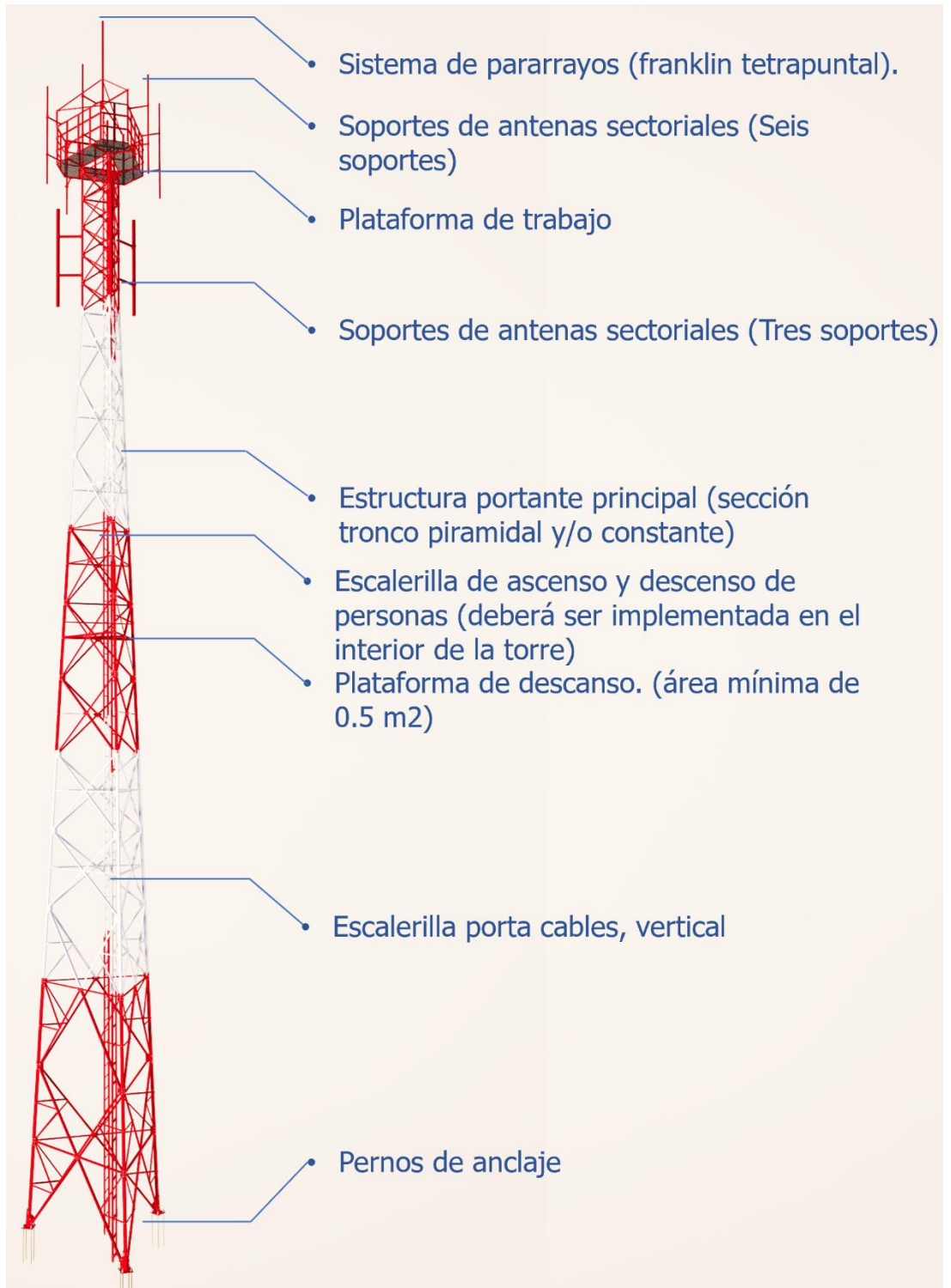


Imagen referencial 1

## 7. DEFINICIONES DE LAS ESTRUCTURAS

Las torres provistas contarán con accesorios según lo descrito en el punto 6 de las presentes especificaciones técnicas. Las partes de las estructuras son de carácter enunciativo y no limitativo, las mismas se definen a continuación:

## 7.1. ESTRUCTURA PORTANTE PRINCIPAL

La Estructura Portante Principal de las torres autosoportadas deberán cumplir las siguientes características:

### 7.1.1 GEOMETRÍA PORTANTE PRINCIPAL DE SECCIÓN TRONCO PIRAMIDAL

La estructura portante principal, tiene dos tipos de secciones:

- La primera contará con una geometría tronco piramidal de sección triangular variable a lo largo de la torre partiendo de la base de la torre y abarca como mínimo el 75% de la altura total de la torre, donde la distancia entre los ejes de sus montantes principales en la parte superior de este tramo será no menor a 1.20 m. ni superior a 2.50 m.
- La segunda contará con una geometría recta de sección triangular constante desde la finalización del tramo con geometría tronco piramidal hasta el tope de la torre, donde la distancia entre los ejes de sus montantes principales será no menor a 1,20 m. ni superior a 2.50 m.

La longitud del tramo recto debe cumplir con los siguientes parámetros:

Alturas de Torre (H)	Long. tramo recto	
	desde	Hasta
24 m	10% de H	6 m
30 m	10% de H	6 m
42 m	10% de H	6 m

### 7.1.2 Fabricación Estructura Portante Principal

Para la fabricación de la estructura principal de la torre se deberá tomar en cuenta los siguientes puntos:

- a) La estructura principal deberá contar con cuadros internos horizontales en cada tramo (módulo), a efectos de mejorar la estabilidad de las torres.
- b) En todos los casos la estructura metálica principal está constituida por perfiles abiertos de acero laminado en caliente (en ningún caso se admitirán el uso de perfiles compuestos - unión de dos o más perfiles), y acabados con pintura acrílica al agua específica para acero galvanizado, en los colores blanco y rojo o naranja internacional, según su posición en la altura de la torre.
- c) Todas las uniones de elementos diagonales, horizontales y montantes, deben ser concebidas como apernadas. Utilizando pernos, tuercas, arandelas planas y de presión, que respondan a las normativas señaladas en estas especificaciones técnicas.

- d) No se aceptarán uniones soldadas en ningún elemento estructural constitutivo de la torre como ser: montantes, diagonales y horizontales (tampoco soldadas en fábrica). Los elementos en los que se permitirá contar con soldadura de unión en fábrica son: escalerillas, accesorios de plataformas, soporte de pararrayos y balizas, barandas, cartelas, bridas, placas de unión en cambio de dirección (de trapezoidal a constante) y accesorios de soportes de antenas sectoriales, RRU's y AAU's.

## 7.2. ESCALERILLA DE ASCENSO / DESCENSO DE PERSONAS.

Esta escalerilla de ascenso / descenso de personas puede formar un conjunto estructural con el cuerpo de la torre, siempre y cuando no produzcan interferencia entre ambas para su funcionamiento, que deberá ser prevista para ser instalada en la torre.

La escalerilla de ascenso / descenso de personas debe cumplir con las siguientes características:

- Ancho útil de 40 cm. como mínimo.
- Borde longitudinal de perfil "L" rígido de 1 1/2" (ancho de ala) x 3/16" (espesor) como mínimo.
- La distancia entre ejes de peldaños será de 30 cm como máximo.
- Los peldaños serán fabricados en tubería/barra metálica lisa considerando un diámetro no inferior a 19 mm y no superior a 25 mm, con un espesor de pared de 4mm mínimamente (en caso de usar tubería metálica).
- Debe considerarse la cantidad de sujetadores de escalerilla necesarios para que esta quede completamente rígida. Las posiciones de los sujetadores deben estar claramente identificados en los planos de montaje.
- El borde de esta escalerilla deberá ser de sección tal que permita sujetarse al mismo con naturalidad y mantener la rigidez de la escalerilla.
- Debe considerarse la cantidad de sujetadores de escalerilla necesarios, para que esta quede completamente rígida. Las posiciones de los sujetadores deben estar claramente identificadas en los planos de montaje.
- Todo el largo de la escalerilla contará con la instalación de línea de vida vertical que garantice la seguridad de los trabajadores desde el comienzo y durante todo el proceso de ascenso y descenso. La línea de vida vertical será un sistema debidamente asegurado a la escalerilla de la torre. (ver imagen referencial 2)

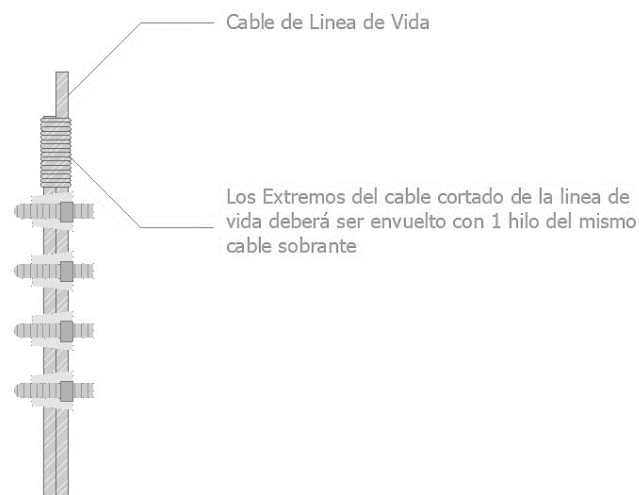


Imagen referencial 2

En la torre, la línea de vida debe estar asegurada en la parte superior mínimamente a tres peldaños de la escalerilla (a menos que la especificación del elemento indique una instalación diferente) y deberán prolongarse sobre la plataforma de trabajo de la torre con el fin de que acompañen el ascenso, hasta que los pies del trabajador puedan apoyarse sobre la plataforma de trabajo. (ver imagen de referencial)

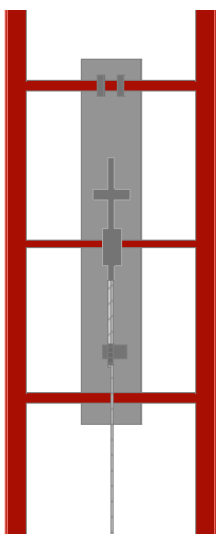


Imagen referencial 3



Imagen referencial 4

El anclaje superior contará con un componente fundamental absorbente de choque, que deberá ser seleccionado de acuerdo a la cantidad máxima de usuarios que utilicen la línea de vida en un determinado momento.

El sistema de línea de vida disponible será de cable acerado de  $\varnothing 5/16''$  o 8mm y se contará con guías de cable, cuyas funciones son principalmente:

- Evitar que el cable golpee y se haga daño contra la estructura de la escalerilla o la torre.
- Evitar una excesiva deflexión del cable durante el tránsito vertical del trabajador.
- Evitar el movimiento continuo del cable, por acción del viento u otro tipo de factores.

Requisito de Seguridad en Desembarque: En cumplimiento con las normativas globales de trabajo en altura, la estructura metálica de la escalerilla de ascenso debe prolongarse minimamente 1.20 metros por encima de la última plataforma de la torre. Los montantes laterales deberán curvarse o ensancharse adecuadamente en este tramo superior para permitir el paso seguro del cuerpo del trabajador hacia el área de la plataforma.

Las guías de cable se deberán instalar a intervalos determinados por cada fabricante, con el fin de que logren disminuir en forma efectiva la oscilación del cable.

Las guías de cable para la línea de vida serán preferentemente de caucho ya que las mismas cumplen los propósitos anteriormente expuestos, por ser estas las que mejor absorben la energía de los movimientos del cable por efecto del viento.



Imagen referencial 5

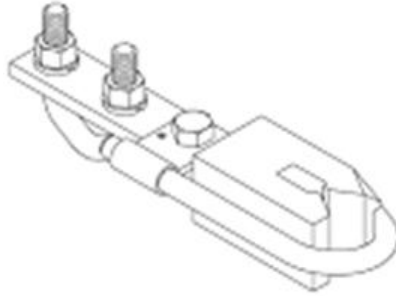


Imagen referencial 6

La escalerilla de ascenso / descenso de personas deberá ser fabricada considerando que la instalación sea por el interior de la torre, se deberá cuidar que en el ascenso / descenso no exista ningún tipo de obstrucción para la libre circulación de las personas.

La escalerilla de ascenso / descenso deberá garantizar lo siguiente:

- La parte superior de la escalerilla sobrepasará una longitud de 1.20m mínimamente respecto a la base de la plataforma de trabajo.
- La parte inferior tendrá una longitud adicional garantizando el correcto anclaje a los dados de sujeción acorde planos de detalles a presentar.

### **7.3. ESCALERILLA PORTA CABLES VERTICAL**

Esta escalerilla porta cable vertical puede formar un conjunto estructural con el cuerpo de la torre, siempre y cuando no se produzcan interferencias entre ambas para su funcionamiento.

La escalerilla porta cable vertical deberá ser instalada en toda la longitud de la torre desde la escalerilla horizontal, hasta la plataforma de trabajo de la torre mínimamente, lo cual debe ser fácilmente identificable en los planos de montaje presentados.

La ubicación de instalación para la escalerilla porta cable vertical podrá ser:

- Adosada en la parte posterior de la escalerilla de ascenso / descenso de personas.
- Adosada a una de las caras de la torre

**Nota.** – Para efectos de esta especificación se definen los siguientes conceptos.

**Conjunto Estructural:** Conjunto de elementos resistentes que vinculados entre sí transmiten las cargas de la torre a los apoyos garantizando el equilibrio, la estabilidad y sin sufrir deformaciones.

**Adosado:** Objeto que esta contiguo a otra o apoyada en él, por su espalda.

#### **7.3.1. ESCALERILLA PORTA CABLES VERTICAL ADOSADA A LA ESCALERILLA DE ASCENSO / DESCENSO DE PERSONAS.**

La escalerilla porta cable vertical puede estar adosada en la parte posterior de la escalerilla de ascenso / descenso de personas, sin exponer los cables a golpes externos del trabajador al utilizar los peldaños de la escalerilla.

En este caso, la escalerilla porta cable vertical debe cumplir con las siguientes características:

- Ancho útil de 30 cm. como mínimo o concordante con el ancho de la escalerilla de ascenso / descenso de personas.
- Podrá usar los bordes longitudinales de la escalerilla de ascenso / descenso de personas para la instalación de los peldaños de la escalerilla porta cable vertical.
- Debe considerarse uno o más elementos para la sujeción de los peldaños entre sí, de modo que se garantice la rigidez de la escalerilla porta cable vertical.
- La distancia entre ejes de peldaños será de 50 cm como máximo.
- Los peldaños serán fabricados en perfil "L" rígido de 1 1/2" (ancho de ala) x 3/16" (espesor) como mínimo.
- Debe considerarse la cantidad de sujetadores de escalerilla necesarios para que esta quede completamente rígida. Las posiciones de los sujetadores deben estar claramente identificadas en los planos de montaje.

### **7.3.2. ESCALERILLA PORTA CABLES VERTICAL ADOSADA A UNA DE LAS CARAS DE LA TORRE.**

En el caso que la escalerilla porta cables se encuentre adosada a una de las caras de la torre, esta deberá ser instalada al lado de la escalerilla de ascenso / descenso de personas, debiendo ser detallado en los planos de montaje.

En este caso, la escalerilla porta cable vertical debe cumplir con las siguientes características:

- Ancho útil de 30 cm. como mínimo.
- Borde longitudinal de perfil "L" rígido de 1 1/2" (ancho de ala) x 3/16" (espesor) como mínimo.
- La distancia entre ejes de peldaños será de 50 cm como máximo.
- Los peldaños serán fabricados en perfil "L" rígido de 1 1/2" (ancho de ala) x 3/16" (espesor) como mínimo.
- Debe considerarse la cantidad de sujetadores de escalerilla necesarios para que esta quede completamente rígida. Las posiciones de los sujetadores deben estar claramente identificadas en los planos de montaje.

### **7.4. ESCALERILLA PORTACABLE HORIZONTAL**

La escalerilla horizontal porta cable deberá ser de Ancho útil de 30 cm. como mínimo o concordante con el ancho de la escalerilla vertical, y tener una longitud de 6 m. **como mínimo.** (formada por dos tramos de 3 metros o más) incluyendo una tapa de protección a lo largo de toda la escalerilla acorde a la propuesta del OFERENTE.

Para el caso específico en que la escalerilla de cables vertical se encuentre al interior de la torre, la escalerilla deberá ser de 30 cm. como mínimo o concordante con el ancho de la escalerilla vertical, y tener una longitud de 8 m **como mínimo**. (formada por un tramo de 2 metros y dos tramos de 3 metros o más) incluyendo una tapa de protección a lo largo de toda la escalerilla acorde a la propuesta del OFERENTE.

La escalerilla porta cables horizontal deberá estar compuesta por:

- Borde longitudinal con perfil metálico tipo "L" rígido no menor a 1 1/2" (ancho de ala) x 3/16" (espesor)
- Transversales con perfil metálico tipo "L" rígido no menor a 1 1/2" (ancho de ala) x 3/16" (espesor).
- La separación entre perfiles transversales no deberá ser mayor a 50 cm.
- Toda la escalerilla horizontal porta cable deberá estar protegida con una tapa fabricada con plancha metálica de 2 mm. de espesor como mínimo, para garantizar que los cables no sufran daños por la caída de material de la torre.

La separación entre la escalerilla porta cable vertical y la tapa de la escalerilla horizontal porta cables, debe ser de 25 a 30 cm. Adicionalmente esta plancha debe estar firmemente sujeta a la escalerilla horizontal porta cable.

Se deberá proveer los accesorios necesarios para su instalación en la losa de equipos.

## **7.5. PLATAFORMA DE TRABAJO (PLATAFORMA EXTERNA)**

La plataforma de trabajo deberá ser de forma triangular, regular y simétrica, circunscrita (exterior) en el tope de la torre con un ancho mínimo de 60 cm. de pasillo y en lo posible no tener elementos que obstruyan la libre circulación por todo el perímetro de la misma.

Deberá llevar piso de metal desplegado tipo "rejilla" con 6 soportes de antenas sectoriales, RRU's y AAU's, estos soportes deberán estar compuestos por perfiles metálicos tubulares de 3.00 m. de longitud y 2 1/2" de diámetro mínimamente, separados de la plataforma a **50 cm.** mínimamente de tal manera que permitan dar movimiento a las antenas celulares. (ver imagen referencial 7).

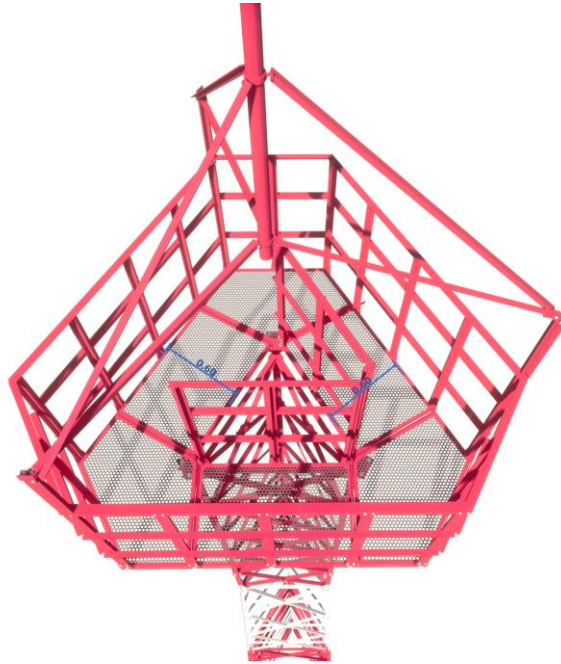


Imagen referencial 7

La plataforma de trabajo debe contar con protección lateral, barandas exteriores de 1.20 m. de altura con barra horizontal intermedia y rodapié (guarda inferior), en caso de no contar con plataforma en la parte interior de la sección de torre, se deberá proveer una baranda adicional al interior de la torre, con características similares al de la baranda exterior. (ver Imagen referencial 8). La plataforma de trabajo debe permitir el tránsito y/o permanencia de 3 personas a la vez, contando con acceso natural y seguro desde la escalerilla de ascenso/descenso de personas.

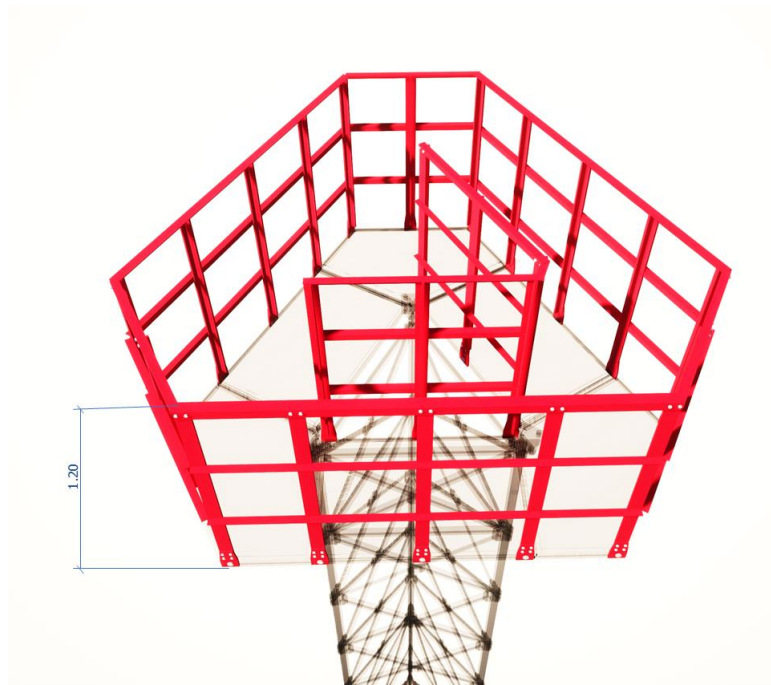


Imagen referencial 8

Se debe considerar que las barandas de la plataforma sean rígidas y permitan la instalación de soportes para antenas sectoriales, RRU's y AAU's, incluyendo el personal de instalación o mantenimiento.

Es obligación del oferente presentar en su oferta plano(s) a detalle con medidas y secciones de la plataforma de trabajo; así como de los elementos estructurales de sujeción a la estructura.

## **7.6. PLATAFORMA DE DESCANSO**

La(s) plataforma(s) de descanso deberá(n) tener un área mínima de 0.5 metros cuadrados con piso de metal desplegado (rejilla), barandas exteriores de 1.20 m. de altura con barra horizontal intermedia y rodapié (guarda inferior). Debe permitir el acceso sin obstáculos y seguro desde la escalera de ascenso/descenso de personas.

Las torres llevarán los siguientes descansos intermedios, dependiendo de la altura de la torre:

Una (1) plataforma de descanso cada 15.00 m. (para torres de 30 m. y 42 m.) de altura, a partir del nivel de piso. Con una variación de +/- 3 metros de la altura indicada.

La(s) plataforma(s) de descanso no deberán obstruir el libre paso de la escalerilla ascenso/descenso de personas y/o la escalerilla porta cables.

Es obligación del oferente presentar en su oferta, un detalle con medidas y secciones del descanso; así como de los elementos estructurales de sujeción a la torre.

## **7.7. SOPORTES DE ANTENAS SECTORIALES, RRU's y AAU's**

Los soportes estarán constituidos por un perfil tubular circular metálico de 2 ½" de diámetro y 3 m. de longitud, con una longitud de brazos de **50 cm como mínimo. (se permitirá una variación de ±10% como máximo respecto a las medidas descritas)** para permitir un fácil movimiento de las antenas.

Los soportes de antenas sectoriales, RRU's y AAU's deberán resistir el peso de la antena sectorial, RRU's y AAU's y accesorios cuyo peso se encuentra indicado en las presentes especificaciones técnicas (ver inciso 10.3 Carga de Antenas). Además de resistir el peso adicional de una persona (90 kg como mínimo) para instalación y mantenimiento.

Los perfiles metálicos horizontales deberán contar con abrazaderas metálicas del tipo plancha o angular para la sujeción del soporte, estas deberán tener un contacto del 80% con la sección del perfil tubular circular metálico de 2 ½" (soporte de antena sectorial), también deberán contar con abrazaderas metálicas del tipo plancha o angular para la sujeción a la montante (estructura principal) o a la baranda exterior de la plataforma de trabajo, debiendo tener un contacto del 80% como mínimo (ver imagen referencial 9,10 ).

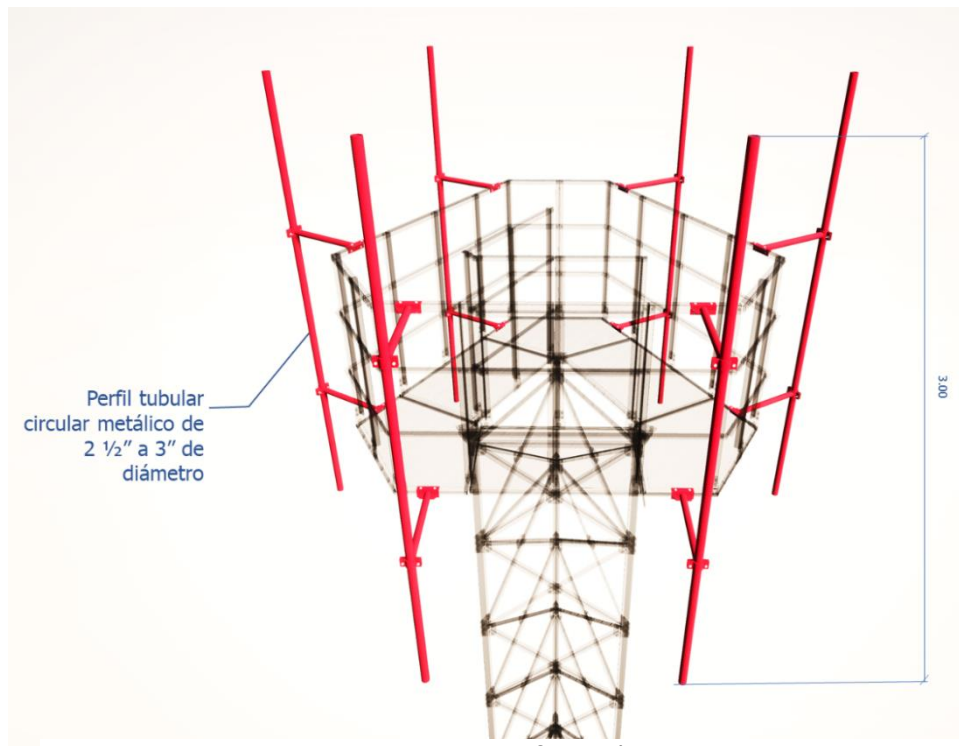


Imagen referencial 9

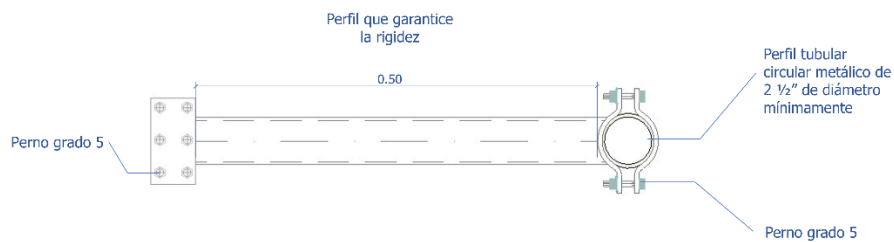


Imagen referencial 10

**En ningún caso se permitirá la sujeción de los soportes o del montante con pernos "U".**  
 Los soportes horizontales deberán ser instalados por encima de la plataforma de trabajo.

## 7.8. UBICACIÓN DE SOPORTES DE ANTENAS SECTORIAL

La Ubicación de soportes de antena sectoriales se clasifican por altura:

### 7.8.1. SOPORTES A TOPE DE LA TORRE.

Se instalarán 6 (seis) soportes en el tope de la torre.

### 7.8.2. SOPORTES H -4 M.

Se instalarán 3 (tres) soportes, a 4 m. como máximo por debajo del tope de la torre, hasta el eje del soporte (ver imagen referencia 11).

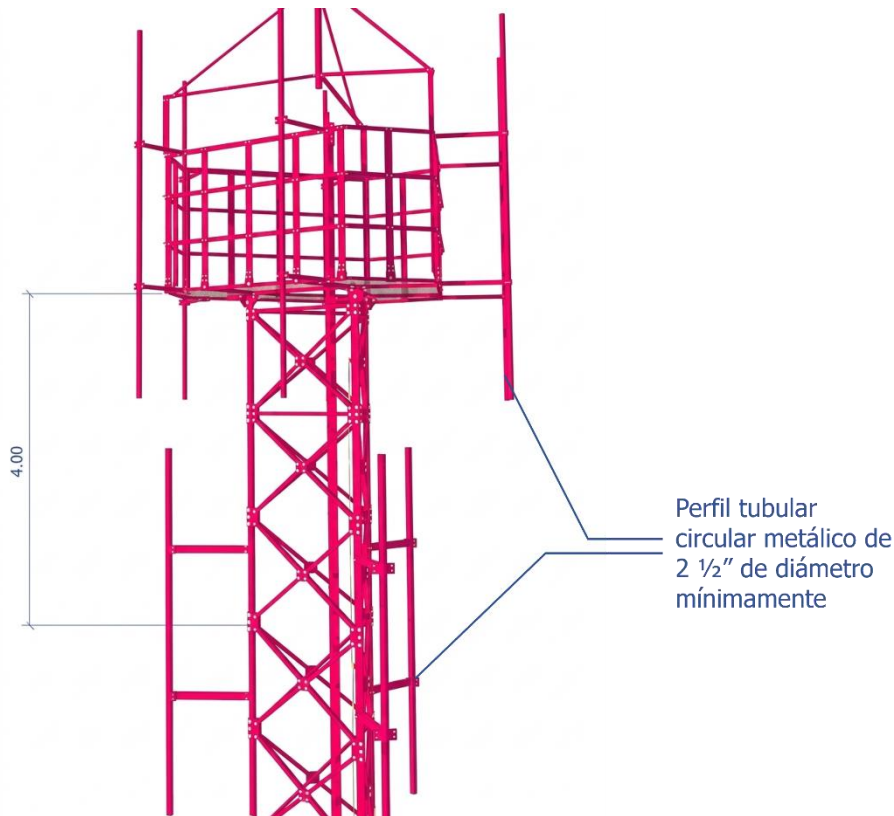


Imagen referencial 11

Los perfiles metálicos horizontales deberán estar diseñados de tal manera que el soporte se encuentre vertical.

**En ningún caso se permitirá la sujeción de los soportes o del montante con pernos "U".**

### 7.9. PLANTILLA (MARCO DE REGLAJE Y NIVELACIÓN PARA REPLANTEO)

Es un conjunto de perfiles metálicos que permiten garantizar la correcta alineación, nivelación y separación exacta, de la ubicación de los pernos de anclaje de los montantes de la torre.

Esta plantilla deberá contar como mínimo:

- Elementos perimetrales
- Elementos con las medidas principales de la base de torre
- Rigidizadores o fijadores de posición (diagonales en esquina) entre los elementos perimetrales.
- Planchas de nivelación, con la perforación para los pernos de anclaje
- Tuercas de nivelación para regular el vaciado en igual número que en los pernos de anclaje.

## **7.10. PINTURA PARA RETOQUE**

El PROVEEDOR ADJUDICADO deberá proporcionar 0.5 litros de pintura por metro de altura de torre, para realizar retoques de pintura debido a posibles daños causados por el transporte o montaje.

Esta pintura deberá encontrarse dividida en dos colores de 60% color rojo o naranja internacional y 40% en color blanco, debiendo encontrarse envasadas y embaladas adecuadamente para que resistan su transporte.

## **8. JUEGO DE PLANOS**

Cada torre debe ser entregada con un juego de planos completos.

El OFERENTE deberá presentar en su propuesta mínimamente lo descrito a continuación en formato físico y digital:

- 1 Elementos primarios (montantes) y secundarios (horizontales y diagonales) por los módulos que este compuesta la torre.
- 2 Escalerilla de ascenso / descenso de personas.
- 3 Escalerilla porta cables, vertical.
- 4 Escalerilla porta cables, horizontal (de conexión).
- 5 Plataforma de trabajo.
- 6 Plataforma(s) de descanso(s).
- 7 Soportes de antenas sectoriales, RRU´s y AAU´s.
- 8 Plantilla (marco de reglaje y nivelación para replanteo).
- 9 Pernos de anclaje.
- 10 Sistema de pararrayos (franklin tetrapuntal).

El PROVEEDOR ADJUDICADO adicionalmente deberá entregar los siguientes planos en formato físico y digital:

- 1 Sistema de protección de antenas.
- 2 Sistema de Balizamiento diurno y nocturno
- 3 Planos de montaje en 3D que permitan observar a detalle la torre montada con todos sus accesorios.

## **9. CONDICIONES ESPECÍFICAS DEL SUMINISTRO**

### **9.1. PERFILES Y PLANCHAS**

Los aceros empleados en las estructuras, deberán tener características de acuerdo a la norma ASTM A36 Acero común para perfiles, placas y barras de acero estructural al carbono.

En caso de utilizar otras normas se deberá enviar la tabla comparativa garantizando que las características mecánicas sean iguales o superiores a las ofertadas con relación a la norma ASTM Internacional AISC 360.

No se aceptará perfiles que permitan acumulación de agua, ya que estas provocaran corrosión en la estructura.

## **9.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS PIEZAS**

Para facilitar la identificación de los perfiles, placas y barras de las torres, cada elemento debe ser identificado mediante un código alfanumérico que permita diferenciarlas.

La identificación de las piezas deberá ser perfectamente visible después del galvanizado, pintado y detallados en los planos de montaje.

## **9.3. PERNOS**

### **9.3.1. PERNOS EN LA TORRE**

Todos los pernos deberán ser fabricados con un mismo tipo de acero según diseño y planos de montaje.

Todos los pernos, arandelas planas y de presión utilizadas para las uniones entre los diferentes componentes, deben ser galvanizados en caliente y con las características geométricas establecidas en las normas ASTM Internacional o similar.

El PROVEEDOR ADJUDICADO deberá adjuntar una planilla de torque máximo a ser aplicado en cada tipo y dimensión de pernos.

### **9.3.2. PERNOS DE ANCLAJE**

En correspondencia con el resultado de la memoria de cálculo, son los elementos encargados de conseguir la "unión ideal" entre la estructura metálica y la base de hormigón armado. En la propuesta se deberá presentar el detalle de cálculo de longitud, posición y diámetro (memoria de cálculo).

Estos pernos deben tener como mínimo los siguientes componentes:

- a)** Pernos de anclaje galvanizados en número determinado y justificado por la memoria de cálculo.
- b)** Dos (2) planchas o guías "internas" de posicionamiento (superior e inferior) para cada base de hormigón.
- c)** Tuercas "doble altura" en igual número que los pernos.
- d)** Contratuercas con capucha protectora, una por perno.
- e)** Juego de arandela plana y de presión en igual número.

La rosca superior de los pernos debe tener una longitud mínima de 15cm. y estar fabricados uniformemente, todos iguales, quedando perfectamente nivelados los topes de todos los pernos (ver imagen referencial 12).

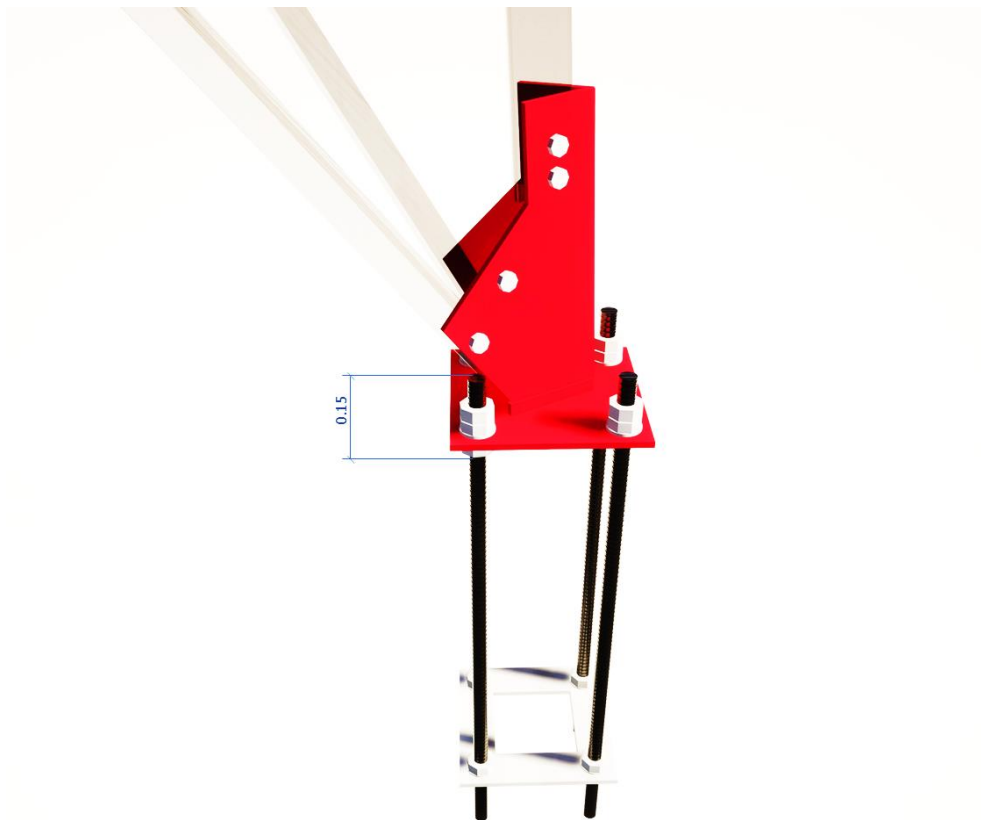


Imagen referencial 12

#### **9.4. SOLDADURA**

Toda la soldadura aplicada durante la fabricación será de tipo "a cordón de ángulo" de completa penetración, por arco sumergido. Cualquier otro procedimiento deberá ser aceptado por ENTEL S.A. previa presentación de materiales y procedimientos sugeridos, acompañados de una normativa que los respalde. No se aceptarán uniones con soldaduras de punto o interrumpidas.

Para controles de soldadura se usará como referencia lo establecido en la American Welding Society – AWS (Sociedad Americana de Soldadura).

Las soldaduras terminadas deberán tener una sección constante y continua, estar completamente limpias de rastros de posibles escorias, exentas de defectos como ser: fisuras, perforaciones, sopladuras, excesos de fundición de material de base, etc.

No se permitirán soldaduras sobre las partes galvanizadas; por lo tanto, todos los elementos deben ser procesados en fábrica hasta su conclusión con anterioridad al galvanizado.

#### **9.5. GALVANIZADO DE PIEZAS**

El galvanizado de todos los perfiles, placas y barras de la estructura deberá cumplir la norma ASTM A123 en su última versión.

El galvanizado deberá ser realizado por inmersión en zinc fusionado, con la preparación de superficie y procesos estipulados en la norma ASTM A123 o similar.

El galvanizado de todas las piezas de la estructura, deberá ser hecha en caliente, siendo aplicada solamente después del corte, perforación, doblamiento, marcación y limpieza, obedeciendo la normativa ASTM A123, según sea aplicable. El espesor de revestimiento adherido medio no deberá ser menor a 80 micrones, espesor que corresponde aproximadamente a 600 gr/m<sup>2</sup> de zinc

Cuando una pieza haya sido dañada por manipulado en montaje, las "reparaciones de galvanizado" serán permitidas solo en un área no mayor al 5 % de la superficie del elemento y realizadas por galvanizado en frío (barniz en base de polímeros inorgánicos y zinc metálico) por aplicación de soplete preferentemente y con un espesor mínimo de 8 micrones.

El material del galvanizado en exceso será removido de pernos, tuercas y piezas similares de acuerdo a normativa vigente a fin de evitar que no impidan su normal utilización.

El estrato de galvanizado deberá ser continuo, sin manchas negras, resistentes al desgaste y aptas para resistir condiciones normales de uso por largo tiempo.

## **10. ANÁLISIS ESTRUCTURAL CONDICIONES GENERALES**

El análisis estructural será realizado por cualquier metodología válida de la teoría de las estructuras y mecánica, regido por la Normativa vigente.

La estructura deberá ser diseñada y verificada conforme a la norma ANSI/TIA-222-G ("Structural Standard for Antenna Supporting Structures and Antennas"), clasificándose como Clase III (Esencial) con factores de importancia por viento  $I_w = 1.15$  y por hielo  $I_{ce} = 1.25$ . La categoría de exposición al viento será C (Terreno Abierto), aplicable a terrenos abiertos con obstrucciones dispersas de altura generalmente menor a 9.1 m. El método de diseño adoptado será el de Factores de Carga y Resistencia (LRFD), con velocidad básica de viento definida como ráfaga de 3 segundos medida a 10 m sobre el terreno, aplicando un factor de carga para viento de 1.6 y multiplicando el factor de importancia sobre la presión dinámica ( $q$ ).

La clasificación topográfica corresponde a la del tipo 1.

Las cargas de viento a considerar, de cumplimiento obligatorio según la norma TIA-222 Rev. G, serán: viento de diseño (último) de 160 km/h y viento de servicio de 120 km/h. Ambas velocidades corresponden a ráfagas de 3 segundos a 10 m sobre el nivel del terreno, y deberán verificarse bajo todas las combinaciones de carga aplicables establecidas por la norma, garantizando que la estructura cumpla los estados límite de resistencia bajo viento de diseño y los estados límite de servicio (deformaciones, rotaciones y desplazamientos admisibles) bajo viento de servicio.

### **10.1. AREAS PROYECTADAS**

- a) La evaluación de los elementos estructurales respecto a las áreas proyectadas deberá ser aplicada para cada uno de los tramos de la torre, para propósito de cálculo se podrá dividir la torre en tramos con altura no mayores a 4 veces el ancho medio del tramo ni mayor a 8 m.
- b) El cálculo de las áreas proyectadas deberá contemplar la evaluación de las áreas proyectadas por efectos de escalerillas y otros elementos complementarios (accesorios, antenas, RRU's).

Su evaluación podrá ser realizada como un porcentaje del área de la torre o cuerpo principal, sobre la base de un análisis preliminar.

- c) Se debe considerar el análisis de hielo sobre la torre, deberá efectuarse la evaluación de las áreas proyectadas correspondientes. El incremento de área será evaluado considerando la acumulación de hielo en forma constante sobre todos los elementos y en forma radial, para esta consideración se tomarán los siguientes datos:
- Hielo acumulado 10mm
  - Temperatura  $-20^{\circ}$
- d) La torre deberá diseñarse para cargas sísmicas conforme a la Sección 2.7 de la norma TIA-222-G, aplicando el Método de Fuerza Lateral Equivalente (ELF) y considerando como mínimo un cortante basal sísmico de  $V = 0.15 \cdot W$ , donde  $W$  es el peso operacional total de la torre (estructura + accesorios + hielo, cuando aplique). Dicho cortante basal deberá distribuirse verticalmente según TIA-222-G § 2.7.8 y combinarse con las combinaciones de carga de viento y carga muerta gobernantes según § 2.3. Clase de Estructura III ( $I_e = 1.50$ ), coeficientes sísmicos  $C_d$  y  $R = 3.0$

## 10.2. CARGAS ACTUANTES

- a) Las cargas debidas al peso propio deberán ser determinadas sobre la base de la geometría de cada uno de los elementos estructurales que componen la torre (elementos primarios y secundarios que se usen para propósito de rigidización o para soporte de cargas verticales).
- b) Los elementos complementarios no estructurales (escaleras, línea de vida, barandados, etc.) podrán ser evaluados en forma individual o sobre la base de un porcentaje, debidamente justificado, de la estructura principal.
- c) Las cargas debidas al equipo o dispositivos de telecomunicaciones (antenas) instalados en la estructura de la torre y elementos de sujeción de las mismas deberán ser evaluadas sobre la base del tipo, tamaño y peso establecido, requerido por las especificaciones técnicas.
- d) Serán evaluadas sobre la base del viento de diseño especificado, considerando las relaciones de área proyectada área encerrada, el tipo de elementos estructurales utilizados (perfiles laminados, elemento armado y otros), sus relaciones de esbeltez, así como la posición y altura en la que se encuentren ubicados.
- e) Las presiones resultantes de la acción del viento serán evaluadas, para cada uno de los tramos en los que se haya dividido la torre.
- f) Las cargas resultantes podrán ser aplicadas a la estructura ya sea: en forma puntal (aplicada en los nudos), en forma de carga distribuida por unidades de longitud de los elementos, o en forma distribuida por unidad de área proyectada de cada uno de los elementos.
- g) En el caso de disposiciones o cargas asimétricas de las antenas deberán estudiarse diferentes ángulos de incidencia del viento con relación a un eje de referencia de la torre y considerarse el más desfavorable para el diseño de la estructura.
- h) Para el caso de cargas de sismo, la estructura será analizada ya sea por medios estáticos equivalentes o mediante uno de los métodos de análisis dinámico.
- i) Para propósitos de dimensionamiento o verificación de tensiones se asumirá la carga que sea más desfavorable para la torre o uno de sus elementos estructurales.

### 10.3. CARGA DE ANTENAS

La cantidad de antenas de sectoriales son las siguientes:

- a) Seis (6) antenas sectoriales, RRU´s y AAU´s, ubicadas por encima de la plataforma de trabajo

*Para efectos de cálculo deberá considerarse el eje de las antenas sectoriales por encima de la plataforma de trabajo de la torre.*

- b) Tres (3) antenas sectoriales, RRU´s y AAU´s, ubicadas por debajo de la plataforma de trabajo

*Para efectos de cálculo deberá considerarse una altura mínima de:*

$$H_{\text{soporte}} = H - 4m$$

*Donde:*

*H = Altura de torre (metros)*

*H<sub>soporte</sub> = Altura de soportes estructurales para antenas sectoriales, RRU´s y AAU´s.*

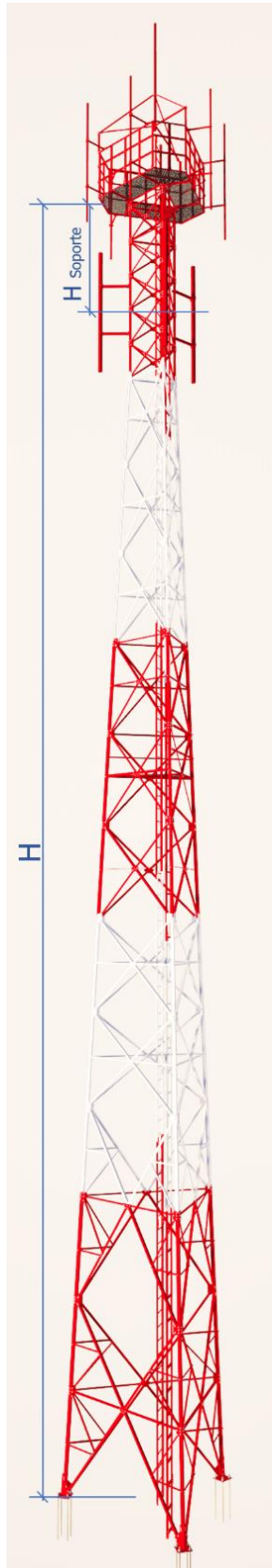


Imagen referencial 13

### Las dimensiones y pesos para realizar el cálculo estructural son las siguientes:

1. **Cargas superiores:** Elementos y sobrecargas situados por encima de la plataforma de trabajo
  - Tres (3) antenas sectoriales, cada una con un peso de 33 kg., de sección rectangular de 2.55 m. de alto por 0,43 m. de ancho.
  - Seis (6) RRU´s, cada una con un peso de 22 kg., de sección rectangular de 0.40 m. de alto por 0,30 m. de ancho.
  - Tres (3) AAU´s, cada una con un peso de 47 kg., de sección rectangular de 1.00 m. de alto por 0,50 m. de ancho.
2. **Cargas inferiores:** Elementos y sobrecargas situados por debajo de la plataforma de trabajo.
  - Tres (3) AAU´s, cada una con un peso de 28 kg., de sección rectangular de 0.75 m. de alto por 0,40 m. de ancho.

En la memoria de cálculo deberá señalarse claramente las fuerzas y momentos debidos a la acción del viento sobre las antenas, con las que se carga la estructura, su nivel y punto de aplicación.

#### 10.4. COMBINACIONES DE CARGA

- a) Se deberá considerar las combinaciones de carga, definidas en la norma **EIA/TIA-222-G**, se podrá añadir más combinaciones de carga en caso de que el OFERENTE considere necesario.

#### 10.5. ACCIONES

Las antenas previstas para el cálculo deberán ser consideradas como llenas, es decir, que tienen una superficie expuesta totalmente a la acción del viento y a la acción de hielo, para este cálculo debe tomar en cuenta la norma EIA/TIA 222G, tabla 2-6.

La siguiente es una imagen referencial que muestra la posición en que deberán considerarse las antenas sectoriales con relación al viento en la altura definida en estas Especificaciones Técnicas

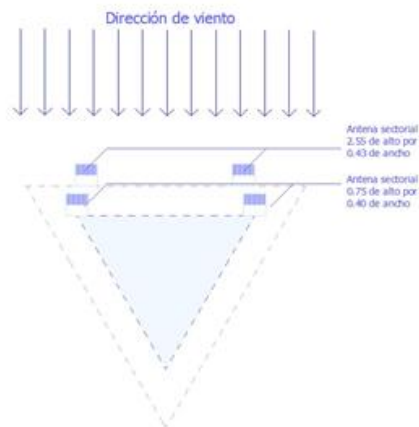


Imagen referencial 14

## 10.6. DEFORMACIONES MÁXIMAS

Con los criterios señalados y las combinaciones establecidas en el punto 10.5 de estas especificaciones técnicas, (considerando la acción de viento "simultanea", factor de seguridad) no serán permitidas deformaciones medidas al tope de la torre, que superen los siguientes valores, en estados de operación:

<b>DEFLEXIÓN</b>	<b>30 minutos</b>
<b>TORSIÓN</b>	<b>20 minutos</b>

## 10.7. VIENTO DE OPERACIÓN

$$V = 120 \text{ km/h.}$$

Esta velocidad de viento se utilizará para la obtención de las deformaciones máximas descritas en el punto 10.6.

## 10.8. VIENTO DE SUPERVIVENCIA

Se considera a aquella velocidad de viento, descrita en la norma EIA/TIA 222G.

$$V = 160 \text{ km/h.}$$

Esta velocidad de viento será utilizada para realizar el diseño de elementos y la obtención de las reacciones, mismas que servirán para el diseño de fundaciones.

## 10.9. RESULTADO DE ANÁLISIS Y CÁLCULO

Para la interpretación y verificación de los resultados impresos en la memoria de cálculo, se considerarán en todos los elementos de la estructura principal. Las solicitaciones de tensión, comprensión, flexión y las combinaciones resultantes, según los esquemas clásicos de diseño estructural de reticulados metálicos y espaciales, deberán contener como mínimo la siguiente información:

1. Nombre y versión del programa (software) utilizado para el diseño de las torres ofertadas.
2. Detalle de cargas utilizadas.
3. Detalle de combinaciones de carga.
4. Esquema de la torre, el mismo debe detallar las dimensiones de la estructura y los elementos constitutivos de esta.
5. Verificación estructural de pernos de anclaje.
6. Planilla de deformaciones de Flexión y Torsión.
7. Planilla de reacciones resultantes para las cargas utilizadas.
8. Planilla resumen con resultados de deformaciones y reacciones resultantes.
9. Diseño de Elementos primarios (montantes) y secundarios (horizontales y diagonales) de la estructura.
10. Detalle de tipo de acero utilizado para:
  - Elementos Primarios.

- Elementos Secundarios.
- Accesorios.
- Pernos de anclaje.

11. Detalle del peso de la torre (sola y con accesorios)

## **11. SISTEMA ELÉCTRICO**

### **11.1. SISTEMAS DE PARARRAYOS.**

Deberá ser provisto en cumplimiento a la norma NB 148010-(1, 2, 3 y 4), o su equivalente en otros países, este sistema se considera el conjunto formado por:

- a) El captador**, tipo Franklin de 4 puntas, con aislador cerámico y adaptadores necesarios para su instalación al soporte de pararrayos.
- b) El elemento de soporte**, de altura suficiente para cubrir con el cono de protección (45°) todos los elementos de la plataforma triangular de tope, aproximadamente 6 m. de altura desde el piso de la plataforma ubicado en el centro geométrico de la sección triangular constante de la torre. Este soporte deberá contar con arrostramientos (pie de amigo) para la distribución de esfuerzos y mejorar la rigidez del mismo. Este arriostamiento deberá encontrarse 1/3 de la altura del soporte de pararrayos como mínimo.
- c) Cable de Aluminio (Bajante de pararrayos)**, Se trata de conductores desnudos de aluminio de 70 mm<sup>2</sup>, material que cumple el requerimiento estándar de puesta a tierra, bajo la norma IEC 62305. Este material será utilizado en puestas a tierra, uniones de jabalinas con estructuras, mallas, instalaciones de potencia y pararrayos.

Entre sus principales propiedades mencionamos:

- Bajo peso.
- Resistencia a la corrosión
- No magnético.
- Resistente a la tracción.

Este cable deberá ir desde el pararrayos hasta la malla perimetral del sistema de puesta a tierra de la torre, el mismo que deberá estar debidamente aislado, con aisladores de cerámica, para evitar el contacto del cable de aluminio con los elementos de la torre.

La unión de la bajante de aluminio a la malla de tierra de cobre se realizara mediante pernos bimetálicos, diseñados para este propósito, garantizando una adecuada conductividad eléctrica y resistencia mecánica en la instalación.

Se deberá contar con cable de aluminio y dos pernos de sujeción para los aisladores cerámicos, ubicados en la parte superior e inferior de la torre a efecto de garantizar el tesado de la bajante de pararrayos.

Para mejor detalle a continuación se presenta una tabla de los materiales a proveer por cada torre para el sistema de pararrayos (franklin tetrapuntal).:

SISTEMA DE PARARRAYOS (FRANKLIN TETRAPUNTAL).				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	NORMAS APLICABLES	OBSERVACIONES
Pararrayos Tipo Franklin tetrapuntal	Pza	1	Normas IEC 62305:2010 UNE-EN 62305:2011	No se aceptará que el mismo sea de acero, deberán ser de aleaciones que mejoren su funcionamiento.
Aislador Cerámico para Pararrayos	Pza	1	Norma ANSI 53-2	
Adaptador para aislador	Pza	según se requiera		Servirá para una adecuada unión entre soporte aislador y/o pararrayos.
Soporte de Pararrayos	Pza	1	Norma ANSI 53-2	
Aisladores tipo carrete	Pza	$H/2 + 6 *$	Norma ANSI 53-2	En caso de que considere el proponente podrá cambiar el tipo de aislador, será uno que cumpla la norma.
Soporte para aislador tipo carrete	Pza	$H/2 + 6 *$	Norma ANSI 53-2	Deberán contar con todos sus accesorios para la sujeción en montaje y soporte de pararrayos.
Cable de Aluminio desnudo 70 mm <sup>2</sup>	m	$H + 18 *$	Norma IEC 62305	
Pernos partido de 70mm <sup>2</sup> para aislador	Pza	2		
Pernos partidos bimetálicos para empalme a malla a tierra	Pza	2	Norma IEEE80	
Alambre galvanizado	m	según se requiera		La cantidad necesaria para una adecuada sujeción de cable de Aluminio desnudo 70 mm <sup>2</sup> al Aislador Cerámico

\* H = Altura de la torre

## 11.2. SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE ANTENAS.

El sistema de protección de antenas se considera el conjunto formado por:

- a) **Cable de aluminio enchaquetado** (Sección Nominal de 50 mm<sup>2</sup>), a ser instalado desde el tope (barra de aterramiento superior) ubicada a un metro por debajo de la plataforma de trabajo de la torre hasta la barra intermedia y de esta barra hasta la barra inferior ubicada en el punto donde la escalerilla de cables cambia de dirección de vertical a horizontal, cumpliendo la norma IEC62305. Deberá contar con todos los accesorios para su instalación: terminales tipo ojal para la sujeción a las barras de aterramiento, termo contraíble para la instalación de terminales, etc.).
- b) **Barras de Aterramiento**, mínimo tres barras de aterramiento de acero galvanizado, que deberán instalarse en la escalerilla porta cable en las siguientes alturas:
  - La primera ubicada a un metro (1m) por debajo de la plataforma de trabajo.
  - La segunda a un metro (1m) por debajo del soporte de antena.

- La tercera a cincuenta centímetros (50cm) por encima del cambio de dirección de la escalerilla porta cables (de vertical a horizontal).

Todas las barras deberán estar unidas por el cable de aluminio enchaquetado, la unión entre barra y cable deberá contar con terminales tipo ojal, pernos, tuercas, arandelas planas y de presión.

Las barras de aterramiento deberán tener las siguientes dimensiones como mínimo: longitud de 40 cm., ancho 4" y espesor 1/4", estas deberán tener perforaciones para pernos de 3/8" de acero galvanizado para la fijación de las derivaciones requeridas (mínimo 24 perforaciones). La fijación de las barras de aterramiento a los elementos de la torre se deberá efectuar mediante uniones con pernos, tuercas, volandas de presión y volandas planas. Todo el conjunto deberá estar aislado de los elementos de la torre. (Ver imagen referencial 17,18)

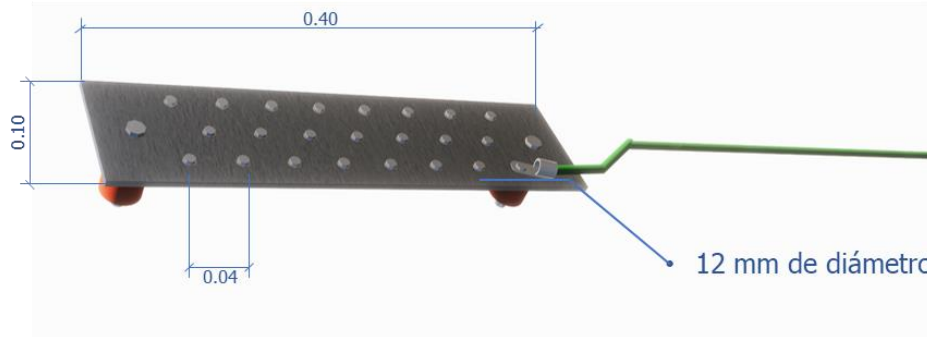


Imagen referencial 15

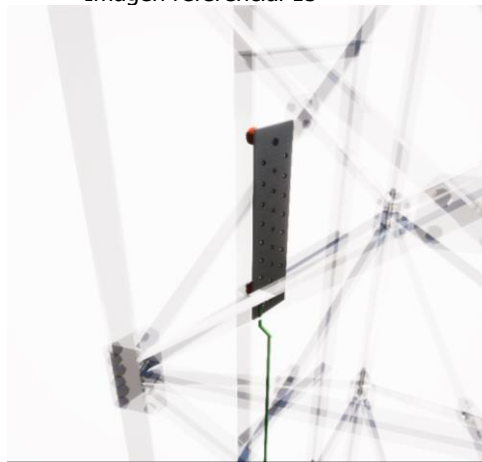


Imagen referencial 16

Disposición de perforaciones y dimensiones de barra de aterramiento.

La torre deberá presentar perforaciones en la escalerilla porta cables o contar con accesorios que permitan la instalación de la barra a diferentes alturas y de esta manera el montajista no tenga que realizar la perforación de las escalerillas.

SISTEMA PROTECCIÓN DE ANTENAS			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	OBSERVACIONES

Barra de Aterramiento	Pza.	3	Bajo norma IEEE80
Aislador Cerámico para Barra de aterramiento	Pza.	6	Contará con pernos arandela plana y de presión para la sujeción de la barra y la sujeción al angular existente.
Pernos de D = 3/8"	Pza.	72 (mínimo)	Se debe considerar para todas las perforaciones de las barras a instalar.
Terminales tipo ojal	Pza.	6	Para cable de 50mm <sup>2</sup>
Cinta Termo contraíble	m	1	Para terminal tipo ojal
Precinto metálico	Pza.	H/2+6*	Las dimensiones de los precintos dependerán de las dimensiones de los perfiles por los cuales se instalará la bajante.
Cable de Aluminio Enchaquetado 50 mm <sup>2</sup>	m	H + 10*	

\* H = Altura de la torre

### 11.3. BALIZAMIENTO DIURNO

Se pintará la estructura en franjas alternadas con los colores naranja internacional y blanco, o rojo y blanco, pintando la primera y la última de las mismas con el color más fuerte, según lo detallado en la imagen referencial 19.

El ancho de las franjas de la torre será determinado tomando en cuenta la altura de la torre mismos que se detallan a continuación:

Altura de Torre H	Ancho de las Franjas
24	H/4
30	H/5
42	H/7

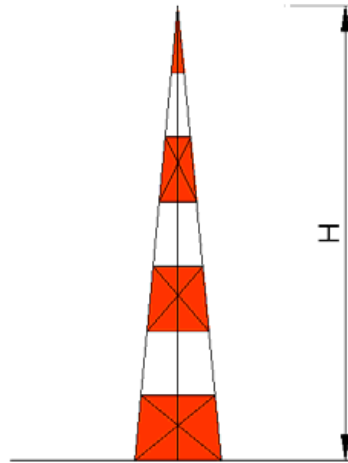


Imagen referencial 17

Una vez se cuente con el detalle de franjas se procederá a realizar la pintura de la torre cumpliendo las siguientes características:

- Limpieza a fondo de la estructura en especial de las perforaciones y sectores donde se cuente con doblez.
- Posterior a la limpieza profunda se realizará la aplicación de una capa de pintura mínima de 80 micras, esta deberá ser aplicada mediante soplete, no se aceptarán la aplicación de la pintura con brocha o rodillo.
- La pintura deberá ser acrílica al agua.
- Se respetarán los anchos de los colores de acuerdo a lo indicado anteriormente.

Para efectos de montaje se deberá proveer 0.5 litros de pintura por cada metro de altura de torre, los que serán utilizados para retoque por daños en la pintura causados por el transporte, manipulación o montaje.

#### 11.4. BALIZAMIENTO NOCTURNO

Siguiendo las recomendaciones de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). El sistema de balizamiento nocturno deberá funcionar con un **sistema no electrónico** siendo concordante con la normativa de NAABOL para la protección de vuelos a baja altura y como mínimo compuesto por:

##### a) **Luces rojas**, en juegos dobles.

El cuerpo impermeable con capacidad de protección IP65 deberá estar compuesto de una parte inferior, elaborada de aluminio fundido y de una parte superior compuesta de un lente de Fresnel en policarbonato irrompible de color rojo, como se indica en el anexo 14 de la normativa OACI.

El grupo óptico deberá estar completamente equipado con su respectivo cableado y la barra de distribución en conformidad a la normativa VDE0100. Además, la caja utilizada debe ser impermeable con una protección IP65.

Cada juego de balizas deberá incluir un soporte, sus abrazaderas deben ser galvanizadas en caliente de acuerdo a la normativa ASTM A123. En ningún caso se permitirá la instalación de balizas con cinturoncillos metálicos o cintas bandit.

Las lámparas Led deberán ser tipo Bombillo de **larga duración** con potencia igual a **10 W** o superior, y una emisión luminosa con características fotométricas, respondiendo a todo lo establecido en la normativa OACI.

**b) Caja de control de Baliza,** Con los circuitos eléctricos, necesarios para el control y aviso de alarmas. El tablero deberá ser metálico IP65 y del tamaño necesario para albergar los circuitos instalados.

Deberá disponer de protección contra sobretensiones transitorias de segundo nivel y con el objeto de proteger los circuitos derivados y el alimentador desde el tablero de distribución principal.

La caja de control de balizas deberá contar con boquillas roscadas necesarias para la instalación de cables o todo ingreso de cable al tablero y de esta manera mantener su hermeticidad.

Estará ubicada en la esquina superior derecha de la parte posterior del tablero de distribución principal (TDP) o próximo a este.

**c) Cableado necesario,** Protegido por un tubo de PVC E40 de resistencia a la intemperie, y unidas sus piezas con junta roscada con accesorios del mismo material (PVC E 40), a lo largo de toda la torre y al interior de todos los locales tecnológicos. Deberá ser efectuado con cables de alimentación eléctrica que cumplan la norma IEC 60332 para la no propagación al incendio, de mínima emisión de humo opaco, gases tóxicos y corrosivos. El número de conductores de los cables estará en conformidad al número de grupos ópticos presentes y a la configuración de la instalación. También se deberá proveer el cableado necesario para llevar la señal de alarmas del tablero de baliza al punto de control central mediante cable multipar y el ducteado requerido.

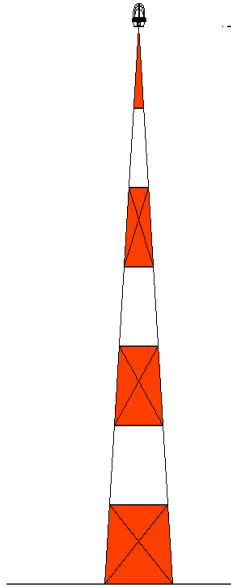
La sección de cada conductor, deberá estar de tal manera de no provocar una caída de tensión que sea superior al 3% en total desde el tablero de control de balizas hasta las mismas ubicadas en las diferentes alturas requeridas.

De modo referencial la posición de las luces de señalización en función a la altura de la torre es la siguiente:

Un **juego (domo doble)** en el tope de la torre, con luz fija y ubicado de tal forma que sea visible por los tres lados de la torre.

Dependiendo de la altura de la torre, se deberá tener uno, dos o tres niveles de instalación de las balizas con las siguientes características:

- Para torres hasta 42 metros deberán contar un domo a tope de la torre. (Imagen referencial 18).



**Imagen referencial 18**

Se destaca que los juegos de balizas están concebidos para funcionamiento, luego del reporte de alarma en el tablero de control, reporte que solo puede ser desactivado manualmente.

La potencia mínima requerida para cada luminaria es de **10 W** y deben estar ajustadas en todo, a lo señalado en la normativa OACI (anexo 14) donde establece las especificaciones detalladas para asegurar que las señales sean visibles y comprensibles para los pilotos.

La instalación debe estar ajustada a lo establecido en la NB-777 (Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión).

La energía eléctrica de los circuitos derivados y grupos de luminarias tipo led debe ser suministrada desde la caja de control, en base a una señal de activación generada por el sistema óptico de intensidad luminosa (fotocélula), con umbral regulable de encendido entre 10 y 20 lux umbral de apagado 50-100 lux, bajo la normativa para iluminación en exteriores NB 8706.

El contenedor de protección para la fotocélula será impermeable y fabricado en material auto extinguido con una capacidad de protección de IP65.

En caso de falla de un elemento luminoso, la caja de control / distribución debe prever la activación de la alarma.

#### **d) Alarmas y captación visual de funcionamiento.**

La función de la instalación de seguridad es disminuir el tiempo en que el sistema está inactivo (MTTR) y facilitar a los técnicos de mantenimiento la detección rápida y sencilla de cualquier fallo; las alarmas locales que siguen, deberán ser visibles mediante aviso con indicaciones de las siguientes condiciones de funcionamiento:

##### **Módulo desviador:**

- Falla de la lámpara de ejercicio principal (Lampara Led rojo)

##### **Sección administración de alarmas**

- Existencia de caja de alimentación - instalación activa (Lámpara led Verde)
- Alarma URGENTE (Lámpara led rojo)
- Alarma NO URGENTE (Lámpara led naranja)

Se deberá prever el cableado necesario para llevar la señal del contacto seco al tablero de distribución de energía, con cable multipar y debidamente ducteado, para la transmisión a distancia de la alarma URGENTE (común, normalmente abierta, normalmente cerrada) y no URGENTE (común, normalmente abierta, normalmente cerrada).

#### e) Protecciones

A fin de eliminar los daños consecuentes a fallas o de mal funcionamiento, la instalación del balizamiento deberá estar dotada de un interruptor termo magnético de 32 A en la caja eléctrica.

En caso de intervención sobre cualquier fusible, se genera un criterio de alarma (URGENTE o NO URGENTE).

Todo el sistema es alineado con tensión eléctrica 220V. Los módulos son alojados en contenedores con protección IP65.

Se debe considerar soportes metálicos para cada par de luminarias, los mismos que deberán permitir una sujeción a la estructura de la torre.

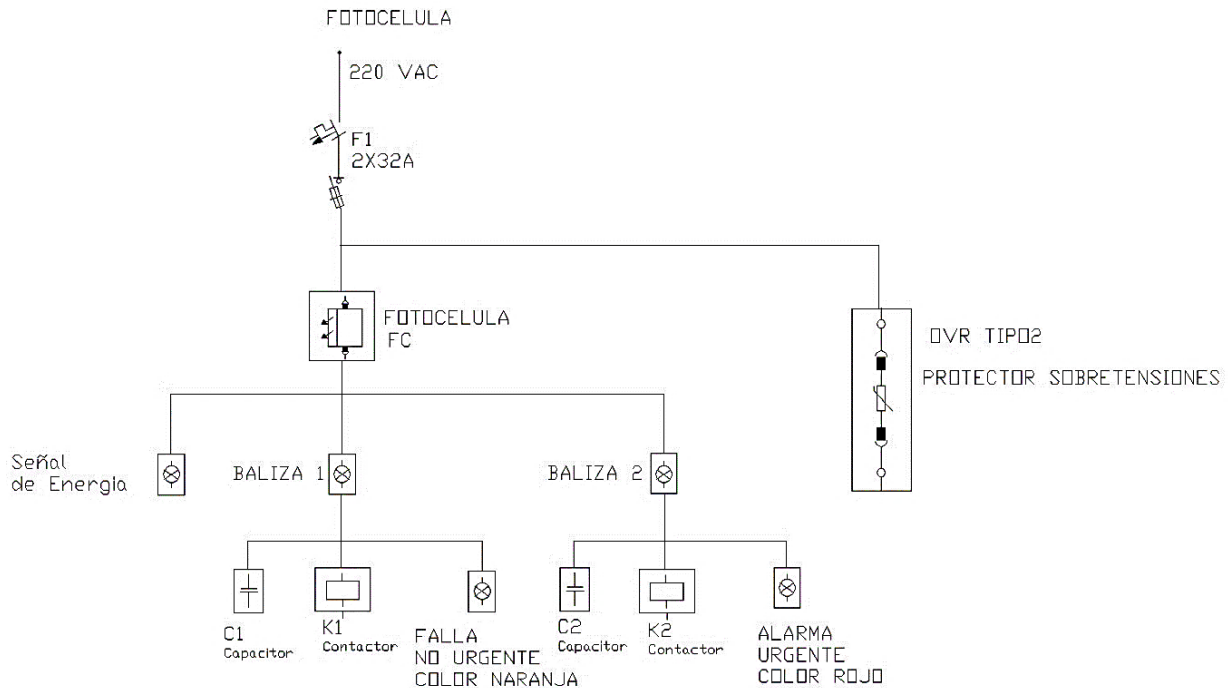
Los circuitos, caja de protección deberán estar aterrados a una barra de tierra interna dentro del tablero de balizas, incluyendo bornes suficientes para evitar unir cables durante su instalación.

SISTEMA DE BALIZAMIENTO NOCTURNO			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Soporte para baliza.	Pza.	1 + (X)	X se determina según lo descrito en las figuras 4, 5 Tomando en cuenta que se instalaran dos balizas para torres a partir de 42 metros.
Tablero de Balizas s/ especificaciones	Pza.	1	

Tubo de PVC E-40 **	Pza.	$L = H + 12 + (X*4)$	X se determina según lo descrito en las figuras 2,3. Tomando en cuenta que se instalarán dos juegos de domos dobles de balizas para torres a partir de 42 metros.
Cuplas	Pza.		Las necesarias para la adecuada instalación de las balizas.
"T"	Pza.		Las necesarias para la adecuada instalación de las balizas.
Codo	Pza.		Las necesarias para la adecuada instalación de las balizas.
Teflón	Rollo		Las necesarias para la adecuada instalación de las balizas.
Pegamento para PVC	Lts		Las necesarias para la adecuada instalación de las balizas.
Precinto metálico	Pza.	$H*/2+5$	Las dimensiones de los precintos dependerán de las dimensiones de los perfiles de la torre por los cuales se instalará la bajante. La cantidad será según requerimiento.
Caja de distribución	Pza.	-	Esta deberá utilizarse cuando se tengan balizas intermedias y necesariamente llevarán boquillas para la sujeción del ducto.
Cable de Cu multifilar, ENCHAQUETADO	m	-	Se debe tomar en cuenta que la longitud total del cable dependerá de la cantidad de pares de balizas a utilizar. Cantidad según se requiera
Terminales	Pza.	-	Las necesarias para la adecuada instalación de las balizas.
Baliza de aluminio y policarbonato rojo	Pza.	-	Las necesarias para la adecuada instalación de las balizas.

Luminarias Tipo Led	Pza.	-	Las necesarias para la instalación según lo descrito anteriormente
Cinta Aislante	Pza.	1	

\* H = Altura de la torre



**Diagrama unifilar Referencial de tablero de Balizas**

## 12. PRUEBAS DE ACEPTACIÓN Y VERIFICACIÓN

La fabricación deberá obedecer rigurosamente a los diseños aprobados por ENTEL S.A. a la propuesta adjudicada. No será aceptada ninguna alteración al diseño original.

### 12.1. VERIFICACIÓN EN ALMACEN

Que consistirá en:

1. Verificación de las estructuras fabricadas de acuerdo a planos presentados y aprobados por ENTEL S.A.
2. Verificación del espesor del galvanizado.
3. Verificación del galvanizado y grado de los pernos. (estructura principal)
4. Verificación del galvanizado y grado de los pernos. (accesorios)
5. Verificación del sistema de pararrayos (franklin tetrapuntal).
6. Verificación del sistema de protección de antenas. (sistema de aterramiento y accesorios)

7. Verificación y pruebas del sistema de balizamiento, incluyendo los cables a ser utilizados y accesorios.
8. Verificación de planos de montaje y sus accesorios en formato físico y digital.
9. Verificación de la correcta fabricación de piezas y pre – armado de una cara de la torre conjuntamente con la escalerilla de cables (si corresponde), por altura adjudicada.
10. Verificación de la correcta fabricación de piezas y de pre – armado de la plataforma de trabajo, plataforma de descanso (si corresponde), incluyendo los sistemas balizamiento y pararrayos por altura adjudicada.
11. Verificación de la correcta fabricación de piezas y pre – armado de la escalerilla de hombres y escalerilla de cables (si corresponde).
12. Verificación de la calidad y cantidad de pintura para retoque.
13. Verificación del correcto empaque e identificación por cada torre de acuerdo a packing list.
14. Lista de Empaque con especificación de pesos por bulto y planos de la torre.

## **12.2. PRUEBAS DE LABORATORIO**

ENTEL S.A. elegirá de manera aleatoria elementos principales y/o secundarios por altura de torre, identificándose el código alfanumérico detallado en cada pieza, para realizar ensayos en laboratorios (en institutos certificados autorizados por la supervisión de ENTEL S.A.), dichos ensayos serán realizados en presencia de personal de ENTEL S.A.

Los ensayos que se realicen (uno por elemento) tendrán la finalidad de verificar las características de los elementos en base a la memoria de cálculo para:

- Elementos Primarios.
- Elementos Secundarios.
- Accesorios.
- Pernos de anclaje.

En caso de que los ensayos realizados se evidencien incumplimiento de las características mecánicas ofertadas, a criterio de la supervisión de ENTEL S.A., se podrá:

- a) Rechazar todos los elementos que contengan el mismo código alfanumérico en todo el lote.
- b) Realizar la toma de muestras de más elementos para realizar una nueva verificación, en caso de no cumplir por segunda ocasión se rechazará todo el lote.

Todos los costos asociados a estas pruebas correrán por cuenta del proveedor.

## **13. RECOMENDACIONES FINALES**

- La fabricación de las estructuras deberá atender a los requisitos de estas especificaciones y ejecutarse de acuerdo con los diseños a detalle solicitados por el ENTEL S.A.
- Las piezas que necesiten de dobladura deberán ser ejecutadas mediante procesos que no debiliten o provoquen pérdida de resistencia del material a ser doblado.
- Las operaciones de fabricación (corte, perforación, doblado, esmerilado, soldadura, marcado, etc.) deberán ser íntegramente ejecutados antes del galvanizado en caliente.

- Los procesos de fabricación y acabado, deben obedecer a las mejores prácticas de producción de torres metálicas, independientemente de cualquier omisión a estas especificaciones técnicas.

#### **14. PLACA DE IDENTIFICACIÓN Y TRAZABILIDAD POR TORRE**

La placa de identificación deberá fabricarse en material inoxidable, con dimensiones mínimas de 15 cm × 10 cm. Su instalación se realizará en uno de los montantes del primer tramo de la estructura, a una altura mínima de 1,50 m respecto a la cota +- 0.00 de torre, garantizando su adecuada visibilidad, accesibilidad y durabilidad frente a las condiciones ambientales.

La placa deberá contener, como mínimo, la siguiente información técnica grabada:

- **Información de la Estructura:**
  - Altura total de la torre en metros, ejemplo: TAS – 30M.
  - Código de proyecto: AAM – 2026.
  - Año de fabricación.
  - Norma de diseño base utilizada (**ANSI/TIA-222-G**).
- **Inventario y Capacidad Nominal de Equipamiento (Carga de Dimensiones, alturas y pesos):**
  - Cantidad máxima permitida de antenas sectoriales.
  - Cantidad máxima permitida de Unidades de Radio Remotas (**RRU**).
  - Cantidad máxima permitida de Unidades de Antena Activa (**AAU** para tecnología 5G o masiva).