

# **Manual: Análisis torres de comunicación autosoportadas**

**Nikolas Garzón Gómez**

**Proyecto**



**Arquitectura, facultad de arquitectura**

**Universidad La Gran Colombia**

**Bogotá D.C  
2020**

## Torre autosoportada

El desarrollo de las “Tecnologías de la Información y la Comunicación” (TIC) ayudan en el camino del aprendizaje y conocimiento en Colombia, conectándolo no solo de una manera nacional sino también internacional que posibilita la repartición equitativamente de los beneficios y oportunidades que se obtienen del aprovechamiento y asociación de las TIC en todos los ámbitos de la economía, lo cual promueve una mejoría en la calidad de vida de la población (Arias, Bacca, y Wilches, 2016).



**Figura 1.** Estación base de telefonía móvil (Silex, 2016).

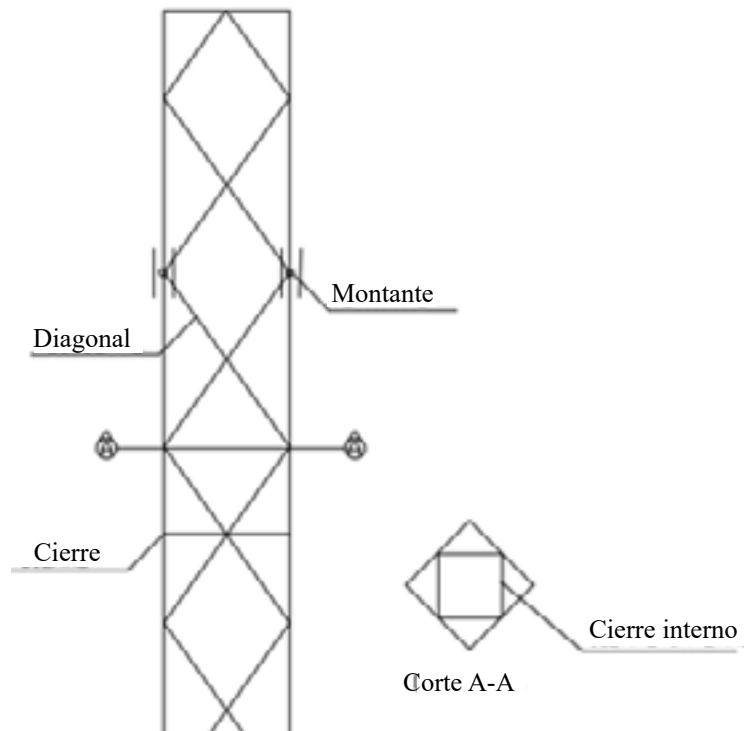
Esto a su vez va de la mano a la necesidad de crear nuevas estructuras para prestar dicho servicio ya que serán las bases de apoyo de los quipos y antenas de los sistema de internet y radiofrecuencia los cuales estarán ahí, de esta manera se genera una oportunidad de negocio en el área de la construcción de estas que cada vez crece más donde se toma como inversionista directo las diferentes empresas que presten el servicio las cuales en Colombia son solo por parte del sector privado (Claro, Movistar, etb Tigo) entre otras que existen actualmente en el mercado y siendo las que proveen la infraestructura a los usuarios (Arias, Bacca, y Wilches 2016).

## Geometría

La retícula en tres dimensiones “triángulo” muestra mayor rigidez y mejor conducción de esfuerzos uniformemente; es sumamente liviano y resistente a cargas laterales y verticales generadas ocasionalmente por el viento (cargas de flexión y cortante).

Su diseño estructural esta formado por celosías simples y dobles las cuales se arriostran por medio de barras rígidas que se articulan por medio de nudos, la cual para su unión más común se usa pernos, tornillos, arandelas y guasas de presión que responda a retículas triangulares. Al ser una construcción ligera reduce la cantidad de material por ende costos y tiempos (Arias, y Gonzáles, 2019).

## Nomenclatura típica de la estructura



**Figura 2.** Nomenclatura típica de la estructura. Autoría propia.

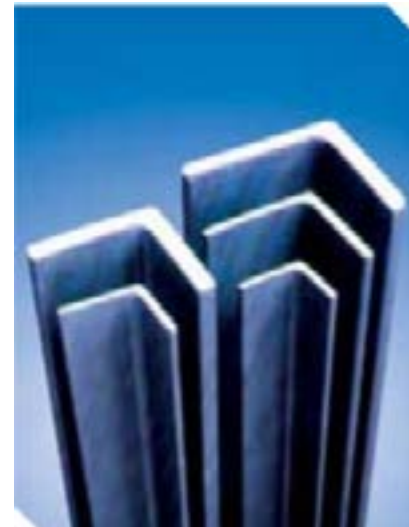
# Materiales

## • Ángulos o celosías de acero galvanizado<sup>1</sup>

**Tabla 1.** Ángulos o celosías de acero galvanizado.

1/8	3.1750
3/16"	4.7625
1/4"	6.3500
5/16"	7.9375
3/8"	9.5250
1/2 "	12.7000
5/8"	15.8750
3/4"	19.0500
7/8"	22.2250
1"	22.4000

**Fuente.** Autoría propia.



**Figura 3.** Celosías de acero galvanizado.

<sup>1</sup> El Color amarillo hace referencia a los espesores más comunes para los ángulos de la torre lo cual llega hasta 5/8, un mayor espesor equivaldría a que su diseño estructural estuviera sometida a mayores cargas de vientos o cargas muertas.

- **Cemento tipo I: uso general de 3000PSI**



- **Tornillería galvanizada en caliente ASTM A-325 grado 5**



- **Hierro figurado MARAC acceso**



- **Pintura Prime Ecotowe**



- Varilla roscada b7 ASTM a193 galvanizada



- Juego de llaves



- Llave de impacto makita 10,8 v wt01w, marca: Makita herramientas

## Equipo y herramientas

- Llave de trinquete y copas reguladoras para tornilleria



## Equipo de seguridad

- Casco Profesional Alturas Tipo II Blanco



- Botas punta de acero



- Gafas de seguridad



- Guantes de seguridad febe poliuretano





- Oberol de trabajo



- Cable de guaya en acero galvanizado



- Poleas o diferenciales que trabajen en tercera o cuarta



# Proceso constructivo

## Adecuación del terreno y preliminares

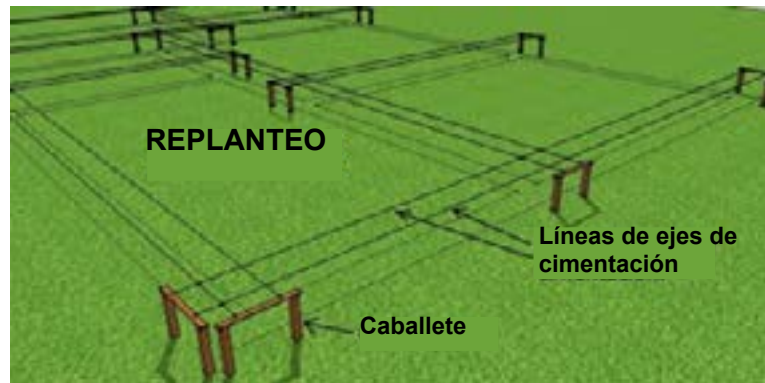
**Limpieza y descapote:** según el terreno se realizará de una manera manual y mecánica con el fin de retirar la capa orgánica o vegetal del terreno como su limpieza el cual es fundamental para el desplante de la estructura y la excavación. Se retirarán troncos, tacones, hierba, maleza y residuos los cuales deberán ser llevados a escombreras aprobadas por el IDU y se determinara el nivel de referencia (etb; rfq, 2017).

**Maquinaria:** backhoe loader, azadon, rastrillo, pica, pala volqueta, pison (Figura4).



**Figura 4.** Maquinaria (etb; rfq, 2017).

**Replanteo:** se da por la autorización del director de ejecución de obra por el cual se da la validación de las medidas tomadas en el terreno y su correspondencia con los planos y memorias de cada uno de los trabajos a ejecutar según la programación definiendo y midiendo en un terreno las dimensiones del proyecto donde se hará la obra trazando los hilos que señalan la margen por donde debe ir su cimentación las zapatas, pilotes muros y demás, dejando los niveles  $n=00.0$  para el arranque (Figura 5) (Acebedo, 2018).



**Figura 5.** Localización y replanteo (Universidad Distrital, 2018).

**Equipo:** estacas nivel de manguera, cinta métrica, martillo.

**Materiales:** puntilla, hilo, alambre negro, plomada.

**Campamento:** se establece el cerramiento de una manera provisional para las oficinas de manejo ya sea administrativo y operativo de la obra a su el cual deberá contar con servicios sanitarios, almacén de material y herramientas espacios para trabajadores y subcontratistas. En muchas ocasiones siendo que las torres se hacen en zonas montañosas o sub urbanas (Figura 6), se recomienda hablar con habitantes cerca a el lugar de trabajo y llegar a un tipo de negociación para alquilar el inmueble o parte del mientras esta la obra (epm, 2017).



**Figura 6.** Aspectos preliminares de construcción- demolición, campamento y cerramiento (epm, 2017).

**Excavación de zanjas de zapatas:** en las cual posteriormente se fundirá el concreto estructural para las zapatas y las columnas se utilizará una zanja de .70x.70x 2.20 m. Se podrá hacer de una manera manual o por medio de maquinaria (Figura 7).



**Figura 7.** Excavación para cimientos (Arqhys construcciones, 2012).

## Instalación torre de telecomunicaciones<sup>2</sup>

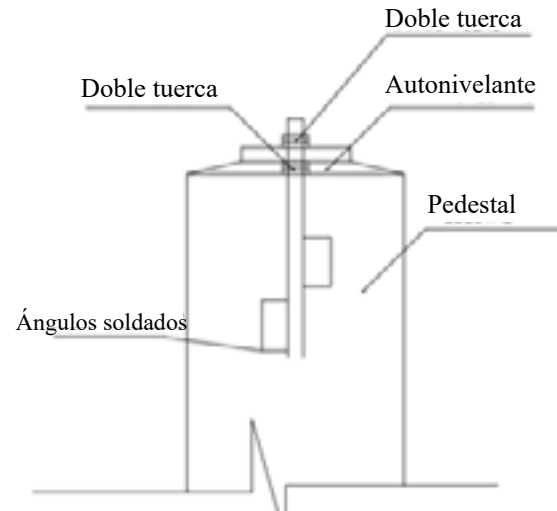
**1. Pre armado de esqueleto de hierro estructural,** se adiciona pernos de anclaje embebidos, los cuales tendrán retazos de ángulos soldados con el fin de generar una mayor resistencia al volcamiento de la estructura que se somete a tracción (.30cm embebido y .10cm libres) (Figura 8 y 9).

---

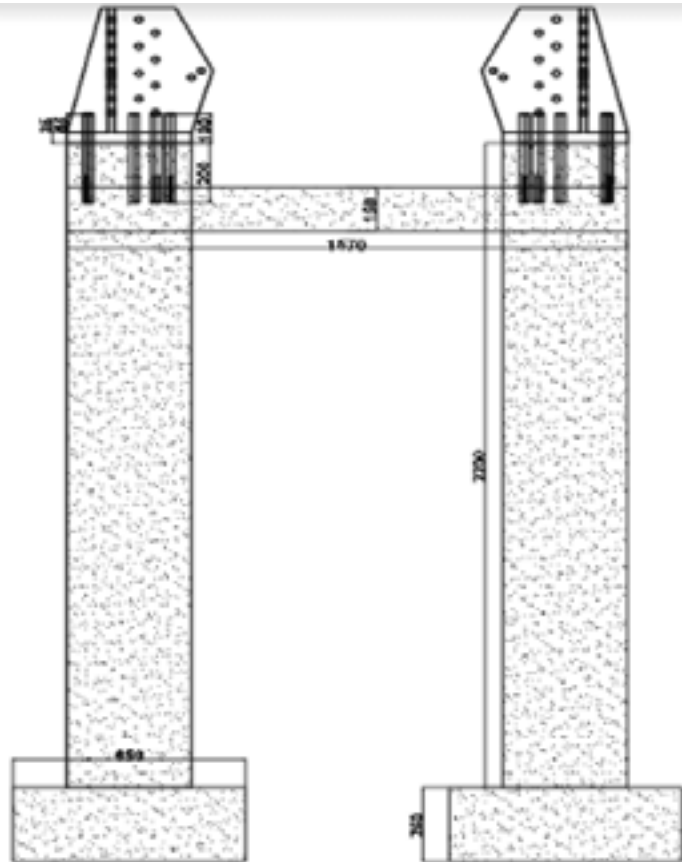
<sup>2</sup> Concreto estructural de 3000 psi  $f'c=21$  MPa para las zapatas y los dados o columnas en concreto una vez se haya armado los hierros y estén fijos.



**Figura 8.** Armado de hierros de una torre y su cimentación (CORIEM, 2011).

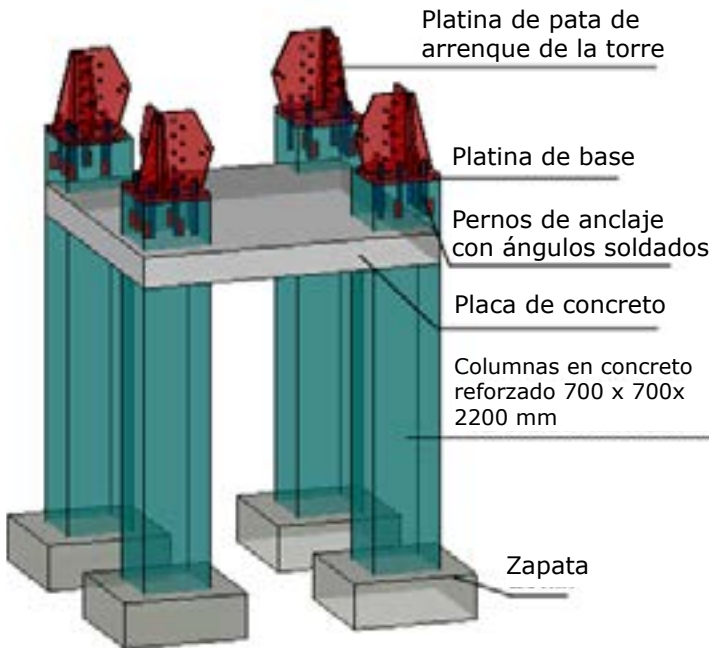


**Figura 9.** Detalle general de perno de anclaje. Autoría propia.

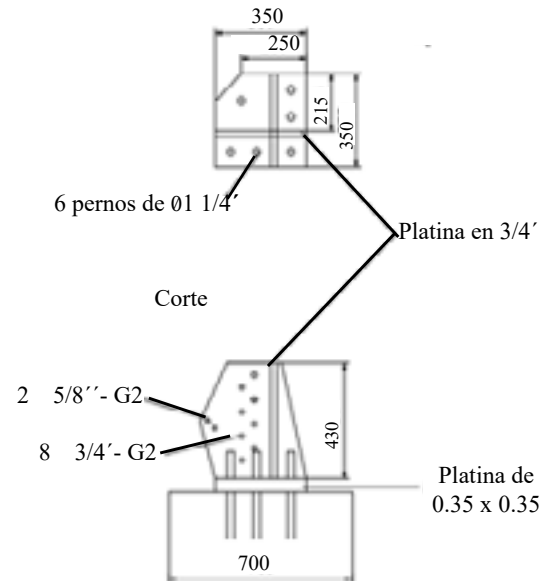


**Figura 10.** Corte transversal de cimentación. Autoría propia.

2. Se instalará una platina de arranque como base, esto es para iniciar el montaje de la torre.



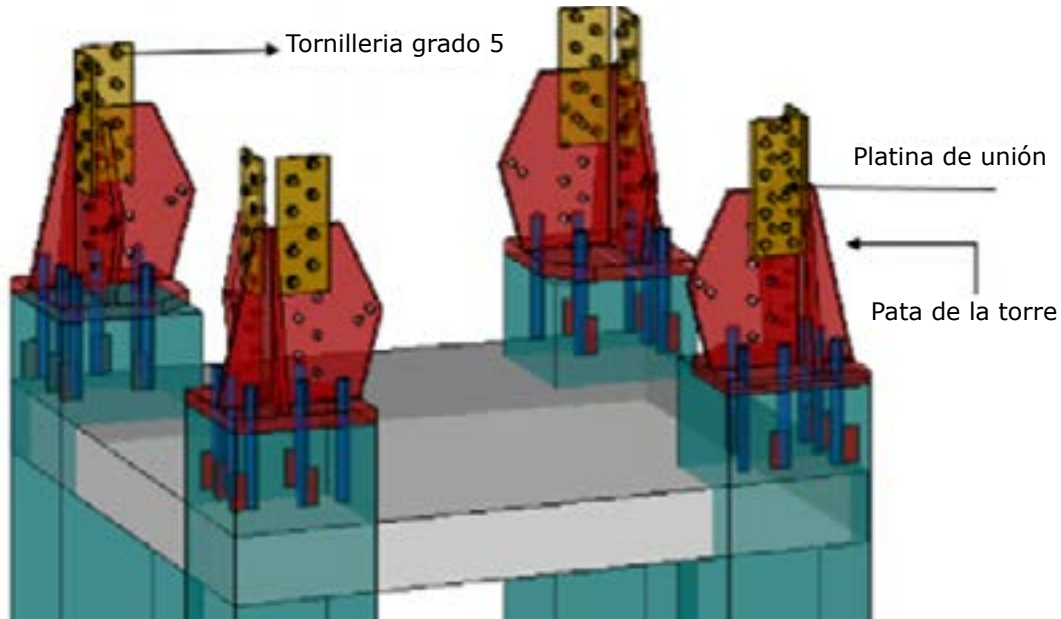
**Figura 11.** Modelo 3d donde se muestra la unión de los pernos de anclaje a la platina base y las patas estructurales de la torre. Autoría propia.



**Figura 12.** Detalle de anclaje de la estructura a la cimentación en planta y corte. Autoría propia.



3. Posterior a la instalación del arranque de la torre se sobrepondrán los empalmes con el fin de conectar la platina de arranque con los montantes y darles fijación por medio de tornillería<sup>3</sup> con guasa arandela y tuerca (Figura 13).



**Figura 13.** Detalle en 3D de unión de empalmes o platinas con tornillo para montaje de la torre. Autoría propia.

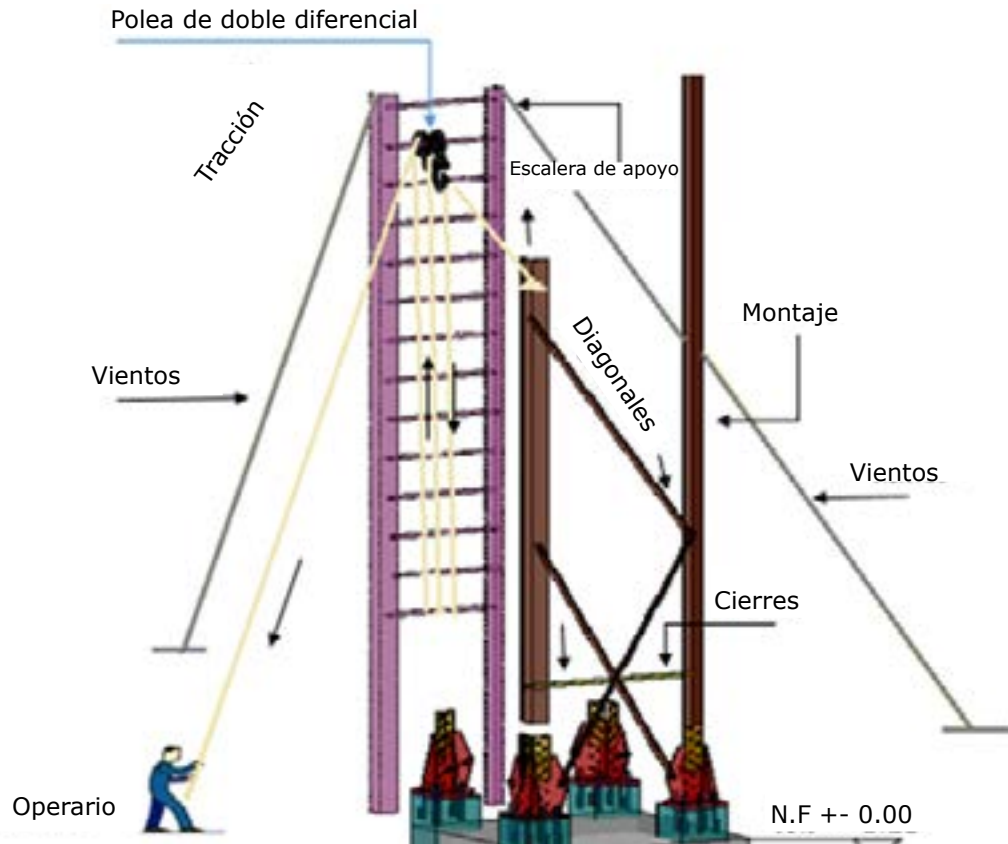
<sup>3</sup> El atornillamiento de la torre deberá considerar los diámetros de los ángulos de acero considerando la arandela, la guasa y dejarle espacio libre al tornillo en la parte inferior se aproxima un total de (0.03 cm).

4. Se procede a la instalación de los montantes de la torre como **estructura externa**<sup>4</sup> de está usando la escalera de acceso ubicándola en un vértice de la torre posterior a esto sujeta una polea en la punta de la escalera y otra en la mitad del montante procediendo a él tensionamiento de la cuerda para que empiece a trabajar el sistema y poder subir la primera pieza. se le cambia de dirección o Angulo y se inclina mirando hacia el otro vértice así repitiendo el proceso hasta montar los 4 montantes de arranque posterior se prosigue en la estructura interna que se compone de (cierres intermedios -punta de diagonal-internos, -redundantes) (Silva, 2016).

La escalera para el levantamiento se le da rigidez y estabilidad por medio de vientos en tres diferentes puntos) se utiliza poleas de doble diferencial las cuales funciona a tracción lo cual ayuda a disminuir el peso y, de esta manera ayuda al operario a tirar la cuerda más ergonómicamente logrando levantar los materiales y la estructura metálica de la torre por medio de la polea la cual está sujeta de la escalera (Figura 14).

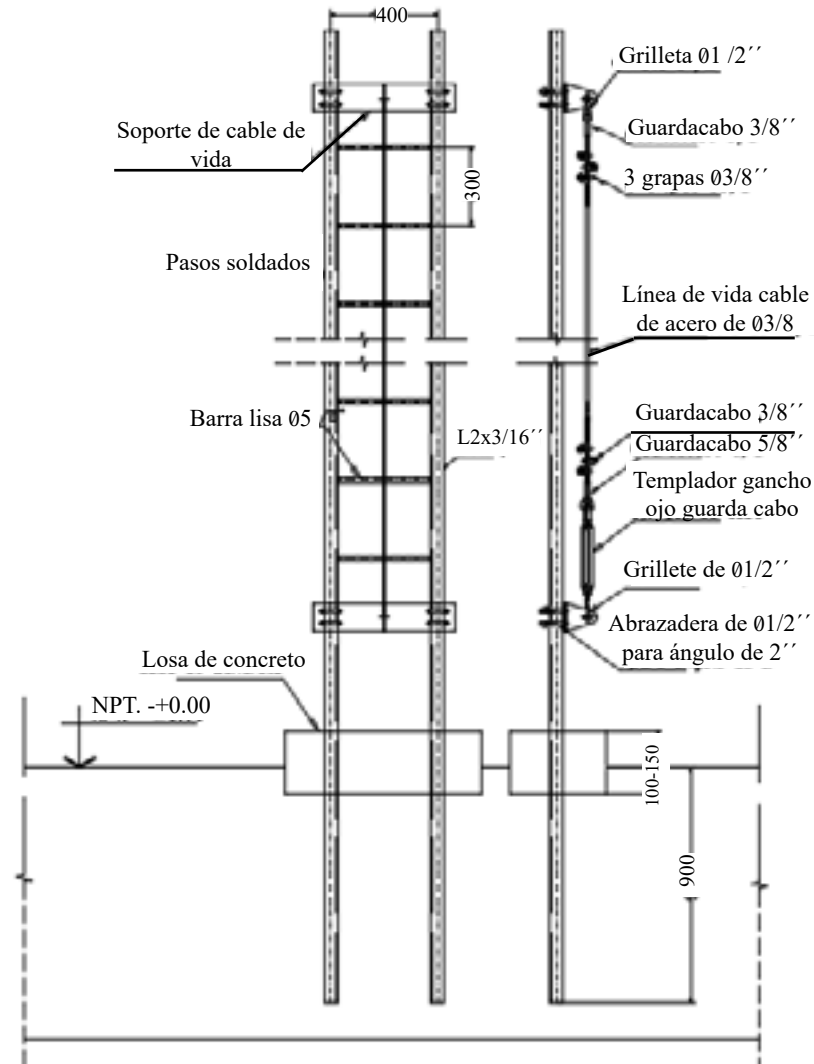
---

<sup>4</sup> Se repite el proceso uniendo los montantes de la estructura externa por medio de las platinas hasta llegar a la parte superior de la torre donde ya debe estar completamente arriostrada y se dispondrá de una plataforma.



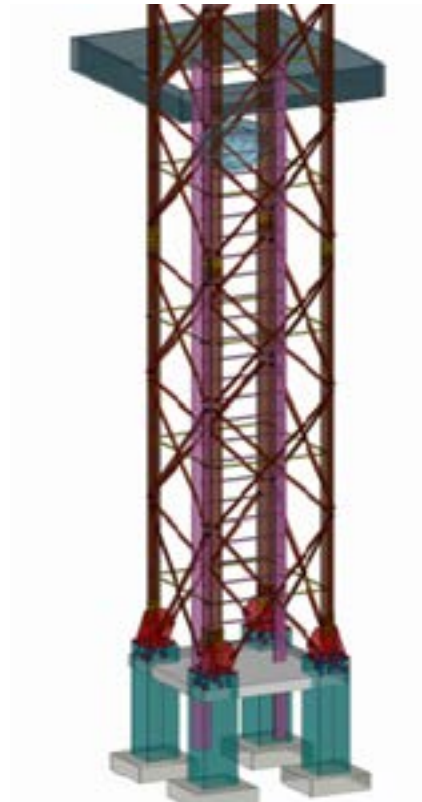
**Figura 14.** Modelo en 3D de proceso constructivo. Autoría propia.

5. Proceso de levantamiento de la estructura metálica de la torre por sistema de polea (figura 15) aprovechando la escalera de acceso a la torre la cual al terminar la instalación de la estructura externa e interna se procederá a desarmar para volver a armarla al interior de la estructura según corresponde a los planos con su respectiva línea de vida en acero galvanizado la cual garantizará el amarre del arnés del operario para posteriores asensos y densos dentro de ella (Arias y Gonzáles, 2019).



**Figura 15.** Escalera de asenso. Autoría propia.

6. Estructura completa de la torre auto soportada cuadrada armada (programa que se utilizo Autocad 3d) (Figura 16).



**Figura 16.** Estructura completa de la torre. Autoría propia.

## Normativa

Entre las asociaciones de organizaciones e institutos nacionales e internacionales se pretende dar una normativa estándar o reglamento, de una torre de comunicación como lo son normativas de diseño y construcción. Las más importantes con relación a esto son:

**EIA/TIA-222-F:** (EIA: Asociación de Industrias Electrónicas), (TIA, Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones), su objetivo principal es generar los criterios mínimos o base para la especificación del diseño de torres y estructuras de acero donde se pretende evaluar las diferentes cargas de viento que actúan (González, 2005).

**AISC-ASD-89:** (Instituto Americano de Construcción De Acero), especificación para el acero estructural y diseño de tensión y plástico. En el caso del acero, se usa como soporte esencial para soportar las cargas del diseño de la estructura, requerimientos antisísmicos, pintura, fundaciones, pernos de presión y mantenimiento (American Institute of Steel Construction, 1989).

**NSR-10:** (Requisitos Generales De Diseño y Construcción Sismo Resistente), "comisión asesora permanente de régimen de construcción sismo resistente del gobierno nacional, adscrita al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo

Territorial” Artículo 39 de la Ley 400 de 1997 el cual fue aprobado por el ministerio de ambiente y desarrollo territorial (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica,1997).

**ASTM:** (Asociación Americana de Ensayo de Materiales), esta asociación aprueba la resistencia de materiales en la construcción por Estados Unidos y a su vez rige la construcción de torres de teletransmisión y telecomunicación, lo cual dentro de esta se especifica debidos tratamientos y resistencia de los materiales como tornillería, angulería y tratamientos anticorrosivos (AEC, 2019).

**IEEE 80-2000:** (El Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica), guía de seguridad en conexión a tierra de una subestación, la cual calcula la resistencia del terreno y el modelamiento de tipo de suelo y establece como se debe hacer la conexión de la estructura a los electrodos a tierra. Fundada en 1884 en Estados Unidos donde hoy en día se encuentra en 147 países (Ramírez, 2010).

## Costos generales

**Recursos y presupuesto estimado:** para la instalación se tiene un costo aproximado \$171.292.783,58 donde se toma el costo total de la torre desde el transporte del material al sitio y su cimentación hasta la instalación de la estructura y la maquinaria para el levantamiento de esta; se hace un propuesta en el presente documento donde se podrá hacer un ahorro cambiando el sistema para la elevación de las piezas o ángulos los cuales por su peso necesitan normalmente de una torre grúa de 40 metros que hace un sobre costo por mes de 24.735,313 mil pesos (11%). El cual se cambiará por el sistema de poleas y levantamiento de piezas por la misma escalera de acceso la cual ya está incluida en la instalación de la estructura (Tabla 2).



**Tabla 2.** Costos generales para la elaboración de una torre de comunicación.

Item	Descripción	Und	Cant.	Valor unitario	Valor total
1	Visita de campo en región oriente urbana	UN	1	\$ 791.410,00	\$ 791.410,00
2	Replanteo	m <sup>2</sup>	270	\$ 4.189,00	\$ 1.131.030,00
3	Campamento de 9m <sup>2</sup> de teja zinc	UN	1	\$1.236.578,00	\$ 1.236.578,00
4	Suministro e instalación del reforzamiento de la torre (incluye elementos de fijación, galvanización en caliente y pintura; los materiales deben cumplir los requerimientos estipulados en las especificaciones Comcel para el suministro de torres)	Kg	140000	\$ 8.087,00	\$113.218.000,00
5	Suministro e instalación de Tornillería Galv 5/8'' x 2 3/4 '' (tornillería A-325 TIPO I y/o grado 5), con tuerca guasa y arandela	UN	3500	\$ 3.060,00	\$ 10.710.000,00
6	Perforación, suministro e instalación de perno de anclaje (entre 10 y 50 cm de profundidad) de 1'' a concreto de viga existente, incluye epoxico SIKA DUR 42 anclaje	UN	24	\$80.920,00	\$1.942.080,00
7	Cargue o descargue (aplica para descargue o cargue de elementos diferentes a agregados petreos)	Ton	14	\$ 14.823,00	\$ 207.522,00
8	Excavaciones varias en material común	m <sup>3</sup>	144	\$ 29.719,00	\$ 4.279.536,00
9	Concreto estructural	m <sup>3</sup>	21,6	\$ 558.334,00	\$ 12.060.014,30

**Continuación tabla 2.** Costos generales para la elaboración de una torre de comunicación.

Item	Descripción	Und	Cant.	Valor unitario	Valor total
10	Limpieza, descapote y nivelación del terreno (lote con arbustos). Corresponde al área descapotada del lote a construir en la estación base, incluyendo tala de arbustos, enramadas y maleza existente, así como el retiro de la totalidad de los escombros, de la tierra negra y material orgánico, e incluye la perfilada del lote a una profundidad máxima de 0.30m, equipo (mecánico), mano de obra y demás elementos para su correcta realización, además del cargue, descargue y transporte de sobrantes a los sitios autorizados por la Autoridad Ambiental Competente y por el propietario del predio	m <sup>2</sup>	150	\$ 6.542,00	\$ 981.300,00
				<b>Total</b>	\$146.557.470,40
11	Alquiler mensual de grúa torre para transporte de materiales de 40m de flecha y 1000 kg de carga en punta, incluso, telemando, mantenimiento y seguro de responsabilidad civil	Mes	1	\$ 7.277.313,18	\$ 7.277.313,18
12	Operador/a de grúa	Mes	1	\$1.458.000,00	\$ 1.458.000,00
13	Transporte de piezas de torre a zonas rurales y de difícil acceso, tiempo estimado 10 días (peso aprox. 8 toneladas) incluye instalaciones	Días	10	\$ 800.000	\$8.000.000,00
14	Desmante de torre grúa y transporte de regreso. Tiempo estimado 10 días (peso aprox. 8 toneladas)	Días	10	\$ 800.000	\$8.000.000,00
				<b>Total con torre grúa</b>	\$ 171.292.783,58
				<b>Sobrecosto</b>	\$24.735.313,18

**Fuente.** Matriz adaptada de: listado de precios Comcel de actividades civiles, 2017.

# Programación

Figura 17. Programación. Autoría propia.



**Tabla 3.** Preliminares.

Preliminares	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Visita de campo							
Señalización de obra							
Campamento en tela zinc							
Cerramiento en polisombra de área de la obra							
Desmovilización topográfica							
Descapote y limpieza							
Replanteo y nivelación							

**Fuente.** Autoría propia.

**Tabla 4.** Cimentación de torre.

Cimentación de torre	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15
Excavación de cimentación								
Eliminación de material excedente acarreado								
Solados concreto $f_c = 100\text{kg/cm}^2$								
Acero corrugado grado 60 cimentación								
Encofrado pedestales de torre								
Concreto cimentación de torre $f_c = 210$								
Relleno compactado								
Terreno de pedestales								

**Fuente.** Autoría propia.

**Tabla 5.** Montaje de torre.

Montaje de torre	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19
Instalación de arranques de la torre en pernos de anclaje previamente fundidos				
Montaje de estructura metálica sobre pedestales a N.F.T +/- 30 atreves de poleas o diferenciales que trabajen en tercera				
Cerca perimetral de la torre				
Cerca perimetral según el diseño para la torre autoportada, incluye cimentación				

**Fuente.** Autoría propia.

**Tabla 6.** Instalaciones eléctricas.

Instalaciones eléctricas	Día 20	Día 21	Día 22	Día 23
Instalación de medidor eléctrico				
Sistema de tablero general				
Instalaciones de luminaria				
Gabinete				

**Fuente.** Autoría propia.

**Tabla 7.** Instalaciones eléctricas.

<b>Instalaciones eléctricas</b>	<b>Día 24</b>	<b>Día 25</b>	<b>Día 26</b>
Sistema de puesta a tierra - pozo y halo			
Aterramiento de torre			
Aterramiento estructura metálica			

**Fuente.** Autoría propia.

## Bibliografía

- Acebedo, f. (2018). Diseño y cálculo de una torre metálica auto soportada de telecomunicaciones en paterna (valencia). Trabajo fin de grado en ingeniería en tecnologías industriales. Universidad politécnica de valencia.
- AEC. (2019). Normas ASTM. Recuperado de: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/normas-astm> el 5 de septiembre 2020.
- American Institute of Steel Construction. (1989). Specification for Structural Steel Buildings. Chicago, 1989.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (1997). Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente. Recuperado de: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/titulo-a-nsr-100.pdf> 5 de septiembre 2020.
- Arias, A y Gonzáles, N. (2019). Guía de diseño estructural de torres de telecomunicaciones auto soportadas en Colombia para alturas de 20, 30 y 40 metros. Universidad Católica De Colombia. Bogota, Colombia.
- Arias, G, Bacca, G y Wilches, J. (2016). Código de buenas prácticas: Para el despliegue de redes de comunicaciones. Gov. 2016.

Arqhys construcciones. (2012). Equipo de redacción profesional. Excavación para cimientos. Recuperado de: <https://www.arqhys.com/construcciones/excavacion-para-cimientos.html> el 11 de noviembre 2020.

E.t.b., r.f.q. (2017). Evaluación y refuerzo estructural de torres. Recuperado de: <https://etb.com/corporativo/uploads/procesos/archivo201706070805343943339.pdf> el 14 de noviembre 2020.

Epm. (2017). Norma de construcción campamentos, almacenes, oficinas y centros de acopio. Recuperado de: <https://www.epm.com.co/site/portals/3/documentos/2017/nc-mn-oc01-03%20campamentos,%20almacenes,%20oficinas%20y%20centros%20de%20acopio.pdf> el 11 de noviembre 2020.

CORIEEM. (2011). Armado de hierros de una torre y su cimentación. Recuperado de <http://www.coriem.com/index.php?page=galeria---telecomunicaciones> el 21 de noviembre 2020.

González, A. (2005). TIA/EIA-222-F Normas estructurales para torres y estructuras de acero para antenas.

Ramírez, J. (2010). Sistema de Puesta a Tierra Diseñado con IEEE-80 y evaluado con MEF. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

Silex. (2016). Estación base de telefonía móvil. Recuperado de: <https://silexst.com>.



com/estacion-base-detelefonía-movil/ el 31 de Mayo 2020.

Silva, W.(2016). "Rediseño de la estructura de la torre autosoportada de  $h=71\text{m}$  para que soporte las antenas de radiofrecuencia y microondas existentes, y 06 antenas de microondas futuras ubicada en la estación 0101711\_pi\_el\_alto, piura". Escuela académico profesional de ingeniería mecánica. Trujillo, peru.

Universidad distrital. (2018). Localización y replanteo. Recuperado de: <https://sites.google.com/a/correo.udistrital.edu.co/manualviviendas/2-especificaciones-tecnicas-de-construccion/preliminares/localizacion-y-replanteo-aplica-para-reforzamiento-y-obra> el 12 de noviembre 2020.