



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

APLICACIÓN DEL TIPO DE MATERIAL EN LA RESPUESTA ESTRUCTURAL Y ECONÓMICA CON LA NORMA ANSI/TIA 222-G EN LA TORRE DE TELECOMUNICACIONES DE 30M, SULLANA 2020

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA CIVIL

Autora:

Esli Yoseck Quiñones Fernandez

Asesor:

Dr. Omart Tello Malpartida

Lima - Perú

2020

DEDICATORIA

A mis padres Arnaldo y Natty.

A mis hermanos Natti, Guimel y Maximo.

A mi familia Luis, Sebastián y Rodrigo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitir que haya concluido mis estudios y me haya protegido en este camino.

A mi familia por la motivación y apoyo brindado en esta etapa.

A los docentes de la Universidad Privada del Norte, por haber compartido sus
conocimientos y consejos a lo largo mi preparación universitaria.

A mis compañeros de trabajo por los ánimos en esta etapa que fue de gran ayuda.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	10
RESUMEN	10
ABSTRACT	10
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Realidad Problemática.....	13
1.2. Formulación del problema	16
1.2.1. Problema General	16
1.2.2. Problemas específicos	16
1.3. Justificación.....	17
1.4. Objetivos	18
1.4.1. Objetivo general:	18
1.4.2. Objetivos específicos:.....	18
1.5. Hipótesis.....	18
1.5.1. Hipótesis general	18
1.5.2. Hipótesis específicas	18
1.6. Antecedentes	19
1.7. Bases teóricas	22
1.7.1. Tipos de torres	22
1.7.2. Tipos de material	25

1.7.3.	Normativa.....	28
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA		31
2.1.	Tipo	31
2.2.	Matriz de operacionalización de variables.....	33
2.3.	Población y muestra	33
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	35
2.5.	Procedimiento.....	37
2.5.1.	Cargas.....	37
2.5.2.	Combinaciones de cargas	44
2.5.3.	Geometría.....	45
2.5.4.	Requisitos de Servicialidad	46
2.5.5.	Resistencia de Diseño del Acero Estructural	47
2.5.6.	Consideraciones de diseño	50
2.5.7.	Procedimiento con el MStower	51
2.5.8.	Modelo 1: Análisis y modelo de la estructura con acero A36.....	51
2.5.9.	Modelo 2: Análisis y modelo de la estructura con acero A36 y A572.....	58
CAPÍTULO 3. RESULTADOS.....		65
3.1.	Respuesta estructural con la norma ANSI/TIA 222-G.....	65
3.1.1.	Parámetros globales.....	65
3.1.2.	Parámetros locales.....	69
CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....		75
4.1.	Discusión.....	75
4.1.1.	Parámetros globales.....	75
4.1.2.	Parámetros locales	77

4.2.	Conclusiones	79
4.3.	Recomendaciones.....	82
	REFERENCIAS	84
	ANEXOS	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Antenas requeridas por el operador	38
Tabla 2. Deformaciones máximas según operador.....	50
Tabla 3. Cuadro comparativo de deformación por Desplazamiento lateral en cada panel .	65
Tabla 4. Cuadro comparativo de deformación por Torsión (°)	66
Tabla 5. Cuadro comparativo de deformación por Deflexión en cada panel	68
Tabla 6. Reacciones debido al peso propio y accesorios (KN) Case 100	69
Tabla 7. Diferencia de porcentaje en Modelo 1 y Modelo 2 de las reacciones.	69
Tabla 8. Reacciones de la torre en la combinación 5000. Case 5000.....	71
Tabla 9. Diferencia de porcentaje en Modelo 1 y Modelo 2 de las reacciones	71
Tabla 10. Resultados del peso del Modelo 1 – Acero A36	72
Tabla 11. Resultados del peso del Modelo 2 – Acero A36 y A572	73
Tabla 12. Resultados del peso del modelo 1 y modelo 2	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Torre autosoportada	23
Figura 2. Monopolo	23
Figura 3. Torre ventada	24
Figura 4. Torre arriostrada.....	24
Figura 5. Mástil A.....	25
Figura 6: Tipos de Acero Estructural	26
Figura 7: Especificaciones aplicables de la ASTM a diversos perfiles estructurales.....	26
Figura 8: Relaciones Esfuerzo – Deformación del Acero Estructural.....	27
Figura 9: Efecto de la Temperatura sobre el Esfuerzo de Fluencia.....	27
Figura 10: Ubicación de la Torre.....	34
Figura 11: Clasificación de las Estructuras	38
Figura 12: Factor de probabilidad de la dirección del viento	39
Figura 13: Factores de importancia	39
Figura 13: Categoría de exposición	39
Figura 14: Coeficientes según la categoría de exposición.....	40
Figura 15: Categoría topográfica.....	40
Figura 16: Coeficiente Categoría topográfica	40
Figura 17: Coeficiente Categoría topográfica	44
Figura 18. Sección de base de torre	45
Figura 19. Geometría de torre	46
Figura 20. Configuración de secciones	51
Figura 21. Selección de librerías de Antenas y Cables.....	52
Figura 22. Construcción de geometría.....	52

Figura 23. Geometría de Torre triangular autoportada modelo 1	53
Figura 24. Configuración de parámetros	54
Figura 25. Combinaciones de carga	54
Figura 26. Resultado de desplazamiento y torsión en el panel 1.....	55
Figura 27. Resultado de desplazamiento y torsión en el panel 10.....	56
Figura 28. Reacciones en la base de la torre.....	56
Figura 29. Resultados de las reacciones de las combinaciones de carga 100 y 5000	57
Figura 30. Resultado del peso de la torre modelo 1	57
Figura 31. Construcción de geometría.....	59
Figura 32. Geometría de Torre triangular autoportada modelo 2	60
Figura 33. Resultado de desplazamiento y torsión en el panel 1.....	61
Figura 34. Resultado de desplazamiento y torsión en el panel 10.....	62
Figura 35. Reacciones en la base de la torre.....	63
Figura 36. Resultados de las reacciones de las combinaciones de carga 100 y 5000	63
Figura 37. Resultado del peso de la torre modelo 2	64

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Carga de viento de diseño.....	41
Ecuación 2. Fuerza de viento de diseño sobre la estructura	41
Ecuación 3. Presion dinamica.....	41
Ecuación 4. Coeficiente de presión dinámica.....	42
Ecuación 5. Factor Topográfico	42
Ecuación 6. Área proyectada	43
Ecuación 7. Fuerza de viento de diseño sobre los accesorios	44
Ecuación 8. Área proyectada Efectiva del accesorio.....	44
Ecuación 10. Tensión de fluencia para compresión axial 1	47
Ecuación 11. Tensión de fluencia para compresión axial 2	48
Ecuación 12. Tensión de fluencia para compresión axial 3	48
Ecuación 13. Para la fluencia por tracción en la sección bruta	49
Ecuación 14. Para rotura por tracción en la sección neta efectiva:	49
Ecuación 15. Para rotura en bloque por corte 1	49
Ecuación 16. Para rotura en bloque por corte 2.....	49

RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar de qué manera la aplicación del tipo de material influye en la respuesta estructural y económica con la Norma ANSI/TIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m. La investigación es de tipo aplicada, el diseño de la investigación es cuasi experimental. La muestra no probabilística es una torre autosoportada triangular de 30m. El procedimiento consistió en analizar el modelo 1 que corresponde a una estructura de acero A36 y el modelo 2 corresponde a una estructura de acero A572 en las montante y acero A36 en el resto de la estructura. El análisis se efectuó con el apoyo del software MsTowerV6.20.1.11 para las distintas combinaciones especificadas en la norma ANSI/TIA 222-G. Se obtuvieron como resultados que el desplazamiento, torsión y deflexión, fueron menores en el modelo 1, en un 33.90%, 18.52% y 33.90% respectivamente al modelo 2. Ambos modelos cumplen con los valores máximos permitidos por el operador y la norma ANSI/TIA 222-G. Así tenemos que en el modelo 2 las reacciones y el peso fueron menores al modelo 1. El peso de la torre del modelo 2 se redujo en un 16% representando un menor costo. Determinándose que el modelo 2 es una mejor alternativa técnica y económica.

Palabras clave: Torre telecomunicaciones, desplazamiento, torsión, reacciones, norma ANSI/TIA 222-G.

ABSTRACT

The research work aimed to determine how the application of the type of material influences the structural and economic response with the ANSI / TIA 222-G Standard in the 30m Telecommunications Tower. The research is applied, the research design is quasi-experimental. The non-probability sample is a 30m triangular self-supporting tower. The procedure consisted of analyzing model 1 that corresponds to an A36 steel structure and model 2 corresponds to an A572 steel structure in the uprights and A36 steel in the rest of the structure. The analysis was carried out with the support of the MsTowerV6.20.1.11 software for the different combinations specified in the ANSI / TIA 222-G standard. The results were obtained that the displacement, torsion and deflection were lower in model 1, by 33.90%, 18.52% and 33.90% respectively to model 2. Both models comply with the maximum values allowed by the operator and the ANSI / standard. TIA 222-G. Thus we have that in model 2 the reactions and weight were lower than in model 1. The weight of the tower in model 2 was reduced by 16% representing a lower cost. Determining that model 2 is a better technical and economic alternative.

Keywords: Telecommunications tower, displacement, deflection, torsión, reactions, standard ANSI/TIA 222-G.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

Las telecomunicaciones han sido el gran protagonista esta última decena en el mundo, lo que ha permitido cerrar brechas en algunas regiones. Su tecnología ha permitido llevar desarrollo en muchos aspectos entre ellos el social, económico y cultural. Gracias a las nuevas tecnologías que se han ido presentado. Esto ha sido posible con la implementación de nuevas infraestructuras para brindar el servicio de telecomunicaciones. Para esto ha sido necesario contar con una normativa para el Modelo de torres de Telecomunicaciones. En el mundo existen diversas normas que rigen cada región o país, mencionaremos algunas: Norma Americana - ANSI/TIA-222, Norma Canadiense - CSA S37-01, Norma Europea - Eurocódigo 3.0, Norma Reino Unido - BS-8100-1, Norma Alemana - DIN 4131, etc.

En EE.UU. la Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones (TIA) y la Asociación de Industrias Electrónicas (EIA) se unieron para desarrollar y publicar estándares industriales para este sector, que abarcan el cableado estructurado y datos para las conexiones LAN.

La Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones (TIA) está acreditada por el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI). De esta forma contamos con la Norma para el diseño para las estructuras de Telecomunicaciones ANSI/TIA-222. Esta norma ha ido evolucionando con el tiempo ya que se han ido formulando para precisar los resultados. La Evolución de la Norma¹ es la siguiente manera: 1959 – EIA RS-222, 1966 – EIA RS-222-A, 1972 – EIA RS-222-B, 1976 – EIA RS-222-C, 1987 – EIA 222-D 1991 EIA/TIA 222-E, 1996 - EIA/TIA 222-F, 2006 – ANSI/TIA 222-

¹ http://wirelessestimator.com/content/standards/eia_tia_222/general-info

G, 2017 – ANSI/TIA 222-H. En octubre del 2017 se publicó ANSI/TIA 222-H, la cual rige a partir de esa fecha en los EE.UU.

En la América Latina, la transformación digital ha sido un factor determinante para el desarrollo social, económico y productivo para la región y ha logrado imponerse en la última década. Esto ha sido posible con la implementación de nuevas infraestructuras para brindar el servicio de telecomunicaciones.

En América Latina al no contar con una normativa para el Modelo de torres de telecomunicaciones se ha optado por usar la norma americana TIA / EIA 222-F o ANSI/TIA 222-G.

En el Perú, en la actualidad el sector de las telecomunicaciones tiene un déficit en cuanto a este servicio, y esto se debe por diferentes motivos ya sean sociales, económicos y/o regulatorios. Es decir que con la construcción e implementación de más estaciones se podrá contar con un servicio de telecomunicaciones bueno y aceptable en todas nuestras regiones, sobre todo en las zonas rurales donde este servicio aún no se ha consolidado.

Siendo este servicio un factor importante para el desarrollo social, económico y cultural de las mismas. La infraestructura de telecomunicaciones es también llamada Estación Base Celular (EBC) o site. Una EBC está compuesta por una estructura metálica (torre, monopolo, mástil, etc.) que servirá de soporte para las antenas, así como también cuenta con un conjunto de equipos para su funcionamiento.

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones hasta el 2019 se tenían instaladas 22,766 estaciones en todo el país, sin embargo, se necesitan por lo menos 13,747 para cerrar la brecha al 2021².

² Carta MTC N°0450-2020-MTC/26 (Ver anexo N°2)

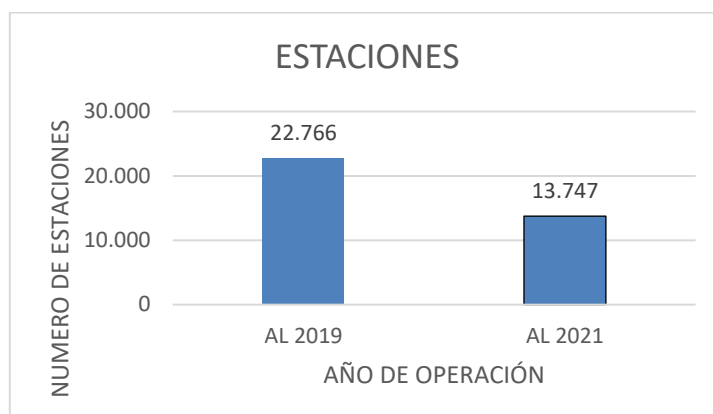


Grafico 1. Estaciones de telecomunicaciones en Perú

Asimismo, también está el Programa Nacional de Telecomunicaciones (PRONATEL) que tiene como finalidad brindar el servicio de Internet a personas de las comunidades y a Instituciones públicas. Esto es a través de unas estaciones llamadas Nodos. Los nodos están compuestos por una sala de equipos y una Torre metálica. De acuerdo a la información brindada por PRONATEL al termino del 2020 contarán con 906 Nodos y para el 2021 tiene programado cerrar la brecha con 2,666 Nodos a construir³.

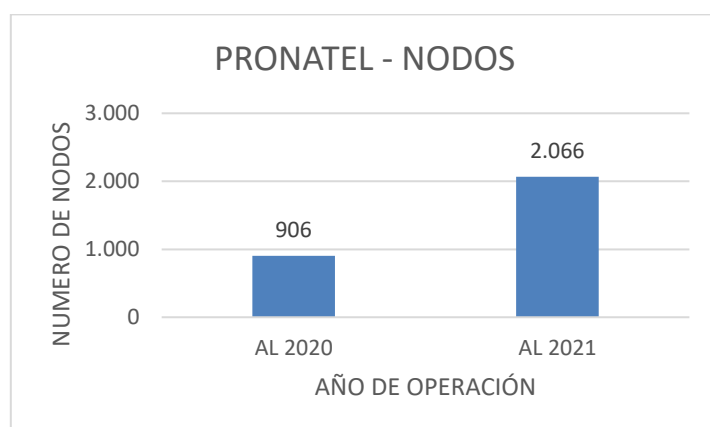


Grafico 2. Nodos de Pronatel al 2020 y proyectadas al 2021

También tenemos el proyecto de la Red Dorsal de Fibra, que considera el tendido de Fibra de más de 13,000km para conectar a Lima con 22 capitales de región y 180

³ Carta MTC N°295-2020-MTC/24-DEYP (Ver anexo N°3)

capitales de provincia. Este tendido de fibra es a través de estructuras existentes de energía eléctrica y la instalación de nuevas Torres autosoportadas. Este proyecto tiene como finalidad dar conectividad a las localidades, entidades públicas y estatales.

En el Perú al no contar con una normativa para el Modelo de torres de telecomunicaciones se opta por usar la norma americana TIA / EIA 222-F y ANSI/TIA 222-G, la cual es indicada por el operador y/o entidad. Las torres de telecomunicaciones se fabrican por excelencia con acero estructural, también se puede apreciar su uso en edificaciones, puentes y otras estructuras. Las propiedades del tipo de material del acero definirán su resistencia del acero con respecto a otro.

McCormac y Csernak (2013) sostiene que el acero estructural, tal vez el más versátil de todos los materiales estructurales, por su gran resistencia, poco peso, facilidad de fabricación y otras propiedades convenientes. Por este motivo es necesario evaluar de qué manera la Aplicación del tipo de material influye en la respuesta estructural con la Norma ANSI/TIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

De qué manera la Aplicación del tipo de material influye en la respuesta estructural y económica con la Norma ANSI/TIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m. (Ver Anexo N°1)

1.2.2. Problemas específicos

- ¿De qué manera la Aplicación del tipo de material en relación a la superestructura influye en la respuesta estructural y económica con la Norma ANSI/TIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m.?

- ¿De qué manera la Aplicación del tipo de material en relación a la subestructura influye en la respuesta estructural y económica con la Norma ANSI/TIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m?
- ¿De qué manera la Aplicación del tipo de material en relación al costo influye en la respuesta estructural y económica con la Norma ANSI/TIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m?

1.3. Justificación

El servicio de telecomunicaciones se ha convertido en un factor importante para el desarrollo de nuestras regiones. Las empresas operadoras buscan cada año aumentar la cantidad de Torres instaladas para brindar este servicio y mejorarlo en otros casos. La justificación de esta investigación parte de la necesidad de instalar una mayor cantidad de torres y con una mayor altura. Como se ha expuesto anteriormente hay una brecha muy amplia que cubrir en el sector de Telecomunicaciones.

En el aspecto económico se quiere evaluar la factibilidad del uso del tipo de material con el fin de lograr un menor costo de la estructura de la torre, en referencia al peso del acero a emplear, por lo que también se reduciría el costo del transporte de la torre hasta su ubicación final. En el aspecto tecnológico, se usa la tecnología existente para su Modelo. En el aspecto social permitirá que más poblaciones se vean beneficiadas del servicio de Telecomunicaciones, ya que la reducción en su costo permitirá que las operadoras o Entidades implementen mayor cantidad de Estaciones en más centros poblados y la población está comunicada con sus familiares que estén en otras ciudades, así como también establecer nuevos negocios, etc. Lo que permitirá que haya un Desarrollo económico.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general:

Determinar la Aplicación del tipo de material influye en la respuesta estructural y económica con la Norma ANSI/TIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m.

1.4.2. Objetivos específicos:

- Analizar la Aplicación del tipo de material en relación a los parámetros globales (desplazamiento, torsión y deflexión) influye en la respuesta estructural y económica con la Norma ANSI/TIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m.
- Evaluar la Aplicación del tipo de material en relación a los parámetros locales (reacciones) influye en la respuesta estructural y económica con la Norma ANSI/TIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m.
- Analizar la Aplicación del tipo de material en relación al costo influye en la respuesta estructural y económica con la Norma ANSI/TIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La Aplicación del tipo de material influye positivamente en la respuesta estructural y económica con la Norma ANSI/TIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m.

1.5.2. Hipótesis específicas

- La Aplicación del tipo de material en relación a los parámetros globales (desplazamiento, torsión y deflexión) influye positivamente en la respuesta

estructural y económica con la Norma ANSI/TIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m.

- La Aplicación del tipo de material en relación a los parámetros locales (reacciones) influye positivamente en la respuesta estructural y económica con la Norma ANSI/TIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m.
- La Aplicación del tipo de material en relación al costo influye positivamente en la respuesta estructural y económica con la Norma ANSI/TIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m.

1.6. Antecedentes

En nuestro medio no existe una norma técnica sobre el diseño de las estructuras de Telecomunicaciones. El Reglamento Nacional de Edificaciones no lo considera, por lo que usa la norma americana ANSI/TIA 222G. Al pasar de los años va despertando el interés en los profesionales de la Ingeniería y se espera encontrar mayor información más adelante. El resultado obtenido en las Tesis encontradas es del Modelo estructural de Torres de Telecomunicaciones con el uso de la Norma ANSI/TIA. Se tienen como antecedentes internacional, local y nacional los siguientes trabajos que hacen referencia al Modelo de Torre de Telecomunicaciones.

Betancourth (2013) en su tesis de investigación expuesta “Aplicación norma TIA/EIA 222-G para torres autosoportadas tipo celosía de telecomunicaciones en Guatemala y comparación con norma TIA/EIA 222-G”, para lograr su título de postgrado en “Ingeniería Civil”, contempla como objetivo establecer un procedimiento de análisis de estructuras autosoportadas aplicando las normas actualizadas. La investigación es de tipo descriptiva. La muestra es una Torre triangular autosoportada tipo celosía de 60m, y una carga de diseño de 09 antenas RF y 02 antenas MW de

Ø1.20 y una velocidad de 96 km/h. En esta torre utiliza acero A-500 (grado B42) para los montantes y el acero A-36 para el resto de la estructura. La investigación utilizó la norma ANSI/TIA 222-G como técnica principal análisis. Los resultados obtenidos fueron las deformaciones de la torre analizada obteniendo los valores aceptables ya que están por debajo de los máximos permitidos (torsión de 0.48° , desplazamiento de 0.05 m y las reacciones para el diseño de la cimentación). Asimismo, concluye que la estructura tiene un mejor comportamiento con la norma ANSI/TIA 222-G.

Sarmiento Ponciano (2015), en su tesis de investigación expuesta: “Modelo estructural de una torre de telecomunicaciones autoportada cuadrangular de 120m - Yurimaguas 2014” para lograr adquirir el título profesional en “Ingeniería Civil”, tiene como objetivo determinar el método y proceso de Modelo bajo la ANSI/TIA 222-G. La investigación tiene un enfoque cuantitativo de tipo descriptiva. La muestra es una Torre cuadrada autoportada tipo celosía de 120m, una carga de diseño 08 antenas MW de 3.70, 03 antenas MW de 0.6, 01 antena MW de 0.3, 09 antenas RF y 09 RRU's y una velocidad de 27.78 m/s. Para el Modelo utiliza perfiles de acero A-36 y A572. Los resultados obtenidos fueron las deformaciones de la torre analizada obteniendo los valores aceptables ya que están por debajo de los máximos permitidos (torsión de 0.06° , deflexión de 0.4° y un desplazamiento de 0.846 rad y las reacciones para el diseño de la cimentación). Concluye que la estructura diseñada cumple con los requerimientos de diseño. También menciona que si se cambiara la sección de la torre de cuadrada a triangular el peso disminuiría en 30%.

Aguirre (2017) en su tesis de investigación expuesta: “Modelo de una torre autoportada triangular de 60 metros portadora de antenas”, para lograr adquirir el título profesional en “Ingeniería Civil”, tiene como objetivo definir la metodología

para el análisis y Modelo estructural de acuerdo a códigos vigentes, Norma ANSI/TIA F. La investigación tiene un enfoque cuantitativo de tipo descriptiva. La muestra es una Torre triangular autosoportada tipo celosía de 60m y una carga de diseño de 02 antenas MW de 2.40, 02 antenas MW de 1.20, 02 antena MW de 0.6, 06 antenas RF y 06 RRU's, y una velocidad de 100 km/h. Para el Modelo utiliza perfiles de acero A-36 y A572. Los resultados obtenidos fueron las deformaciones de la torre analizada obteniendo los valores aceptables ya que están por debajo de los máximos permitidos (torsión de 0.221° , deflexión de 0.412° y un desplazamiento de 0.4316m y las reacciones en la base para el cálculo de la cimentación). Concluye que la estructura diseñada cumple con los requerimientos de Modelo.

Jean Mejia & Karol Reategui (2017), en su tesis de investigación expuesta: “Estandarización del modelo de torres autosoportadas cuadradas de altura variable de 24 a 60m a ser usadas en el terreno nacional en telecomunicaciones” para lograr adquirir el título profesional en “Ingeniería Civil”, tiene como objetivo establecer las características de la estandarización de torres autosoportadas cuadradas entre 60 y 24 metros y para una carga de diseño de 02 antenas MW de 1.20 y 02 antenas RF y una velocidad de 100 km/h. La investigación es de tipo cuasi experimental tiene un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo. La muestra es una muestra de una torre modular de 24 a 60m. Para el Modelo utiliza perfiles de acero A-36. Los resultados obtenidos fueron las deformaciones de la torre analizada obteniendo los valores aceptables ya que están por debajo de los máximos permitidos deflexión de 0.22° y un desplazamiento de 0.2296 m). Concluye que es óptima la relación entre la base y la altura de la torre, al presentar como resultados los desplazamientos y ratios menores al 100%.

1.7. Bases teóricas

1.7.1. Tipos de torres

- Torre autoportada: estructura diseñada para soportar su propio peso además del peso de las antenas. Transmiten su peso directamente a su base o cimentación. Pueden ser cuadradas o triangulares. Acebedo (2018-19) señala que se define como aquella estructura metálica autoportante, capaz de soportarse por sí misma, es decir, sin necesidad de elementos auxiliares para su sustentación. Ésta es la principal diferencia entre los tipos de torre, ya que las torres ventadas y torres arriostradas a diferencia de las autoportadas sí que necesitan la instalación de elementos externos para sostenerse. (ver Figura 1).
- Monopolo, estructura de sección troncocónica diseñada para soportar su propio peso además de las antenas. Transmiten su peso directamente a su base o cimentación, (ver Figura 2).
- Torre ventada: estructura de sección esbelta se caracteriza por tener una sección constante y además de ser modulares, requiere de cables tensores (vientos) para soportarse. Acebedo (2018-19) señala que se define Torre ventada a aquella estructura metálica que necesita de arriostamientos para poder sustentarse. Normalmente se utilizan tirantes metálicos pretensados dispuestos a diferentes alturas, ensamblados en las aristas de la torre. Pueden ser cuadradas o triangulares (ver Figura 3).
- Torre arriostrada: estructura de sección esbelta se caracteriza por tener una sección constante y además de ser modulares, requiere de arriostres para soportarse. Pueden ser cuadradas o triangulares (ver Figura 4).

- Mástil arriostrado, estructura de sección circular esbelta, se caracteriza por tener una sección constante y además de ser modulares. Requiere de arriostres para soportarse, (ver Figura 5).

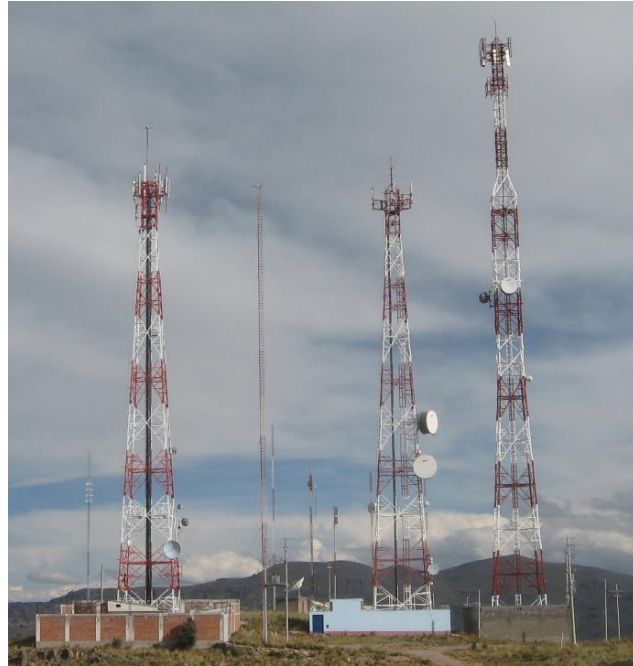
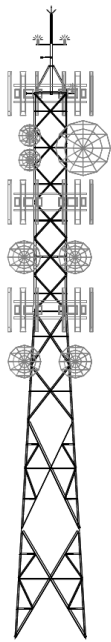


Figura 1. Torre autoportada
Fuente: Elaboración propia

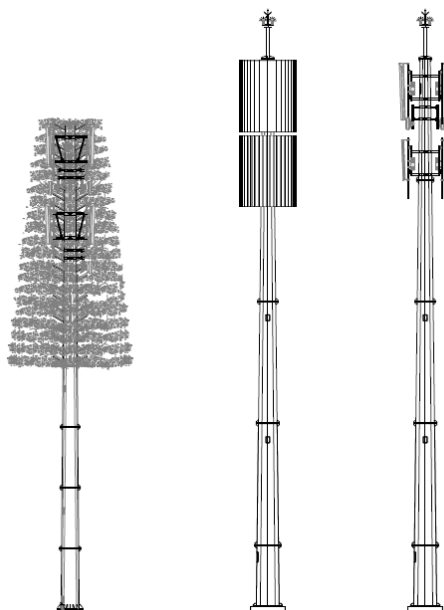


Figura 2. Monopolo
Fuente: Elaboración propia

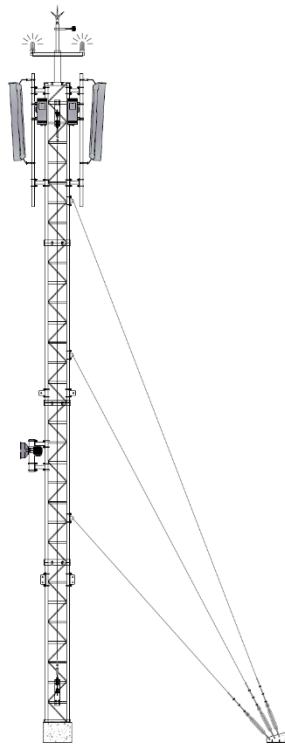


Figura 3. Torre ventada
Fuente: Elaboración propia

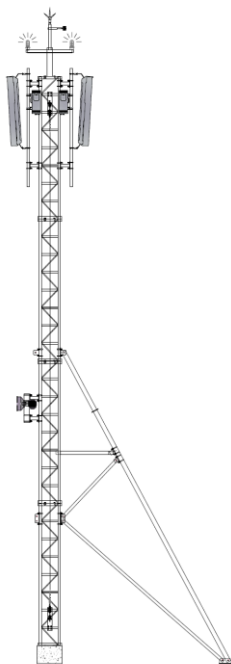


Figura 4. Torre arriostrada
Fuente: Elaboración propia

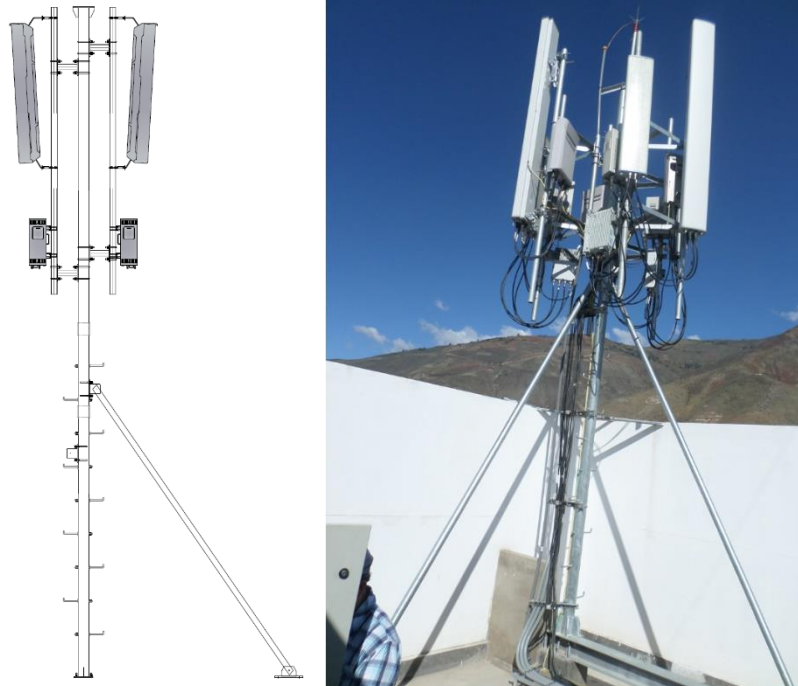


Figura 5. Mástil A.
Fuente: Elaboración propia

1.7.2. Tipos de material

Las estructuras para telecomunicaciones son exclusivamente de acero estructural, bajo la norma americana ASTM. McCormac y Csernak (2013) señala que los aceros estructurales de acuerdo al ASTM se agrupan en: los aceros al carbono A36, A53, A500, A501 y A529; los aceros de baja aleación y de alta resistencia A572, A618, A913 y A992, y los aceros de baja aleación y alta resistencia y resistentes a la corrosión A242, A588 y A847. En este informe intervienen el acero A36 y A572, por lo que describiremos más adelante sus propiedades.

- **Acero estructural**

son aquellos elementos de acero que se usan para sistemas estructurales de pórticos y reticulados que sean parte esencial para soportar las cargas de Modelo⁴.

⁴ Reglamento Nacional de Edificaciones E.090

B-254 (ASTM A36)	Acero estructural.
B-99 (ASTM A529)	Acero estructural con límite de fluencia mínimo de 290 MPa (2 950 kg/cm ²).
B-282 (ASTM A242)	Acero estructural de baja aleación y alta resistencia.
B-284 (ASTM A572)	Acero estructural de alta resistencia y baja aleación al manganeso-vanadio.
(ASTM A588)	Acero estructural de alta resistencia y baja aleación de hasta 100 mm de grueso, con límite de fluencia mínimo de 345 MPa (3 515 kg/cm ²).
(ASTM A913)	Perfiles de acero de alta resistencia y baja aleación, de calidad estructural, producidos por un proceso de tratamiento térmico especial.
(ASTM A992)	Acero estructural para perfiles H laminados para uso en edificios.
B-177 (ASTM A53, grado B)	Tubos de acero, con o sin costura.
B-199 (ASTM A500)	Tubos de acero al carbono para usos estructurales, formados en frío, con o sin costura, de sección circular o de otras formas.
B-200 (ASTM A501)	Tubos de acero al carbono para usos estructurales, formados en caliente, con o sin costura.

Figura 6: Tipos de Acero Estructural
Fuente: AHMSA, 2013

Tipo de acero	Designación de la ASTM	Esfuerzo mínimo de fluencia F_y (klb/plg ²)	Esfuerzo de tensión F_u (klb/plg ²)	Serie de perfiles aplicables													
				W	M	S	HP	C	MC	L	HSS		Tubo				
											Rect.	Redondo					
Al carbono	A36	36	58-80 ^b														
	A53 Gr. B	35	60														
	A500	Gr. B	42	58													
			46	58													
		Gr. C	46	62													
		50	62														
	A501	Gr. A	36	58													
		Gr. B	50	70													
	A529 ^c	Gr. 50	50	65-100													
		Gr. 55	55	70-100													
Baja aleación alta resistencia	A572	Gr. 42	42	60													
		Gr. 50	50	65 ^d													
		Gr. 55	55	55													
		Gr. 60 ^e	60	60													
		Gr. 65 ^e	65	65													
	A618 ^f	Gr. I & II	50 ^g	70 ^g													
		Gr. III	50	50													
	A913	50	50 ^h	60 ^h													
		60	60	75													
		65	65	80													
70		70	90														
A992	50	65 ⁱ															
Baja aleación alta resistencia resistente a la corrosión	A242	42 ^j	63 ^j														
		46 ^k	67 ^k														
		50 ^l	70 ^l														
	A588	50	70														
	A84 ^m	50	70														

■ = Especificación recomendada para el material
 □ = Otra especificación de material aplicable, cuya disponibilidad deberá confirmarse antes de la especificación
 □ = La especificación de material no aplica

Figura 7: Especificaciones aplicables de la ASTM a diversos perfiles estructurales.
Fuente: Mc Cormac Jack C. Y Csernak Stephen F., 2012

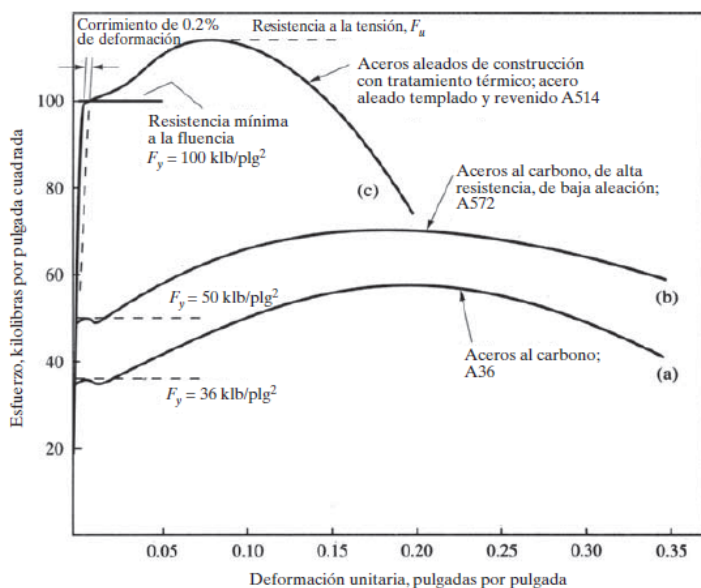


Figura 8: Relaciones Esfuerzo – Deformación del Acero Estructural
Fuente: Mc Cormac Jack C. Y Csernak Stephen F., 2012

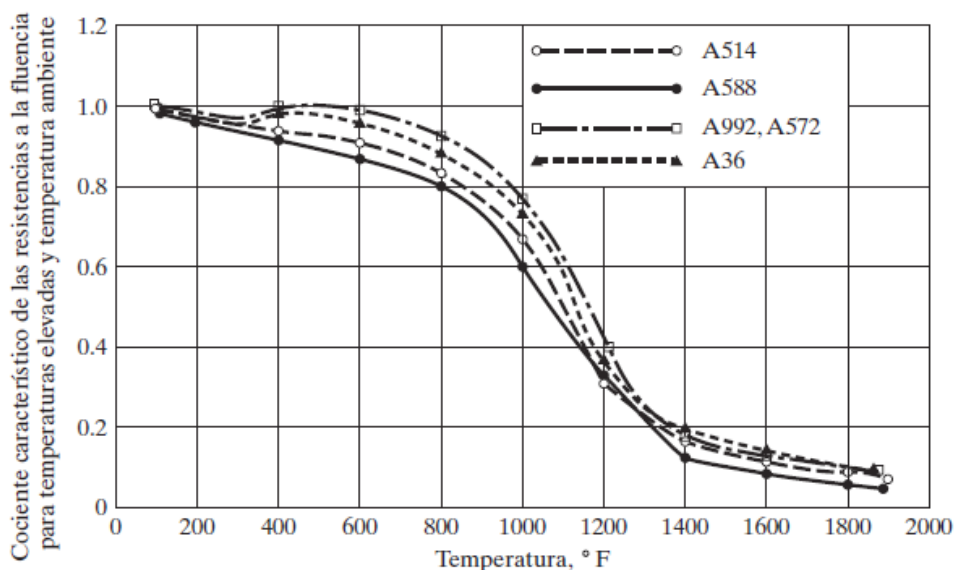


Figura 9: Efecto de la Temperatura sobre el Esfuerzo de Fluencia
Fuente: Mc Cormac Jack C. Y Csernak Stephen F., 2012

1.7.2.1. Acero A-36 ASTM

Acero al carbono, por el porcentaje de carbono que contiene. Los elementos principales que le dan resistencia a este acero son el carbono y el manganeso según señala McCormac y Csernak (2013).

Características Estructurales

- Esfuerzo a la fluencia: $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$
- Esfuerzo a la tensión: $F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a la tracción 400 MPA

Composición Química

- 0.023 % C, 1.35 % Mn, 0.04 % P máx, 0.05 % S máx, 0.40 % Si máx

1.7.2.2. Acero A-572

Acero de alta resistencia, este acero obtiene su alta resistencia y otras propiedades por la adición de uno a más elementos de aleación como el cobre, columbio, cromo, níquel y vanadio aparte del carbono y manganeso, según señala McCormac y Csernak (2013).

Características Estructurales

- Esfuerzo a la fluencia: $F_y = 3500 \text{ kg/cm}^2$
- Esfuerzo a la tensión: $F_y = 4570 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a la tracción 450 MPA

Composición Química

- 0.023 % C, 1.35 % Mn, 0.04 % P máx, 0.05 % S máx, 0.40 % Si máx.

Adición de Microaleantes (Niobio o Vanadio)

1.7.3. Normativa

- **Normativa Técnica**

Norma ANSI/TIA-222-G

Norma para el diseño estructural de estructuras que sirven para el soporte de antenas.

Norma americana que nos proporciona los criterios mínimos para el diseño de torres

y estructuras de acero para el soporte de antenas. Método de diseño LRFD (Factores de Carga y Resistencia) ⁵.

ASTM

Sociedad Americana para Ensayos y Materiales. Desarrolla y publica normas técnicas para una amplia gama de materiales, como el acero, cemento, etc.

Reglamento Nacional de Edificaciones – Estructuras Metálicas E.090

Norma peruana de estructuras metálicas para edificaciones (diseño, fabricación y montaje de). Establece los criterios del método por Esfuerzos Permisibles (ASD) y método de Factores de Carga y Resistencia (LRFD). Sus exigencias de esta norma se consideran mínimas⁶.

- **Normativa Legal para su instalación**

Reglamento de la Ley N° 29022

Ley para el Fortalecimiento de la Expansión de Infraestructura en Telecomunicaciones Decreto Supremo N° 003-2015-MTC. Esta ley brinda los lineamientos para reducir el impacto visual de las infraestructuras de telecomunicaciones con el entorno y edificaciones circundantes e integración con el paisaje urbano.

Ley 27446 SEIA

Proyectos de Inversión sujetos al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.

Aplicación de criterios y procedimientos de evaluación ambiental del Ministerio del ambiente para proyectos de infraestructura de telecomunicaciones, como calculo

⁵ Norma ANSI/TIA 222-G

⁶ Reglamento Nacional de Edificaciones E.090

teórico de radiaciones no ionizantes (RNI), áreas naturales, amortiguamiento o ecosistemas frágiles. Clasifica la infraestructura en tipo greenfield (estructura desde el nivel de terreno) y tipo rooftop (estructura sobre una edificación) en estaciones. Para alturas mayores a 30m tiene mayores requerimientos.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

2.1. Tipo

- **Tipo**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010), la investigación de un fenómeno, objeto del estudio se realiza mediante un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos.

La investigación cumple dos propósitos principales, son: Producir conocimiento y teorías será una investigación básica y resolver problemas será una investigación aplicada.

La orientación de esta investigación es aplicada porque tiene el propósito de resolver el problema planteado que es en que influye el tipo de material en la respuesta estructural y para lo cual usaremos la norma ANSI/TIA 222-G en el Modelo de una torre de telecomunicaciones de 30m. Asimismo, la investigación puede ser de tipo descriptivo, correlacional, exploratorio, o explicativo.

La investigación explicativa va más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables. Considerando lo indicado por el autor el presente informe es explicativo.

- **Diseño de investigación**

Según Kerlinger y Lee (2002) El diseño de investigación es el plan, la estructura y la estrategia de la investigación. El plan es el esquema o programa de la investigación.

La estructura es la organización de las relaciones entre las variables de la

investigación. La estrategia es el método empleado para obtener respuestas a las preguntas de una investigación (recopilación y análisis de datos).

Campbell y Stanley (1966) clasifican al diseño de la investigación en: diseño Experimental y no experimental. El diseño Experimental se dividen tres clases: pre experimentos, cuasi experimental y experimentos “puros”. El diseño no experimental se divide en dos clases: transversal y longitudinal.

Diseño cuasi experimental: se llama así porque se manipula intencionalmente, al menos una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes.

Basado en lo indicando por el autor el presente informe es cuasi experimental porque tiene un grupo de control que es el Modelo de la torre de telecomunicaciones con acero A36 y el experimental es el Modelo de la torre de telecomunicaciones con acero A572 y A36.

2.2. Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Independiente: Aplicación del tipo de material	Evaluación modelo 01: Acero A36	Tipo de Material 1. Toda la Estructura (10 paneles) 2. Características Estructurales - Esfuerzo a la fluencia: $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ - Esfuerzo a la tensión: $F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$ - Resistencia a la tracción 400 MPA 3. Composición Química - 0.023 % C, 1.35 % Mn, 0.04 % P máx, 0.05 % S máx, 0.40 % Si máx.
	Evaluación modelo 02: Acero A36 Y A572	Tipo de Material 1. Montantes (10 paneles) A572, resto con Acero A36. 2. Características Estructurales - Esfuerzo a la fluencia: $F_y = 3500 \text{ kg/cm}^2$ - Esfuerzo a la tensión: $F_y = 4570 \text{ kg/cm}^2$ - Resistencia a la tracción 450 MPA 3. Composición Química - 0.023 % C, 1.35 % Mn, 0.04 % P máx, 0.05 % S máx, 0.40 % Si máx. Adición de Microaleantes (Niobio o Vanadio)
Variable Dependiente: Respuesta estructural y económica con la Norma ANSI/TIA 222-G en la torre de telecomunicaciones de 30m.	Parámetros globales:	- Desplazamiento máximo (cm) - Angulo Torsión (grados) - Angulo Deflexión ((grados)
	Parámetros locales:	- Reacciones (en la base de la torre)
	Costo:	- Modelo 1: Peso material A36 - Modelo 2: Peso material A36-A572

Figura 10: Matriz de operacionalización de variables
Fuente: Elaboración propia

2.3. Población y muestra

• Población

Bernal (2006) señala que la población es el total de individuos o elementos que tienen determinadas características similares y sobre las cuales se obtendrá una o varias conclusiones. Basado en este concepto la población para este informe son las torres metálicas autoportadas de 30m en Sullana.

• Muestra

Bernal (2006) sostiene que la muestra es una parte de la población que se selecciona para obtener la información necesaria para el desarrollo del estudio y sobre la cual realizaremos la medición y observación de las variables que estamos estudiando.

Hernández, Fernández y Baptista (2010) sostiene que las muestras no probabilísticas conocidas también como muestras dirigidas, suponen una selección informal.

La elección de este tipo de muestras, dependerá del investigador o de las personas que recolectan los datos. Bajo esta definición la presente investigación es una muestra no probabilística.

Basado en esto mi muestra es una torre triangular autoportada de 30m, la cual consta de 10 paneles y estará apoyada en una base de concreto. En esta muestra es factible aplicar la combinación del acero A36 y A572, la cual será nuestra variable independiente que es importante en esta investigación.

En el presente estudio nuestra muestra es una torre triangular autoportada de 30m, ubicada en el Centro Poblado de Pampas Quemadas, distrito de Lancones, provincia de Sullana y departamento de Piura. Coordenadas Geográficas: Latitud: 04. 62826° Longitud: 80.33734°.

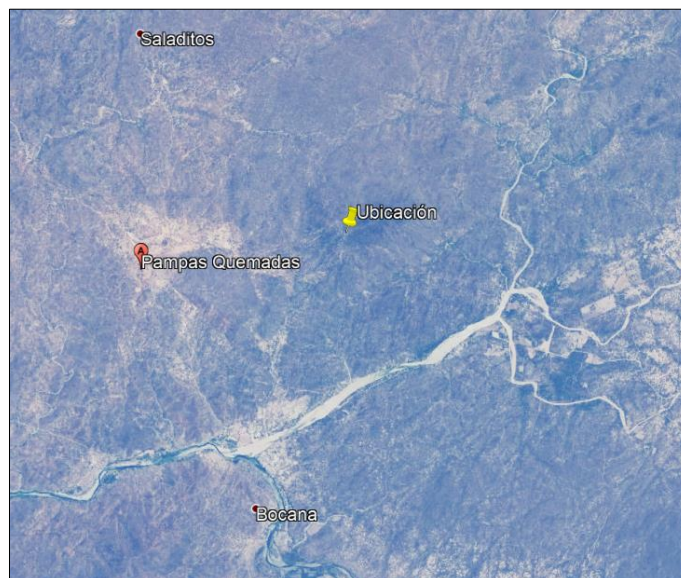


Figura 11: Ubicación de la Torre
Fuente: Google Earth Pro

El lugar y geometría escogida permiten hacer uso del tipo de material para determinar la respuesta estructural de la torre de telecomunicaciones de 30m.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

- **Técnicas de investigación**

Rodríguez Peñuelas (2008) sostiene que, por medio las técnicas de investigación se recolectara la información requerida. Es así que contamos con cuestionarios, entrevistas, encuestas y observación. Basado en esta definición la técnica que usaremos en esta investigación será la observación experimental.

- **Instrumentos de investigación**

Bernal (2006) señala que, hoy en día, para la investigación científica hay gran diversidad de instrumentos o técnicas que sirven para la recolectar información en el trabajo de campo. Los instrumentos a utilizar se definirán de acuerdo al tipo de investigación que va realizar.

Muñoz Giraldo et al. (2001) sostiene que en la investigación cuantitativa se usaran como instrumentos y técnicas de recolección de información: encuestas, entrevistas, observación sistemática, escalas de actitudes, análisis de contenido, test estandarizados y no estandarizados, grupos focales y grupos de discusión, pruebas de rendimiento, inventarios, fichas de cotejo, experimentos, técnicas proyectivas y pruebas estadísticas. De acuerdo a esta definición en este informe utilizaremos fichas técnicas para medir los indicadores.

- Ficha técnica 1: desplazamiento - deflexión (Anexo N°5),
- Ficha técnica 2: torsión (Anexo N°6),
- Ficha técnica 3: reacciones (Anexo N°7),
- Ficha técnica 4: peso de la torre (Anexo N°8).

- **Validación de instrumentos:**

Hernández, Fernández y Baptista (2010) sostiene que la validación del contenido se obtiene mediante el juicio de expertos y asegurándose que las dimensiones medidas por el instrumento sean representativas del universo o dominio de dimensiones de la(s) variable(s) de interés (a veces mediante un muestreo aleatorio simple).

El enfoque será cuantitativo por la necesidad de medir y estimar magnitudes en el proceso de la manipulación de variables para determinar de qué manera la aplicación del tipo de material influye en la respuesta estructural con la norma ANSI/TIA 222-G en la torre de telecomunicaciones de 30m. En este informe la validación de instrumentos será a través del juicio de expertos, se adjuntan las fichas validación. (Ver Anexo N°9, 10 y 11).

- **Confiable**

Hernández, Fernández y Baptista (2010) señala un instrumento de medición es confiable si produce resultados iguales, consistentes y coherentes, cuando se aplica repetidas veces al mismo individuo u objeto

Para esta investigación se ha usado el software Mstower versión trial V6.20.1.11 utilizado para el diseño de torres de acero. (Ver Anexo N°20)

- **Análisis de datos**

Los análisis se realizan tomando en cuenta los niveles de medición de las variables y mediante la estadística, que puede ser descriptiva o inferencial. Vargas (1995) señala que la estadística descriptiva, se usa como un método para describir numéricamente conjuntos numerosos (tablas, cuadros, graficas, etc). Se utiliza cuando la investigación tiene una causa - efecto y la variable dependiente es cualitativa. La Estadística inferencial, solo utiliza datos que le proporciona la muestra seleccionada

y, sin embargo, las conclusiones que obtiene deben ser válidas para toda la población. Está basado en el modelo matemático del cálculo de las probabilidades. La estadística inferencial utiliza Pearson y student para la investigación correccional y cuando la variable es cuantitativa. Bajo esta definición en esta investigación la medición es con estadística descriptiva.

2.5. Procedimiento

El modelo 1 y modelo 2 de la torre propuesta se analizará con la norma ANSI/TIA 222-G. Asimismo, para el cálculo estructural de la torre se considera principalmente las fuerzas producidas por la acción del viento, que para estas estructuras es la condición más desfavorable. Las ecuaciones usadas para determinar la presión del viento en la estructura, escalerillas y en las antenas son las de las normas ANSI/TIA 222-G.

Los elementos de la torre se diseñarán por el método de Diseño LRFD, como se indica en el Código Americano de Telecomunicaciones ANSI/TIA 222 –G.

2.5.1. Cargas

2.5.1.1. Carga permanente (D)

Están las cargas provenientes de la estructura (peso propio) y las cargas del sistema resistente como son los perfiles, platinas de unión, pernos, etc. y las provenientes de los accesorios.

A continuación, se indica las antenas consideradas, para el modelo estructural de la torre.

Tabla 1
Antenas requeridas por el operador

Operador	Antena RF	RRU	Altura	Antena MW
1	06 (0.24mx0.30mx0.21m) (38 kg)	06 (0.48mx0.56mx0.19m) (40 kg)	30	Ø 1.20 (47 kg) Ø 3.00 (144 kg) Ø 1.20 (47 kg)
2	06 (0.24mx0.30mx0.21m) (38 kg)	06 (0.48mx0.56mx0.19m) (40 kg)	24	Ø 1.80 (61 kg) Ø 1.80 (61 kg)
3	06 (0.24mx0.30mx0.21m) (38 kg)	06 (0.48mx0.56mx0.19m) (40 kg)	18	Ø 1.80 (61 kg) Ø 1.80 (61 kg)

Fuente: Elaboración propia

2.5.1.2. Carga de Viento (W)

Estas cargas serán aplicadas estáticamente a la estructura metálica. Velocidad Básica de Viento: A solicitud del operador se ha considerado una velocidad básica de diseño de 75mph (120.7kph), (verificación de resistencia de los elementos estructurales) y 60mph (96.56kph) para condiciones de operación (verificación de desplazamientos). Se verificará con el Mapa eólico del Perú (Ver Anexo N°4) Norma E.020, que la velocidad de viento del lugar donde se instalará la estructura cumpla con lo solicitado por el operador. Los efectos dinámicos del viento serán determinados con consideraciones de los siguientes parámetros.

Clasificación de Estructuras:

Por su altura, uso y ubicación se clasifican de la siguiente manera:

Descripción de la estructura	Clase
Estructuras que, debido a su altura, uso o ubicación, en caso de falla representan un riesgo bajo en términos de seguridad de las personas y/o daños a la propiedad, y/o estructuras utilizadas para servicios opcionales y/o en las cuales una demora en el restablecimiento de los servicios sería aceptable.	I
Estructuras que, debido a su altura, uso o ubicación, en caso de falla representan un riesgo considerable en términos de seguridad de las personas y/o daños a la propiedad, y/o estructuras que se utilizan para servicios que se pueden prestar por otros medios.	II
Estructuras que, debido a su altura, uso o ubicación, en caso de falla representan un riesgo elevado en términos de seguridad de las personas y/o daños a la propiedad, y/o estructuras que se utilizan principalmente para comunicaciones esenciales.	III

Figura 12: Clasificación de las Estructuras
Fuente: Tabla 2-1, Norma ANSI/TIA 222-G

Tabla 2-2
Factor de probabilidad de la dirección del viento

Tipo de estructura	Factor de probabilidad de la dirección del viento, K_d
Estructuras de celosía con secciones transversales triangulares, cuadradas o rectangulares incluyendo los accesorios	0.85
Estructuras tubulares tipo monoposte; estructuras de celosía con secciones transversales que no sean triangulares, cuadradas ni rectangulares; diseño por resistencia de los accesorios	0.95

Figura 13: Factor de probabilidad de la dirección del viento
Fuente: Tabla 2-2, Norma ANSI/TIA 222-G

Tabla 2-3
Factores de importancia

Clase de la estructura	Carga de viento sin hielo	Carga de viento con hielo	Espesor de hielo	Sismo
I	0.87	N/A	N/A	N/A
II	1.00	1.00	1.00	1.00
III	1.15	1.00	1.25	1.50

Nota: Las cargas de hielo y las cargas sísmicas no se aplican a las estructuras de la Clase I

Figura 14: Factores de importancia
Fuente: Tabla 2-3, Norma ANSI/TIA 222-G

Para el presente caso, la estructura será considerada como clase II.

Categoría de Exposición:

Esta categoría determina las características de la superficie del terreno. Se tendrá en cuenta la variación de la rugosidad de la superficie del terreno que surge de la topografía y la vegetación, así como de las características de las edificaciones (urbanas y rurales).

1. **Exposición B:** Áreas urbanas y suburbanas, áreas boscosas u otros terrenos con numerosos obstáculos de tamaño mayor o igual al de una vivienda unifamiliar poco separados entre sí. El uso de esta exposición se deberá limitar a aquellas áreas en las cuales la estructura esté rodeada en todas direcciones por terreno representativo de la Exposición B en una distancia de al menos 2600 ft [800 m] o veinte veces la altura de la estructura, cualquiera sea el valor que resulte mayor.
2. **Exposición C:** Terreno abierto con obstáculos dispersos de altura generalmente inferior a 30 ft [9.1 m]. Esta categoría incluye el campo abierto, los prados y las franjas costeras en las regiones de huracanes.
3. **Exposición D:** Franjas costeras planas y sin obstáculos expuestas a vientos provenientes de aguas abiertas (excluyendo las franjas costeras en las regiones de huracanes) en una distancia de al menos 1 milla [1.61 km]. Las franjas costeras de Exposición D incluyen los cursos de agua interiores, los lagos y las áreas costeras fuera de las regiones de huracanes. La exposición D se extiende tierra adentro en una distancia de 660 ft [200 m] o veinte veces la altura de la estructura, cualquiera sea el valor que resulte mayor. Las marismas, las salinas y otros terrenos similares se deberán considerar como Exposición D.

Figura 15: Categoría de exposición
Fuente: Norma ANSI/TIA 222-G

Tabla 2-4
Coeficientes según la categoría de exposición

Categoría de exposición	Z _g	α	K _{zmin}	K _e
B	1200 ft [366 m]	7.0	0.70	0.90
C	900 ft [274 m]	9.5	0.85	1.00
D	700 ft [213 m]	11.5	1.03	1.10

Figura 16: Coeficientes según la categoría de exposición
Fuente: Tabla 2-4, Norma ANSI/TIA 222-G

Para el presente caso, la estructura será considerada dentro de la categoría C.

Categoría Topográfica:

Se le asigna una categoría topográfica al terreno donde se implementará la estructura.

- Categoría 1:** No hay cambios bruscos en la topografía general, por ejemplo terrenos llanos u ondulantes. No es necesario considerar el efecto acelerador del viento.
- Categoría 2:** Estructuras ubicadas en la cresta de una escarpa o cerca de la misma. Se deberá considerar que se produce un efecto acelerador del viento en todas las direcciones. Las estructuras ubicadas verticalmente en la mitad inferior de una escarpa u horizontalmente a una distancia mayor que 8 veces la altura de la escarpa a partir de su cresta podrán ser consideradas como pertenecientes a la categoría topográfica 1.
- Categoría 3:** Estructuras ubicadas en la mitad superior de una colina. Se deberá considerar que se produce un efecto acelerador del viento en todas las direcciones. Las estructuras ubicadas verticalmente en la mitad inferior de una colina podrán ser consideradas como pertenecientes a la categoría topográfica 1.
- Categoría 4:** Estructuras ubicadas en la mitad superior de una cuchilla. Se deberá considerar que se produce un efecto acelerador del viento en todas las direcciones. Las estructuras ubicadas verticalmente en la mitad inferior de una cuchilla podrán ser consideradas como pertenecientes a la categoría topográfica 1.
- Categoría 5:** Los criterios para el efecto acelerador del viento se deberán basar en investigaciones específicas para el sitio de emplazamiento.

Figura 17: Categoría topográfica
Fuente: Norma ANSI/TIA 222-G

Tabla 2-5
Coeficientes de categoría topográfica

Categoría topográfica	K _t	f
2	0.43	1.25
3	0.53	2.00
4	0.72	1.50

Figura 18: Coeficiente Categoría topográfica
Fuente: Tabla 2-5, Norma ANSI/TIA 222-G

Para el presente caso, la estructura será considerada dentro de la categoría 3

- **Cargas de viento de diseño:**

La carga de viento de diseño será la suma de las fuerzas de viento de diseño horizontales aplicadas a la estructura en la dirección del viento de diseño de los accesorios.

Ecuación 1. Carga de viento de diseño

$$F_w = F_{ST} + F_A$$

donde:

F_{ST} = fuerza de viento de diseño sobre la estructura. (N)

F_A = fuerza de viento de diseño sobre los accesorios. (N)

- **Fuerza de viento de diseño de sobre la estructura**

La fuerza de viento de diseño, aplicada a cada sección de una estructura se deberá determinar de la siguiente manera:

Ecuación 2. Fuerza de viento de diseño sobre la estructura

$$F_{ST} = q_z G_H (EPA)_s$$

F_{ST} = fuerza de viento de diseño horizontal sobre la estructura en la dirección del viento (N)

q_z = presión dinámica (N/m²)

G_H = factor de ráfaga 0.85 para estructuras autosoportadas menores a 137m

$(EPA)_s$ = área proyectada efectiva de la estructura (m²)

- **Presión dinámica**

La presión dinámica, q_z , evaluada a la altura de z se deberá calcular de acuerdo a la siguiente ecuación:

Ecuación 3. Presion dinamica

$$q_z = 0.613 K_z K_{zt} K_d V^2 I \text{ (N/m}^2\text{)}$$

donde:

K_z = coeficiente de presión dinámica

K_{zt} = factor topográfico

K_d = factor de probabilidad de la dirección del viento de acuerdo con la Tabla 2-2

V = velocidad básica del viento para la condición de carga investigada, mph (m/s)

I = factor de importancia de acuerdo con la Tabla 2-3

- **Coeficiente de presión dinámica**

En base a la categoría de exposición determinada, se deberá calcular un coeficiente de presión dinámica (K_z) de la siguiente manera:

donde:

Ecuación 4. Coeficiente de presión dinámica

$$K_z = 2.01(Z/Z_g)^{2/\alpha}$$

$$K_{zim} \leq K_z \leq 2.01$$

z = altura sobre el nivel del terreno en la base de la estructura

Z_g , α y K_{zmin} valores indicados en la Tabla 2-4

- **Factor topográfico**

Ecuación 5. Factor Topográfico

$$K_{zT} = \left[1 + \frac{K_e + K_t}{K_h} \right]$$

$$K_h = e^{\left(\frac{f \cdot z}{H}\right)}$$

donde:

K_h = factor de reducción dependiente de la altura.

e = base de los logaritmos naturales = 2.718

K_e = constante del terreno indicada en la Tabla 2-4

K_t = constante del terreno indicada en la Tabla 2-5

f = factor de atenuación dependiente de la altura indicado en la Tabla 2-5

z = altura sobre el nivel del terreno en la base de la estructura

H = altura de la cresta sobre el terreno circundante

$K_{zt} = 1.0$ para la categoría topográfica 1. Para la categoría topográfica 5, K_{zt} se deberá

basar en bibliografía reconocida o en resultados experimentales.

- **Área proyectada efectiva de las estructuras de celosía**

Ecuación 6. Área proyectada

$$(EPA)_S = C_f [D_f \sum A_f + D_r \sum (A_r R_r)]$$

$$C_f = 3.4\varepsilon^2 + 4.7\varepsilon + 0.34 \text{ (secciones transversales triangulares)}$$

$$\varepsilon = \text{relación de solidez} = (A_f + A_r) / A_g$$

A_f = área proyectada de los componentes estructurales planos en una cara de la sección

A_r = área proyectada de los componentes estructurales circulares en una cara de la sección

A_g = área bruta de una cara como si dicha cara fuese sólida

D_f = factor de dirección del viento para componentes estructurales planos determinada de acuerdo con la Tabla 2-6

D_r = factor de dirección del viento para componentes estructurales circulares determinada de acuerdo con la Tabla 2-6

(EPA) = Área proyectada efectiva.

Tabla 2-6
Factores de dirección del viento

Sección transversal de la torre	Cuadrada		Triangular		
	Normal	45°	Normal	60°	±90°
D_r	1.0	$1 + 0.75\epsilon$ (1.2 máx.)	1.0	0.80	0.85
D_r	1.0	$1 + 0.75\epsilon$ (1.2 máx.)	1.0	1.0	1.0

Las direcciones del viento se miden respecto de una línea normal a la cara de la estructura.

Figura 19: Coeficiente Categoría topográfica
Fuente: Tabla 2-5, Norma ANSI/TIA 222-G

- **Fuerza de viento de diseño sobre los accesorios**

Ecuación 7. Fuerza de viento de diseño sobre los accesorios

$$F_A = q_z G_h (EPA)_A$$

donde:

q_z = presión dinámica a la altura del eje del accesorio, N/m²

G_h = factor de ráfaga

$(EPA)_A$ = EPA del accesorio incluyendo el hielo para las combinaciones de carga que incluyen hielo. (m²).

Ecuación 8. Área proyectada Efectiva del accesorio

$$(EPA)_A = K_a [(EPA)_N \cos^2(\theta) + (EPA)_T \sin^2(\theta)]$$

K_a = De forma conservadora, se puede usar 1.0 para cualquier accesorio. El valor es constante para todas las direcciones del viento.

θ = ángulo relativo entre el acimut asociado con la cara normal del accesorio y la dirección del viento.

$(EPA)_N$ = EPA asociada con la cara a barlovento normal al azimut del accesorio

$(EPA)_T$ = EPA asociada con la cara a barlovento del accesorio

2.5.2. Combinaciones de cargas

Las combinaciones de cargas aplicadas para el diseño son:

1ra Combinación: $1.2D + 1.0Dg + 1.6Wo$ (0°, 60°, 90°, 120°, 180°, 240°, 300°)

2da Combinación: $0.9D + 1.0Dg + 1.6Wo$ (0°, 60°, 90°, 120°, 180°, 240°, 300°)

Donde:

D = carga permanente, peso propio de la estructura y de los accesorios

D_g : Carga muerta provenientes de los cables de arrojamiento (riendas).

W_o = carga del viento sin considerar el hielo;

2.5.3. Geometría

La torre es una estructura metálica de celosía, la cual presenta una sección triangular, con dos tramos. El primero de sección troncocónica con 18m de altura y luego un tramo recto de 12m de altura con lo que se alcanzan los 30m de altura.

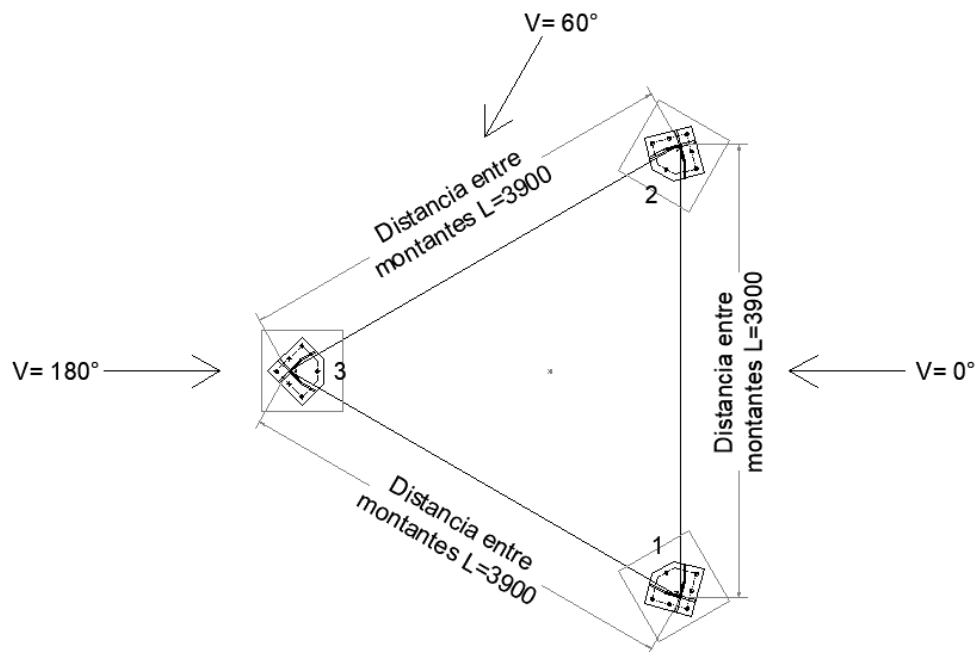


Figura 20. Sección de base de torre
Fuente: Elaboración propia

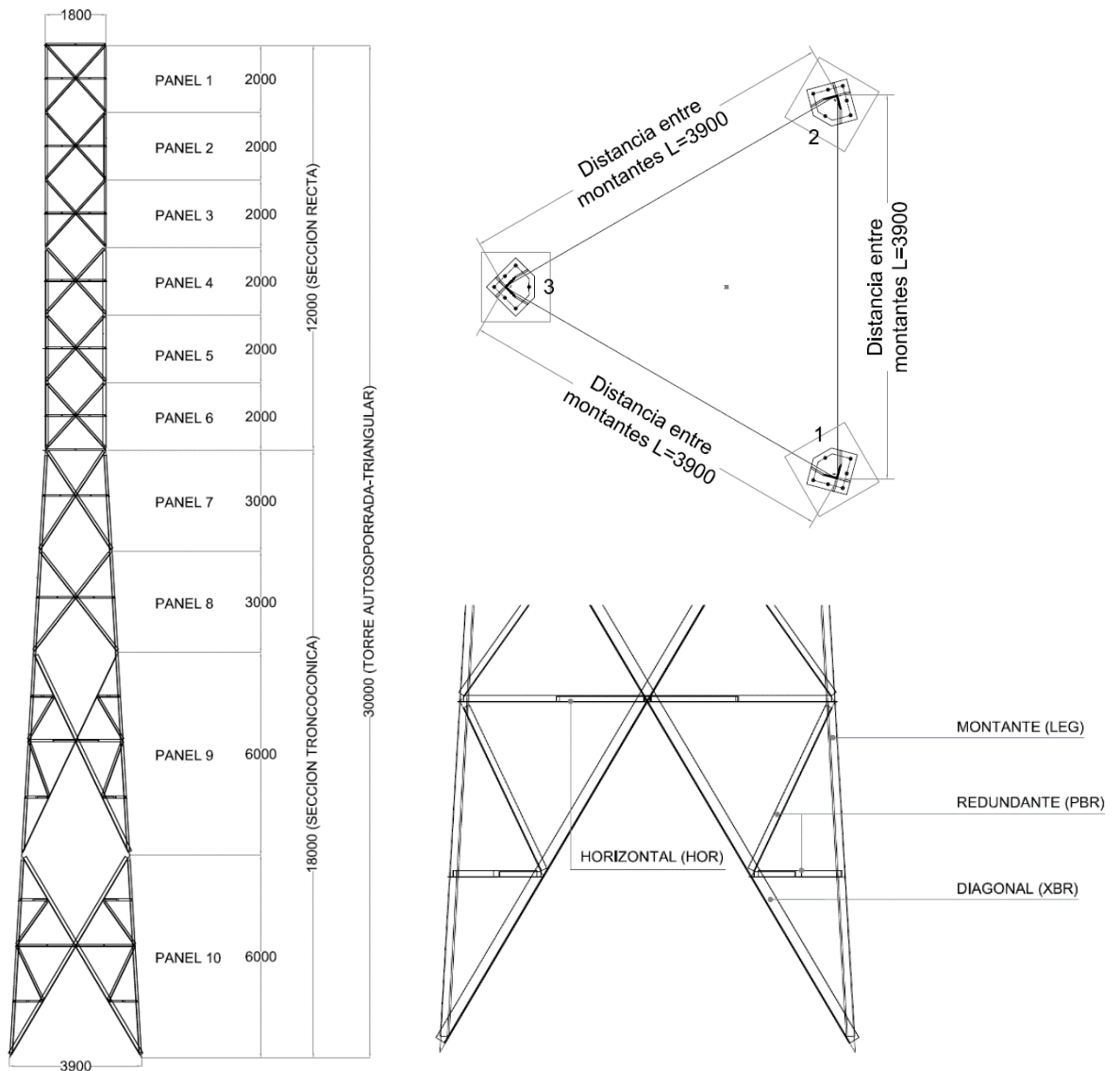


Figura 21. Geometría de torre
Fuente: Elaboración propia

Se considera que la torre se encuentra empotrada a una cimentación de concreto armado mediante pernos de anclaje.

2.5.4. Requisitos de Servicialidad

Cargas de servicio: se utilizan para calcular las deformaciones en estado límite de servicio producto de las combinaciones de carga.

Desplazamiento: Desplazamiento horizontal bajo cargas de servicio de un punto respecto de su posición inicial.

Torsión: Rotación angular bajo cargas de servicio del recorrido del haz en el plano horizontal respecto de su posición correspondiente.

- **Deformaciones en estado límite**

La estructura bajo las cargas de servicio no presentará deformaciones que superen los siguientes límites:

1. Torsión: 4 grados respecto del eje vertical en cualquier eje horizontal de la estructura.
2. Desplazamiento: 3% de la altura de la estructura. La deflexión (d) se obtiene midiendo en grados el desplazamiento.

$$d = \text{Arctg}(\text{desplazamiento (m)}/\text{altura de la torre (m)})$$

2.5.5. Resistencia de Diseño del Acero Estructural

Se refiere al diseño por resistencia de los perfiles angulares, barras y elementos tubulares de acero estructural que se utilizan en las torres de celosía. Se basan en la norma AISC-LRFD-99.

2.5.5.1. Diseño de miembros a compresión

Para los perfiles angulares de 60° y 90°, la tensión de fluencia efectiva para compresión axial, F_y , se deberá determinar de la siguiente manera:

$$\text{Para } \frac{w}{t} \leq 0.47 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

Ecuación 9. Tensión de fluencia para compresión axial 1

$$F_y = F_y$$

$$\text{Para } 0.47 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{w}{t} \leq 0.85 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

Ecuación 10. Tensión de fluencia para compresión axial 2

$$F'_y = \left[1.677 - 0.677 \left(\frac{w/t}{0.47\sqrt{E/F_y}} \right) \right] F_y$$

Para $0.85\sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{w}{t} \leq 25$

Ecuación 11. Tensión de fluencia para compresión axial 3

$$F'_y = [0.0332\pi^2 E / (w/t)^2]$$

W = ancho del perfil angular, mm

t = espesor del perfil angular, mm

E = módulo de elasticidad del acero, Mpa

F_y = fluencia del acero, Mpa

F'_y = fluencia efectiva para la compresión axial, Mpa

La relación entre el ancho y el espesor (w/t) de los perfiles angulares no deberá ser mayor que 25.

- **Resistencia axial de diseño**

La resistencia axial de diseño de los elementos comprimidos se deberá tomar como

$\phi_c P_n$:

$$\phi_c = 0.90$$

$$P_n = A_g F_{cr}$$

a. Para $\lambda_c^2 \leq 1.5$ $F_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2}) F'_y$

b. Para $\lambda_c > 1.5$ $F_{cr} = \left[\frac{0.877}{\lambda_c^2} \right] F'_y$

Donde:

$$\lambda_c = \frac{KL}{r\pi} \sqrt{\frac{F'_y}{E}} = \text{área bruta del elemento, in.}^2 \text{ [mm}^2\text{]}$$

ϕ_c = Factor de resistencia para compresión

P_n = Resistencia axial nominal, N

$\phi_c P_n$ = Resistencia axial de diseño a compresión, N

λ_c = Parámetro de esbeltez

F_{cr} = Resistencia a la compresión crítica, N

A_g = Area bruta del elemento, mm²

F'_y = tensión de fluencia efectiva, ksi [MPa]

E = módulo de elasticidad, ksi [MPa]

K = factor de longitud efectiva

L = longitud de un elemento sin arriostramiento lateral, in. [mm]

r = radio de giro determinante respecto del eje de pandeo, in. [mm]

2.5.5.2. Diseño de miembros a Tracción

La resistencia a la tracción axial de diseño, $\phi_t P_n$, de un elemento se deberá tomar como el menor valor entre la fluencia en la sección bruta, la rotura en la sección neta efectiva, o la rotura en bloque por corte.

Ecuación 12. Para la fluencia por tracción en la sección bruta

$$\phi_t = 0.90 \text{ para todos los elementos} \quad P_n = F_y A_g$$

Ecuación 13. Para rotura por tracción en la sección neta efectiva:

$$\phi_t = 0.75 \quad P_n = F_u A_{en}$$

Para rotura en bloque por corte

$$\phi_t = 0.75 \text{ para los demás elementos}$$

Cuando: $F_u A_{nt} \geq 0.6 F_u A_{nv}$

Ecuación 14. Para rotura en bloque por corte 1

$$P_n = 0.6 F_y A_{gy} + F_u A_{nt} \leq 0.6 F_u A_{nv} + F_u A_{nt}$$

Cuando: $0.6 F_u A_{nv} > F_u A_{nt}$

Ecuación 15. Para rotura en bloque por corte 2

$$P_n = 0.6 F_u A_{nv} + F_y A_{gt} \leq 0.6 F_u A_{nv} + F_u A_{nt}$$

donde:

ϕ_t = Factor de resistencia para tracción

P_n = Resistencia axial nominal, N

$\phi_t P_n$ = Resistencia a la tracción axial de diseño, N

A_g = área bruta

A_{en} = área neta efectiva

A_{gv} = área bruta sujeta a corte

A_{gt} = área bruta sujeta a tracción

A_{nv} = área neta sujeta a corte

A_{nt} = área neta sujeta a tracción

2.5.6. Consideraciones de diseño

Para el análisis de la torre, se ha construido un modelo estructural tridimensional, de barra rectas articuladas en sus nudos, produciéndose solo fuerzas axiales en los elementos.

Las cargas de viento han sido aplicadas estáticamente en las juntas de los elementos verticales. Se ha considerado que estas fuerzas actúan horizontalmente.

Las deformaciones en la torre no deberán superar los siguientes límites, a solicitud del operador:

Tabla 2
Deformaciones máximas según operador

Deformaciones	Valor
Angulo de deflexión máximo	0.50°
Torsión	0.30°

Fuente: Elaboración propia

2.5.6.1. Modelo 1

En este informe se considera modelo 1 a la estructura de la torre triangular con acero A36 en toda la estructura.

2.5.6.2. Modelo 2

En este informe se considera modelo 2 a la estructura de la torre triangular con acero A572 en las montantes y el acero A36 en todos los otros elementos de la estructura.

2.5.7. Procedimiento con el MStower

Para el análisis del modelo 1 y modelo 2 se usó el software MStower, el cual se usa para el diseño de torres de telecomunicaciones.

2.5.8. Modelo 1: Análisis y modelo de la estructura con acero A36

2.5.8.1. Cargar librerías del programa

Librería de Secciones (perfiles angulares)

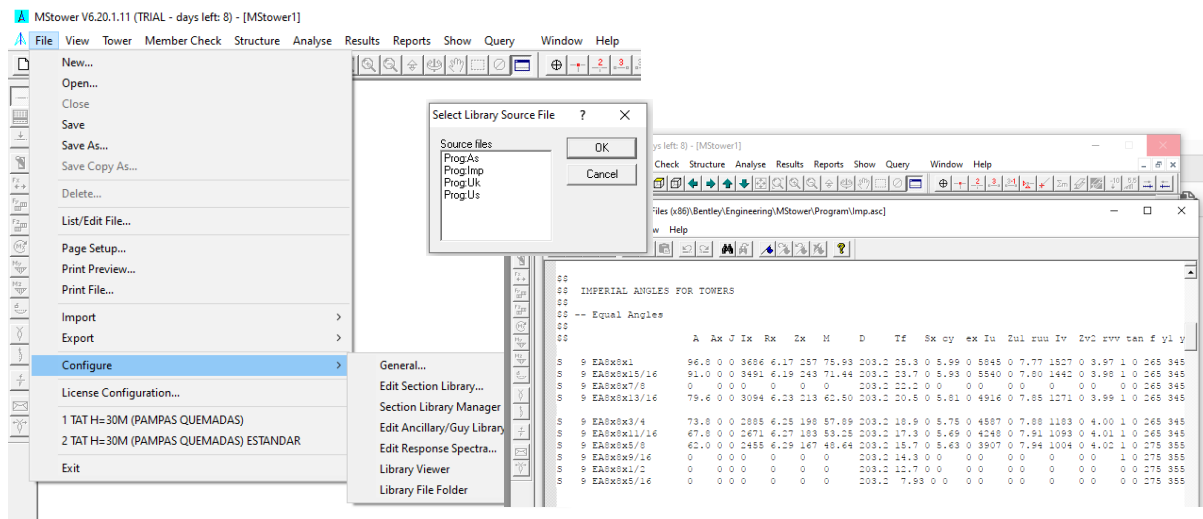


Figura 22. Configuración de secciones
Fuente: Elaboración propia

En este ítem se carga la librería de secciones angulares en pulgadas ya que la estructura utiliza perfiles con esta unidad. El software ya viene con esta librería.

Librería de Antenas y Cables

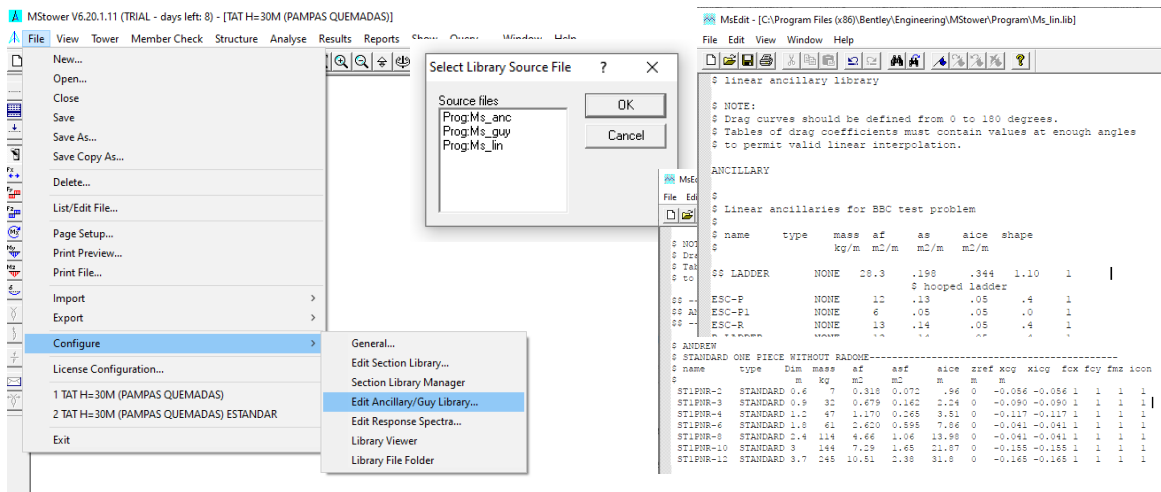


Figura 23. Selección de librerías de Antenas y Cables
Fuente: Elaboración propia

En este ítem se carga la librería de antenas el cual contiene toda la información de sobre sus dimensiones y peso de la misma. La librería de cables contiene los cables de radio frecuencia y escaleras. El software ya viene con esta librería.

2.5.8.2. Geometría de Torre autoportada

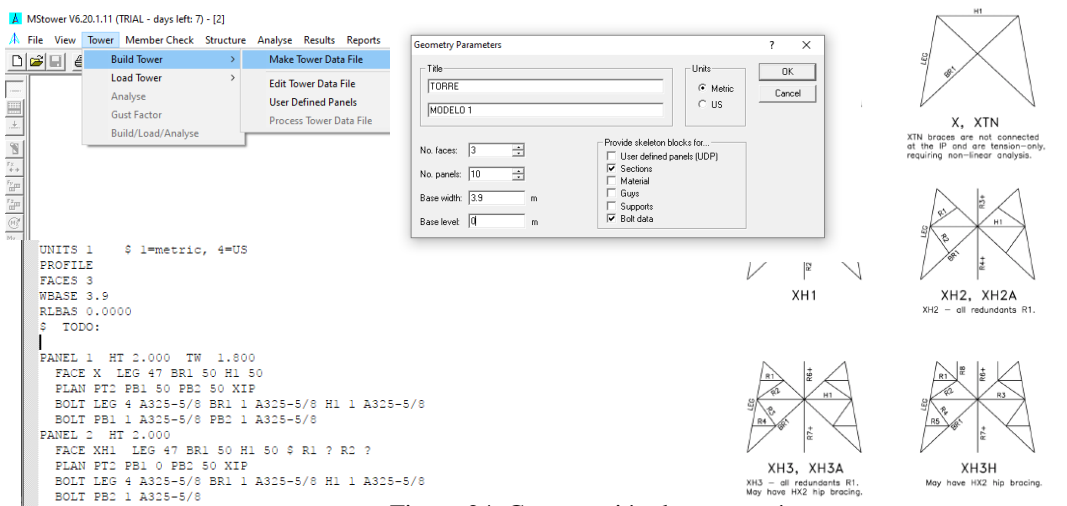


Figura 24. Construcción de geometría
Fuente: Elaboración propia

En este ítem se desarrolla la geometría de la torre, se indica las caras (faces) que tendrá la torre, en este caso tendrá 3 porque es triangular. La geometría se desarrolla de la parte superior (1 panel) hasta la base (panel 10), se asigna el modelo del panel

de acuerdo al modelo propuesto, en este caso consideramos los paneles X, XHI, XH3. En este ítem también se indica la sección de los ángulos por medio de códigos que intervienen en cada panel, que son las montantes (leg), diagonales (xbr), horizontales (hor), redundantes (red) y techos (pbr). (Ver Anexo N° 12)

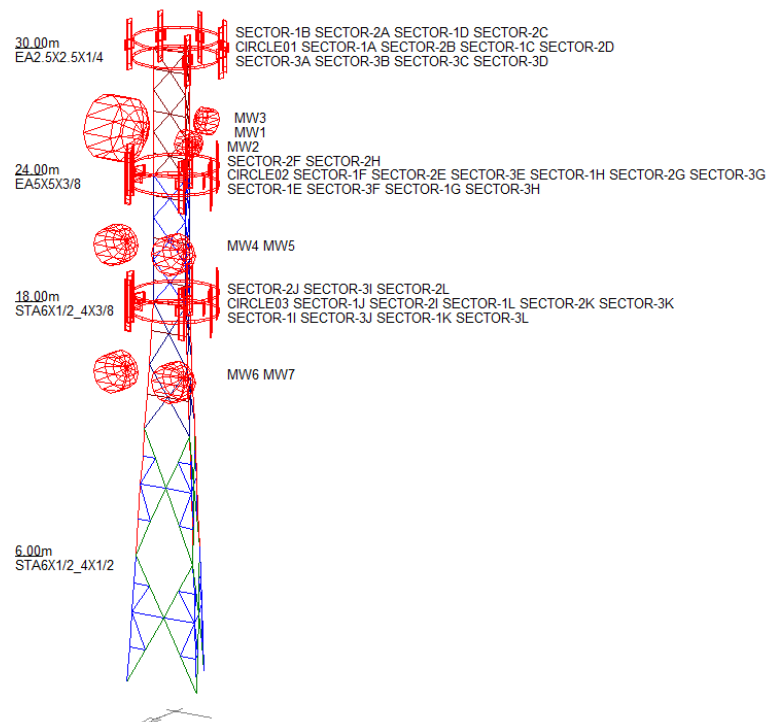


Figura 25. Geometría de Torre triangular autosoportada modelo 1
Fuente: Elaboración propia

Geometría construida de la torre y antenas consideradas en el modelo 1.

2.5.8.3. Configuración de parámetros

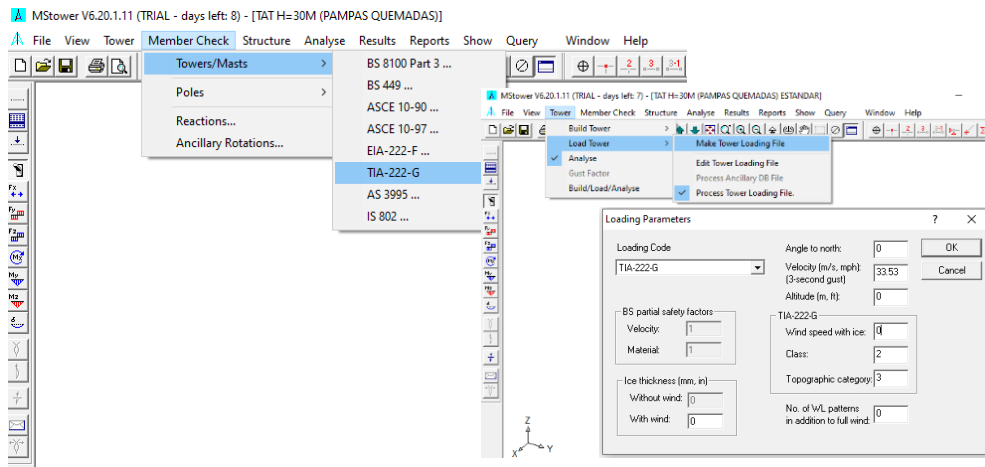


Figura 26. Configuración de parámetros
Fuente: Elaboración propia

En este ítem indica los parámetros de la carga del viento ya explicados e indicados anteriormente, las cuales son: clasificación de la estructura, categoría de la exposición, categoría topográfica y la velocidad de viento en m/s

2.5.8.4. Combinaciones de cargas

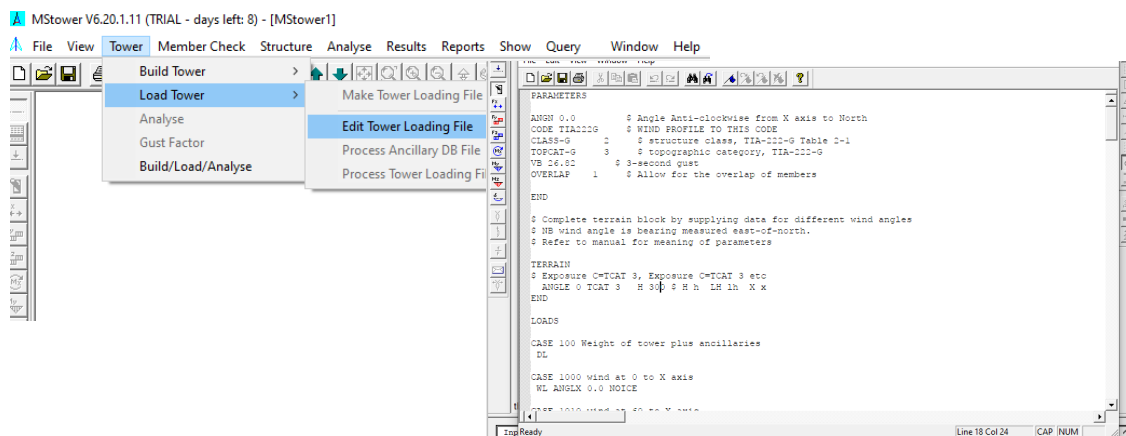
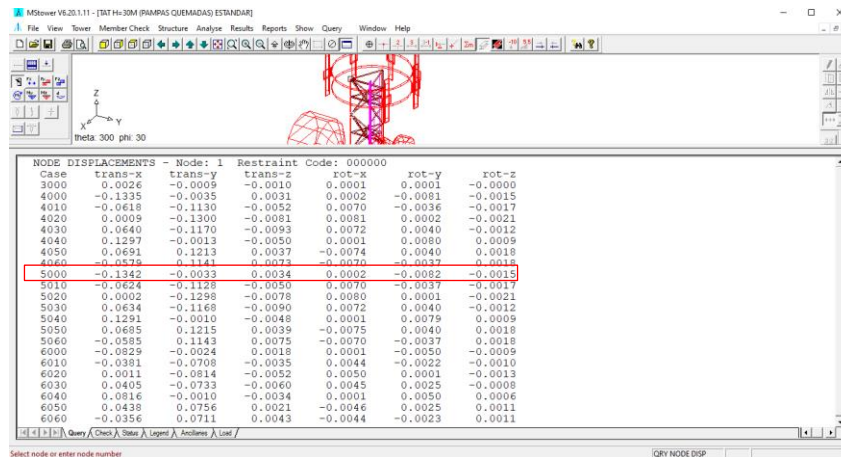


Figura 27. Combinaciones de carga
Fuente: Elaboración propia

Se ingresa combinaciones de carga (cases) a considerar para el análisis de la torre. Tenemos 08 combinaciones básicas que son: la combinación de carga permanente, la combinación de carga de la velocidad de viento en la dirección de 0°, 60°, 90°,

120°, 180°, 240° y 300°. Y 22 combinaciones con las combinaciones básicas y factoradas con los valores indicados en el ítem 2.4.2. (Ver Anexo N°14)

2.5.8.5. Análisis de resultados desplazamientos y torsión



Case	trans-x	trans-y	trans-z	rot-x	rot-y	rot-z
3000	0.0026	-0.0009	-0.0010	0.0001	0.0001	-0.0000
4000	-0.1335	-0.0035	0.0031	0.0002	-0.0001	-0.0015
4010	-0.0618	-0.1130	-0.0052	0.0070	-0.0036	-0.0017
4020	0.0009	-0.1300	-0.0081	0.0081	0.0002	-0.0021
4030	0.0640	-0.1170	-0.0093	0.0072	0.0040	-0.0012
4040	0.1297	-0.0013	-0.0050	0.0001	0.0080	0.0009
4050	0.0691	0.1213	0.0037	-0.0074	0.0040	0.0018
4060	-0.0579	0.1141	-0.0073	-0.0070	-0.0037	-0.0016
5000	-0.1342	-0.0033	0.0034	0.0002	-0.0082	-0.0013
5010	-0.0624	-0.1128	-0.0050	0.0070	-0.0037	-0.0017
5020	0.0002	-0.1298	-0.0078	0.0080	0.0001	-0.0021
5030	0.0634	-0.1168	-0.0090	0.0072	0.0040	-0.0012
5040	0.1291	-0.0010	-0.0048	0.0001	0.0079	0.0009
5050	0.0685	0.1215	0.0039	-0.0075	0.0040	0.0018
5060	-0.0595	0.1143	-0.0075	-0.0070	-0.0037	0.0018
6000	-0.0829	-0.0024	0.0018	0.0001	-0.0050	-0.0009
6010	-0.0381	-0.0708	-0.0035	0.0044	-0.0022	-0.0010
6020	0.0011	-0.0814	-0.0052	0.0050	0.0001	-0.0013
6030	0.0405	-0.0733	-0.0060	0.0045	0.0025	-0.0008
6040	0.0816	-0.0010	-0.0034	0.0001	0.0050	0.0006
6050	0.0438	0.0756	0.0021	-0.0046	0.0025	0.0011
6060	-0.0356	0.0711	0.0043	-0.0044	-0.0023	0.0011

Figura 28. Resultado de desplazamiento y torsión en el panel 1

Fuente: Elaboración propia

El resultado de desplazamientos y torsión en el panel 1, nos indica estos valores en cada nodo del panel, donde obtendremos el máximo valor de desplazamiento de la torre. Si observamos estos resultados identificamos que el máximo valor de desplazamiento está en la case 5000 (0.90D+1.6W₀). El cual está en el vértice 905 (1) de la torre y es de trans x = 0.1342m, con este valor se obtiene la deflexión aplicando la siguiente conversión.

$$d = \text{Arctg} (\text{desplazamiento (m)} / \text{altura de la torre (m)})$$

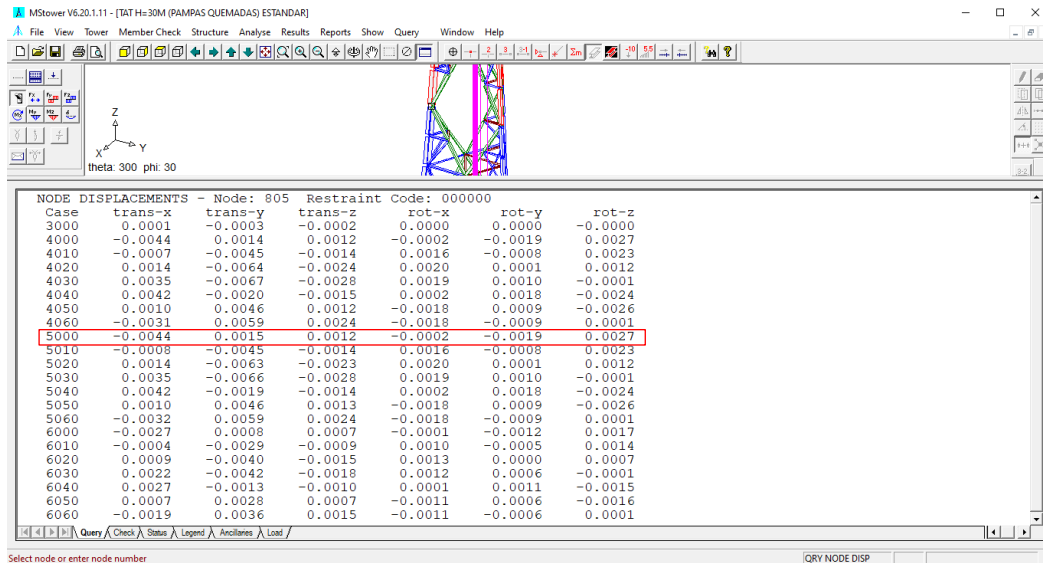


Figura 29. Resultado de desplazamiento y torsión en el panel 10
Fuente: Elaboración propia

El resultado de desplazamientos y torsión en el panel 10, nos indica estos valores en cada nodo del panel, donde obtendremos el máximo valor de torsión de la torre si observamos estos resultados identificamos que el máximo valor de torsión está en el case 5000 (0.90D+1.6W₀). El cual está en el vértice 905 (1) de la torre y tiene el valor de rot-z = 0.0027 rad, para convertirlo a grados sexagesimales lo multiplicamos por 180/π.

2.5.8.6. Análisis de resultados de las reacciones

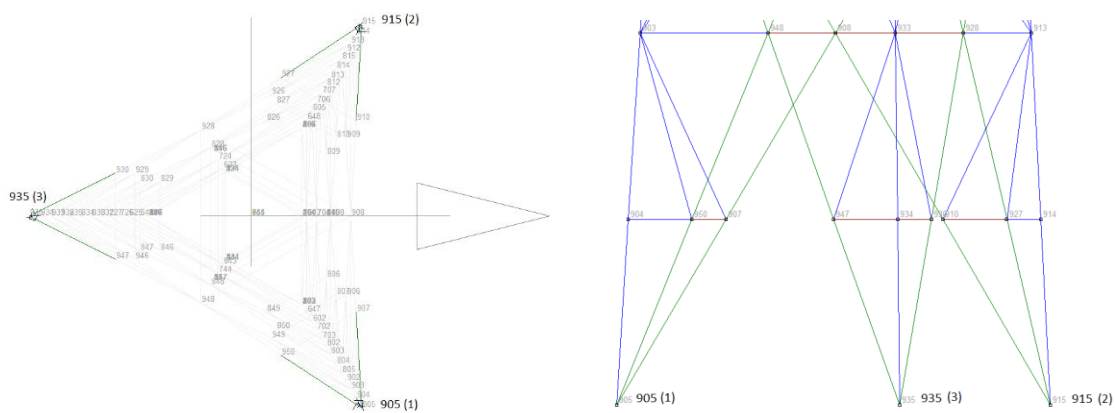


Figura 30. Reacciones en la base de la torre
Fuente: Elaboración propia

CASE 100: WEIGHT OF TOWER PLUS ANCILLARIES						
Node	Force-X	Force-Y	Force-Z	Moment-X	Moment-Y	Moment-Z
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
905	-1.330	2.513	39.905	0.573	0.367	-0.003
915	-1.298	-2.495	37.758	-0.522	0.345	0.004
935	2.628	-0.019	27.869	0.006	-0.374	-0.001
SUM:	0.000	0.000	105.532	(all nodes)		

CASE 5000: MIN DL + WIND AT 0 TO X AXIS						
Node	Force-X	Force-Y	Force-Z	Moment-X	Moment-Y	Moment-Z
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
905	46.060	-49.980	-562.624	-6.579	3.478	-0.753
915	44.342	53.556	-590.196	6.379	2.373	0.674
935	142.320	-1.571	1247.799	0.490	-9.806	-0.037
SUM:	232.721	2.005	94.979	(all nodes)		
(Reactions act on structure in positive global axis directions.)						

Figura 31. Resultados de las reacciones de las combinaciones de carga 100 y 5000
Fuente: Elaboración propia

Del resultado de las reacciones obtenidas de las combinaciones de cargas se tiene la reacción del propio de la torre y sus accesorios (case 100). Asimismo, se ha identificado que la combinación 5000 (Case 5000) se obtiene el mayor de las reacciones del resto de combinaciones. (Ver Anexo N°14)

2.5.8.7. Análisis de resultados del peso

Mass Summary					
Sect	Size	fy	L (m)	M (kg)	
10	STA6X1/2_4X1/2	Y 248	18.04	869.82	
11	STA6X1/2_4X3/8	Y 248	36.08	1573.17	
22	EA5X5X3/8	Y 248	18.00	329.09	
30	EA4X4X1/4	Y 248	81.72	802.91	
40	EA3X3X1/4	Y 248	44.34	323.37	
46	EA2.5X2.5X3/16	Y 248	127.18	580.99	
47	EA2.5X2.5X1/4	Y 248	18.00	108.48	
50	EA2X2X3/16	Y 248	146.02	528.76	

				5116.59	

Figura 32. Resultado del peso de la torre modelo 1
Fuente: Elaboración propia

El resultado del peso de la torre nos indica el peso total de cada sección angular de la torre considerada en el modelo 1 para su fabricación y finalmente nos da el peso total de la torre triangular autosoportada de 30m. la cual es de 5116.59 kg.

2.5.9. Modelo 2: Análisis y modelo de la estructura con acero A36 y A572

2.5.9.1. Cargar librerías del programa

Librería de Secciones (perfiles angulares)

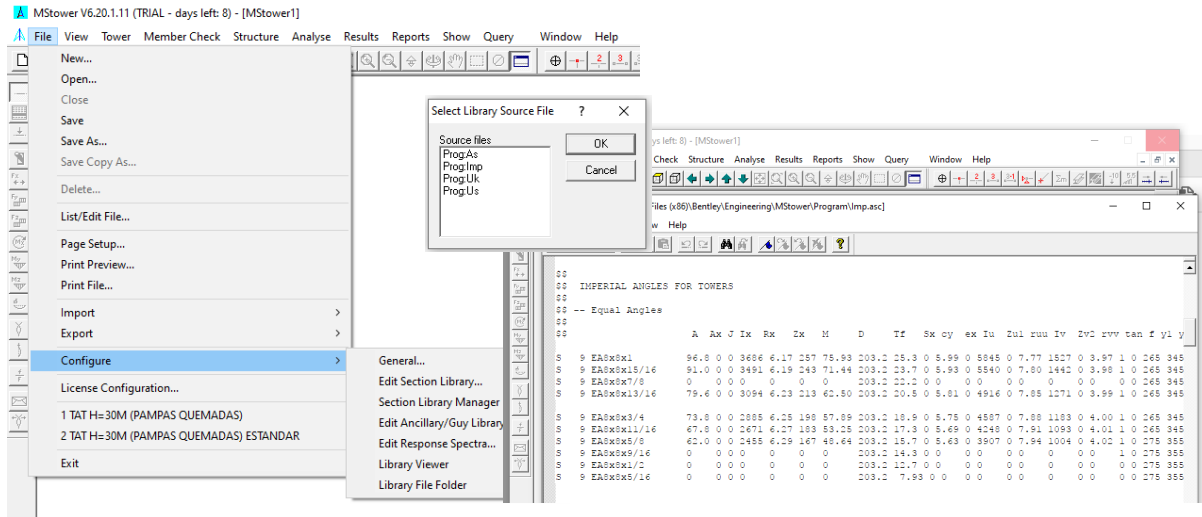


Figura 33. Configuración de secciones

Fuente: Elaboración propia

En este ítem se carga la librería de secciones angulares en pulgadas ya que la estructura utiliza perfiles con esta unidad. El software ya viene con esta librería.

Librería de Antenas y Cables

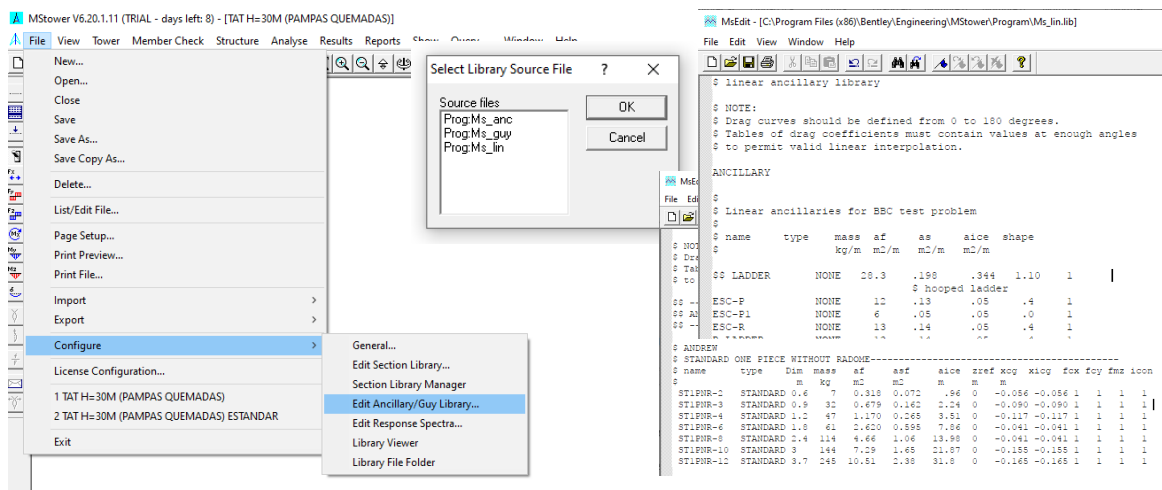


Figura 34. Selección de librerías de Antenas y Cables

Fuente: Elaboración propia

En este ítem se carga la librería de antenas el cual contiene toda la información de sobre sus dimensiones y peso de la misma. La librería de cables contiene los cables de radio frecuencia y escalerillas. El software ya viene con esta librería.

2.5.9.2. Geometría de Torre autoportada

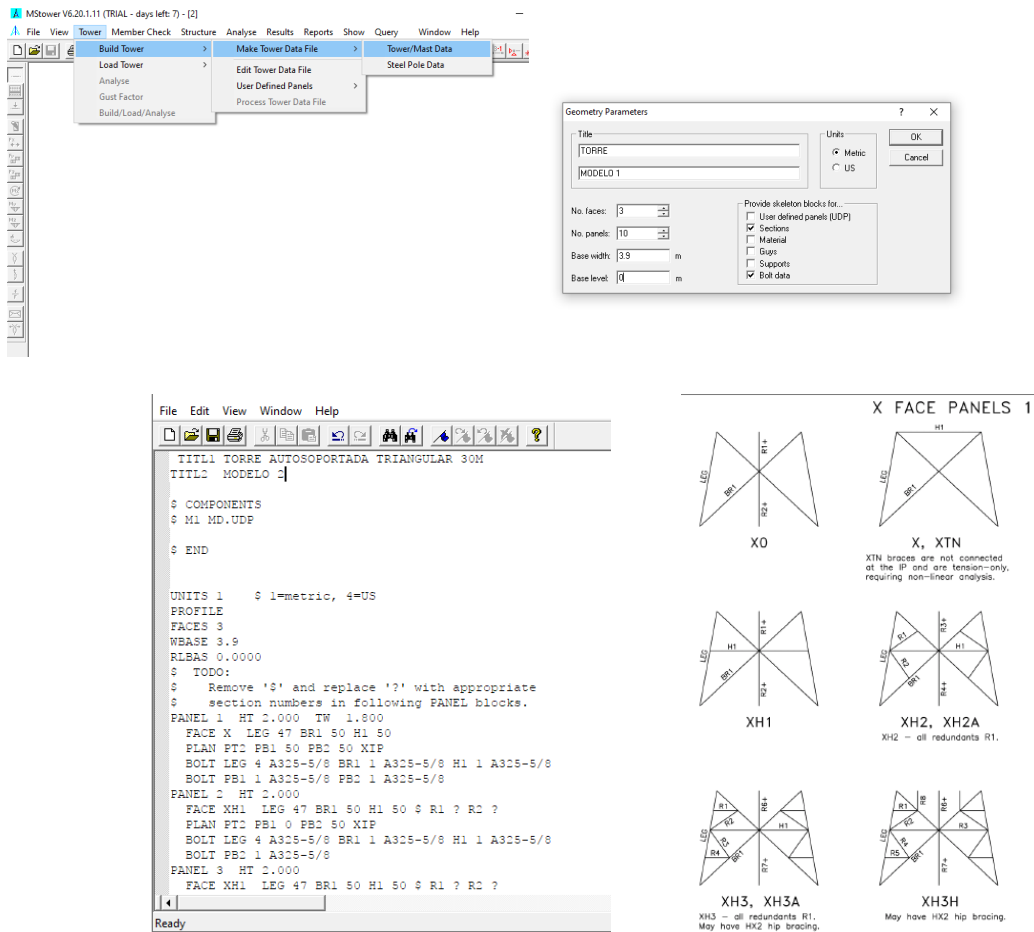


Figura 35. Construcción de geometría
Fuente: Elaboración propia

En este ítem se desarrolla la geometría de la torre, se indica las caras (faces) que tendrá la torre, en este caso tendrá 3 porque es triangular. La geometría se desarrolla de la parte superior (1 panel) hasta la base (panel 10), se asigna el modelo del panel de acuerdo al modelo propuesto, en este caso consideramos los paneles X, XH1, XH3. En este ítem también se indica la sección de los ángulos por medio de códigos que

intervienen en cada panel, que son las montantes (leg), diagonales (xbr), horizontales (hor), redundantes (red) y techos (pbr). (Ver Anexo N°13)

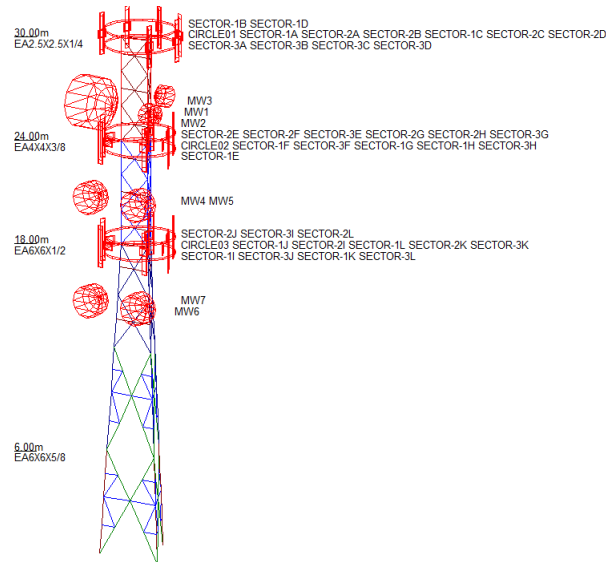


Figura 36. Geometría de Torre triangular autosoportada modelo 2
Fuente: Elaboración propia

Geometría construida de la torre y antenas consideradas en el modelo 2.

2.5.9.3. Configuración de parámetros

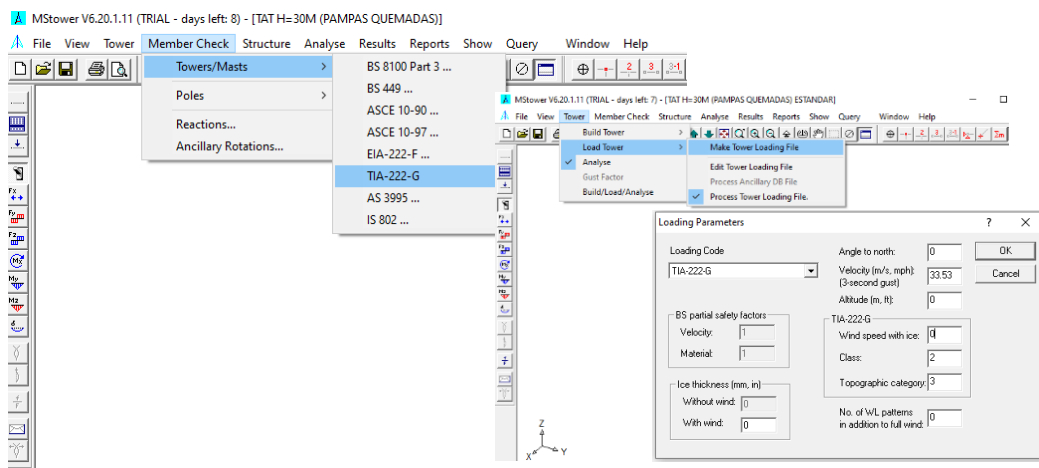


Figura 37. Configuración de parámetros
Fuente: Elaboración propia

En este ítem indica los parámetros de la carga del viento ya explicados e indicados anteriormente, las cuales son: clasificación de la estructura, categoría de la exposición, categoría topográfica y la velocidad de viento en m/s

2.5.9.4. Combinaciones de cargas

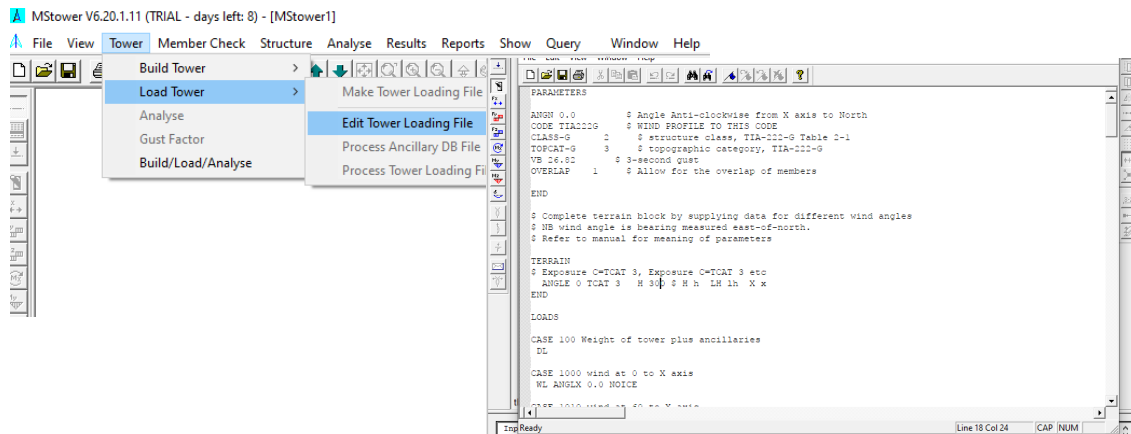


Figura 38. Combinaciones de carga
Fuente: Elaboración propia

Se ingresan combinaciones de carga (cases) a considerar para el análisis de la torre. Tenemos 08 combinaciones básicas que son: la combinación de carga permanente, la combinación de carga de la velocidad de viento en la dirección de 0°, 60°, 90°, 120°, 180°, 240° y 300°. Y 22 combinaciones con las combinaciones básicas y factoradas con los valores indicados en el ítem 2.4.2. (Ver Anexo N°15)

2.5.9.5. Análisis de resultados desplazamientos y torsión

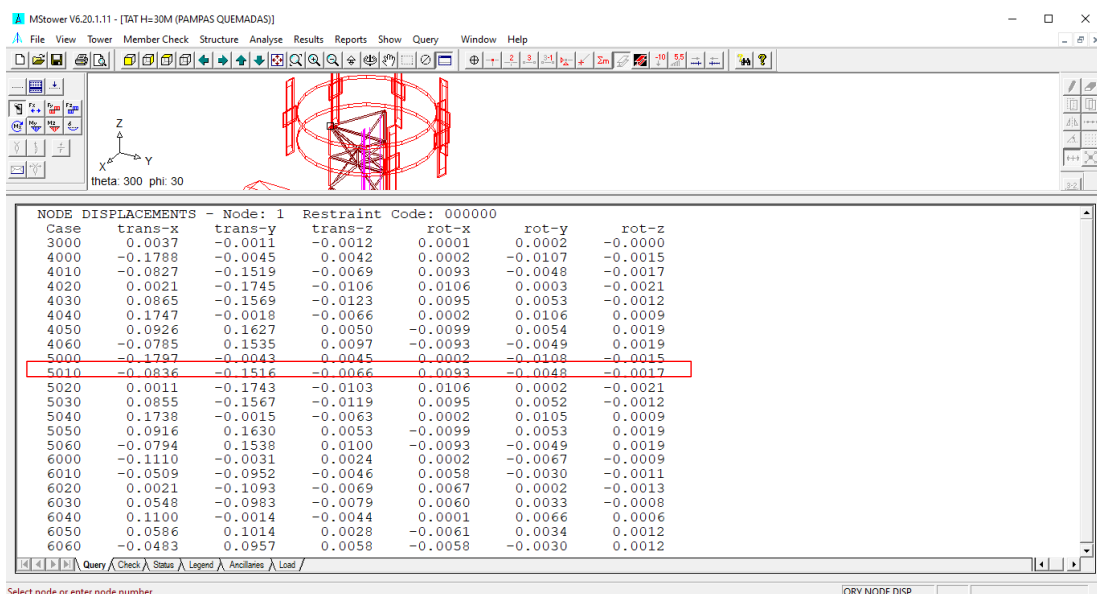


Figura 39. Resultado de desplazamiento y torsión en el panel 1
Fuente: Elaboración propia

El resultado de desplazamientos y torsión en el panel 1, nos indica estos valores en cada nodo del panel, si observamos estos resultados identificamos que el máximo valor de desplazamiento en la case 5000 (0.90D+1.6W_O). El cual está en el vértice 905 (1) de la torre y es de trans x = 0.1797m, con este valor se obtiene la deflexión aplicando la siguiente conversión.

$$- d = \text{Arctg} (\text{desplazamiento (m)}/\text{altura de la torre (m)})$$

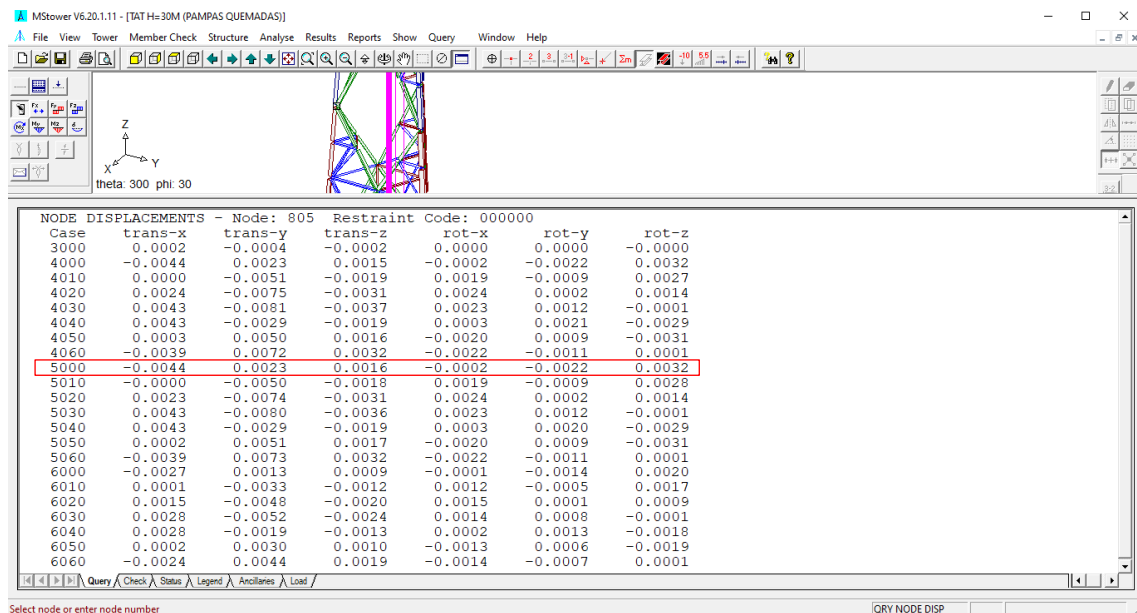


Figura 40. Resultado de desplazamiento y torsión en el panel 10
Fuente: Elaboración propia

El resultado de desplazamientos y torsión en el panel 10, nos indica estos valores en cada nodo del panel, si observamos estos resultados identificamos que el máximo valor de torsión en la torre está en el case 5000 (0.90D+1.6W_O). El cual está en el vértice 905 (1) de la torre y tiene el valor de rot-z = 0.0032 rad, para convertirlo a grados sexagesimales lo multiplicamos por 180/π.

2.5.9.6. Análisis de resultados de las reacciones

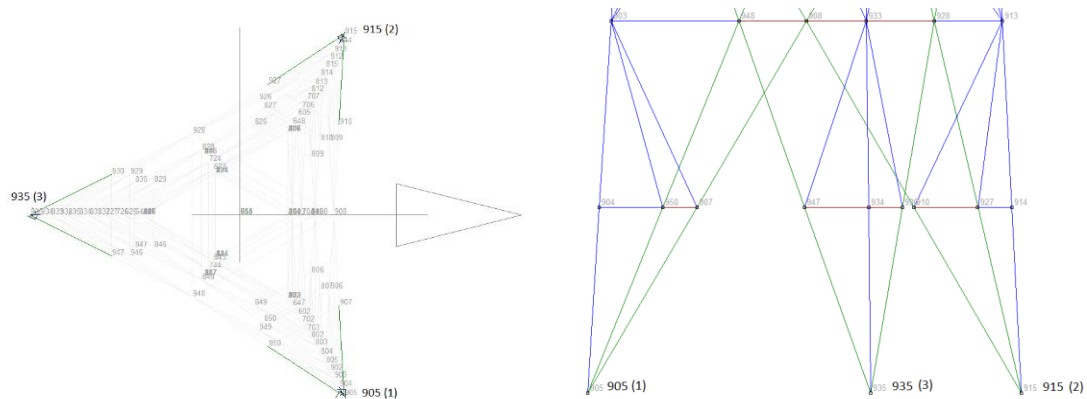


Figura 41. Reacciones en la base de la torre
Fuente: Elaboración propia

CASE 100: WEIGHT OF TOWER PLUS ANCILLARIES						
Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-1.160	2.186	37.241	0.498	0.312	-0.002
915	-1.138	-2.174	35.100	-0.456	0.292	0.003
935	2.298	-0.013	25.235	0.004	-0.327	0.000
SUM:	0.000	0.000	97.576	(all nodes)		

CASE 5000: MIN DL + WIND AT 0 TO X AXIS						
Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	43.178	-45.679	-540.389	-6.205	1.060	-0.524
915	41.407	49.215	-567.961	6.157	0.242	0.468
935	130.975	-1.531	1196.168	0.337	-11.363	-0.027
SUM:	215.560	2.005	87.818	(all nodes)		

Figura 42. Resultados de las reacciones de las combinaciones de carga 100 y 5000
Fuente: Elaboración propia

Del resultado de las reacciones obtenidas de las combinaciones de cargas se tiene la reacción del propio de la torre y sus accesorios (case 100). Asimismo, se ha identificado que la combinación 5000 (Case 5000) se obtiene el mayor de las reacciones del resto de combinaciones. (Ver Anexo N°15)

2.5.9.7. Análisis de resultados del peso

Mass Summary				
Sect	Size	fy	L (m)	M (kg)
13	EA6X6X1/2	Y 345	36.08	1050.73
14	EA6X6X5/8	Y 345	18.04	649.62
28	EA4X4X3/8	Y 345	18.00	260.72
30	EA4X4X1/4	Y 248	81.72	802.91
40	EA3X3X1/4	Y 248	44.34	323.37
46	EA2.5X2.5X3/16	Y 248	127.18	580.99
47	EA2.5X2.5X1/4	Y 345	18.00	108.48
50	EA2X2X3/16	Y 248	146.02	528.76

				4305.58

Figura 43. Resultado del peso de la torre modelo 2
Fuente: Elaboración propia

El resultado del peso de la torre nos indica el peso total de cada sección angular de la torre considerada en el modelo 2, para su fabricación y finalmente nos da el peso total de la torre triangular autosoportada de 30m. la cual es de 4305.58 kg.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

3.1. Respuesta estructural con la norma ANSI/TIA 222-G

3.1.1. Parámetros globales

Tabla 3.

Cuadro comparativo de deformación por Desplazamiento lateral en cada panel

Panel	Altura de Torre (m)	Modelo 1 (m)	Modelo 2 (m)	Operador (m)	Norma (m)	Diferencia M2 – M1
1	30.00	0.134	0.180	0.262	0.900	33.90%
2	28.00	0.118	0.158	0.244	0.840	34.18%
3	26.00	0.102	0.137	0.227	0.780	35.04%
4	24.00	0.087	0.117	0.209	0.720	34.41%
5	22.00	0.073	0.098	0.192	0.660	33.93%
6	20.00	0.059	0.080	0.175	0.600	33.84%
7	18.00	0.049	0.064	0.157	0.540	32.30%
8	15.00	0.035	0.044	0.131	0.450	28.70%
9	12.00	0.023	0.028	0.105	0.360	24.12%
10	6.00	0.007	0.008	0.052	0.180	20.90%

Fuente: Elaboración propia

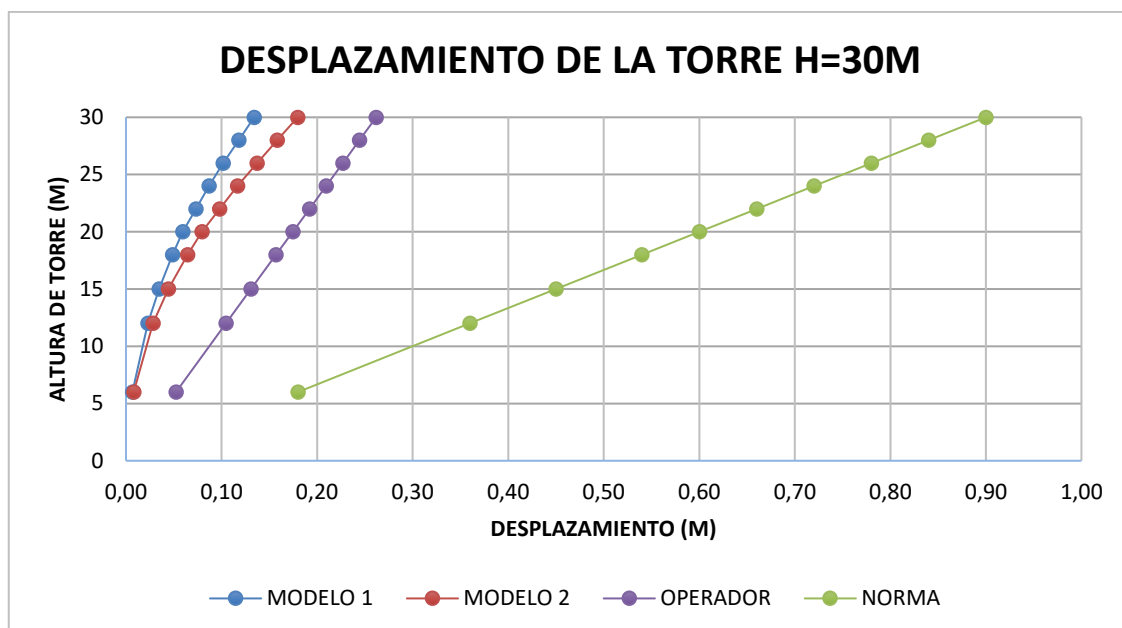


Gráfico 3. Desplazamiento en cada panel de la torre Modelo 1 y Modelo 2

Para el parámetro del Desplazamiento en cada panel del Modelo 1 y Modelo 2 se aprecia que los desplazamientos son mayores en el tope de la torre (panel 1) y se van reduciendo a medida que se acerca a la base de la torre (panel 10). Asimismo, se aprecia que hay un incremento promedio del 33.90% en el valor máximo del desplazamiento lateral en el Modelo 2 con respecto al Modelo 1. Teniendo como resultado que los valores de desplazamiento del modelo 1 y modelo 2 se encuentran por debajo de los valores máximos permitidos por el operador y la norma ANSI/TIA 222-G

Según el grafico 2 de la tabla 03, se puede determinar que finalmente la hipótesis se rechaza, porque la Aplicación del tipo de material (modelo 2) en relación al desplazamiento influye negativamente dado que en este modelo 2 se incrementa el desplazamiento, como se observa en el panel 1.

Tabla 4.

Cuadro comparativo de deformación por Torsión en cada panel

Panel	Altura de Torre (m)	Modelo 1 (°)	Modelo 2 (°)	Operador (°)	Norma (°)	Diferencia M2 – M1
1	30.00	0.120	0.120	0.300	4.000	0.00%
2	28.00	0.126	0.126	0.300	4.000	0.00%
3	26.00	0.143	0.143	0.300	4.000	0.00%
4	24.00	0.126	0.126	0.300	4.000	0.00%
5	22.00	0.126	0.126	0.300	4.000	0.00%
6	20.00	0.103	0.097	0.300	4.000	-5.56%
7	18.00	0.097	0.097	0.300	4.000	0.00%
8	15.00	0.063	0.057	0.300	4.000	-9.09%
9	12.00	0.034	0.040	0.300	4.000	16.67%
10	6.00	0.155	0.183	0.300	4.000	18.52%

Fuente: Elaboración propia

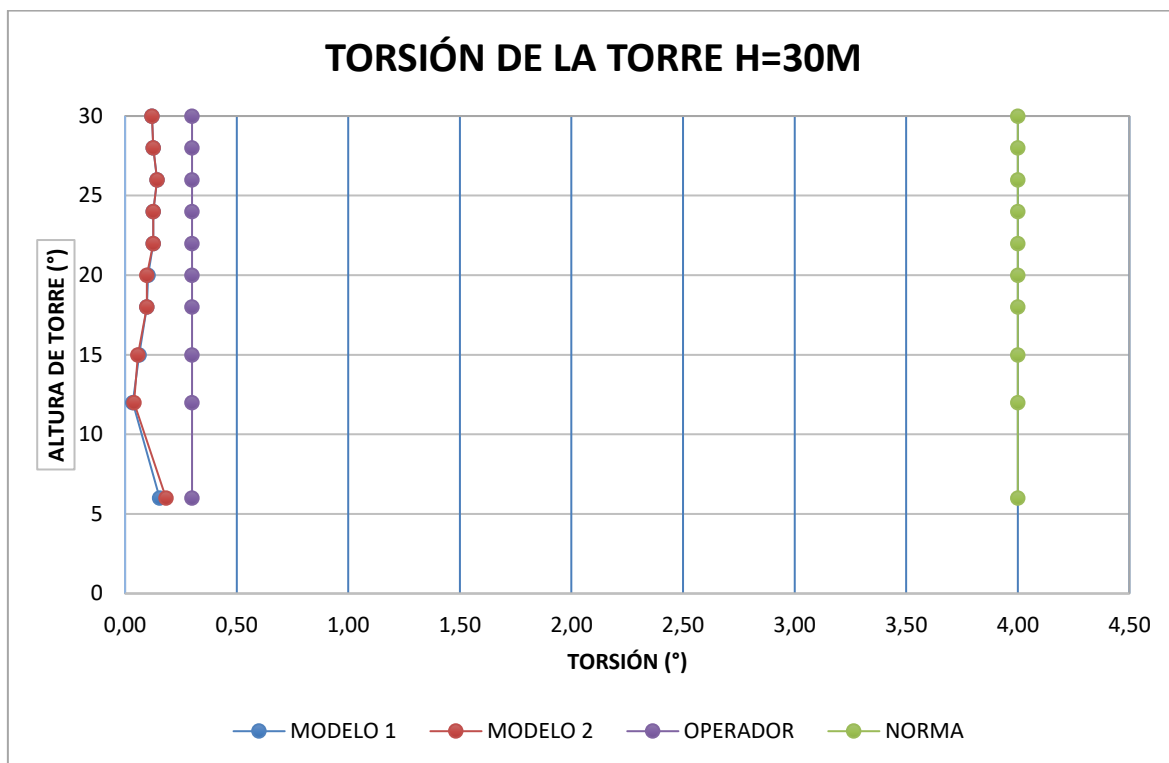


Grafico 4. Torsión en cada panel de la torre Modelo 1 y Modelo 2.

Para el parámetro de Torsión en cada panel del Modelo 1 y Modelo2 se aprecia que los valores son iguales en los 05 primeros paneles y ya en los siguientes paneles hay una variación mínima en estos valores. Pero en el la base de la torre (panel 10) del modelo 2 si hay un incremento en un 18.52% en la torsión con respecto al Modelo 1. Teniendo como resultado que los valores de torsión del modelo 1 y modelo 2 se encuentran por debajo de los valores máximos permitidos por el operador y la norma ANSI/TIA 222-G

Según el grafico 3 de la tabla 04, se puede determinar que finalmente la hipótesis se rechaza, porque la Aplicación del tipo de material (modelo 2) en relación a la torsión influye negativamente dado que en este modelo 2 se incrementa la torsión, como se aprecia en la base de la torre (panel 10).

Tabla 5.

Cuadro comparativo de deformación por Deflexión en cada panel

Panel	Altura de Torre (m)	Modelo 1 (°)	Modelo 2 (°)	Operador (°)	Norma (°)	Diferencia M2 – M1
1	30	0.26	0.34	0.50	1.72	33.90%
2	28	0.24	0.32	0.50	1.72	34.18%
3	26	0.22	0.30	0.50	1.72	35.04%
4	24	0.21	0.28	0.50	1.72	34.41%
5	22	0.19	0.25	0.50	1.72	33.93%
6	20	0.17	0.23	0.50	1.72	33.84%
7	18	0.15	0.20	0.50	1.72	32.30%
8	15	0.13	0.17	0.50	1.72	28.70%
9	12	0.11	0.14	0.50	1.72	24.12%
10	6	0.06	0.08	0.50	1.72	20.90%

Fuente: Elaboración propia

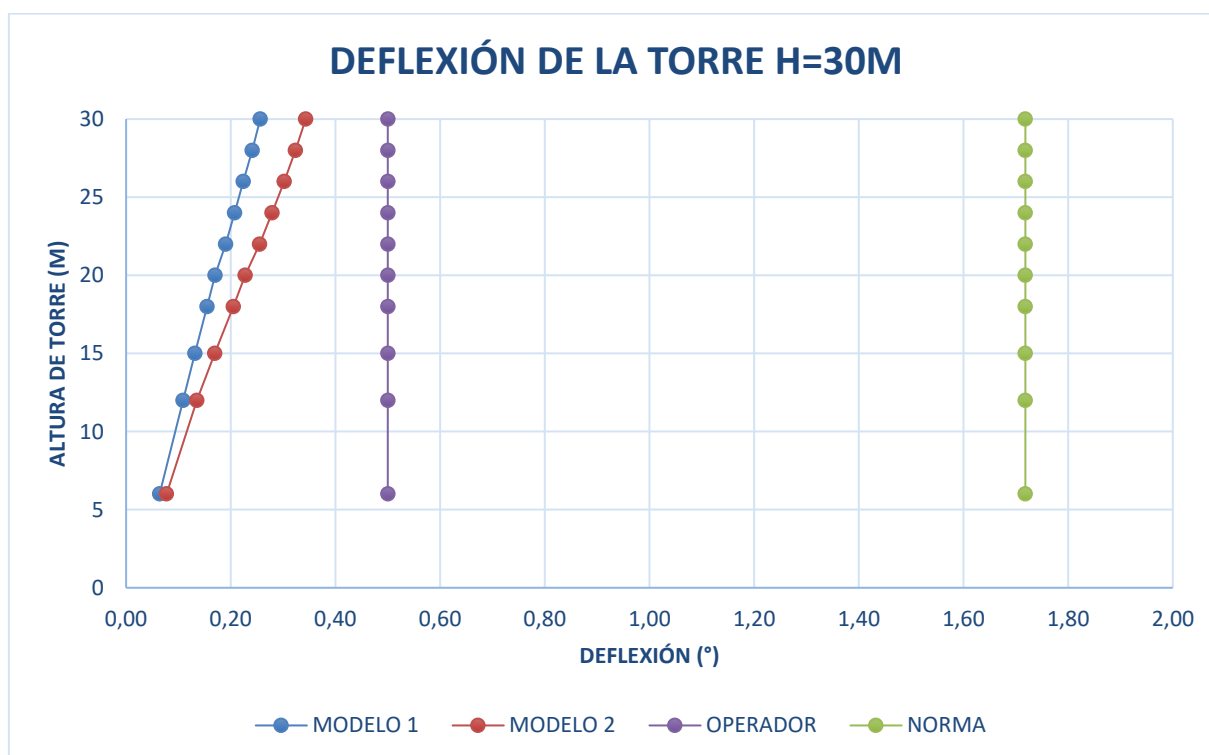


Gráfico 5. Deflexión en cada panel de la torre del Modelo 1 y Modelo 2.

Para el parámetro de la Deflexión en cada panel del Modelo 1 y Modelo 2 se aprecia que la deflexión es mayor en el tope de la torre (panel 1) y se van reduciendo a medida que se acerca a la base de la torre (panel 10). Asimismo, se aprecia que hay un incremento del 33.90% en el valor máximo de la deflexión en el Modelo 2 con respecto al Modelo 1. Teniendo como resultado que los valores de deflexión del modelo 1 y modelo 2 se encuentran por debajo de los valores máximos permitidos por el operador y la norma ANSI/TIA 222-G

Según el gráfico 2 de la tabla 03, se puede determinar que finalmente la hipótesis se rechaza, porque la Aplicación del tipo de material (modelo 2) en relación al desplazamiento influye negativamente dado que en este modelo 2 se incrementa la deflexión, como se observa en el panel 1.

3.1.2. Parámetros locales

Reacciones en la base de la torre

Tabla 6.

Reacciones debido al peso propio y accesorios (KN) Case 100

Vértice	Modelo 1 Fz X (KN)	Modelo 2 Fz X (KN)	Modelo 1 Fz Y (KN)	Modelo 2 Fz Y (KN)	Modelo 1 Fz Z (KN)	Modelo 2 Fz Z (KN)
905	-1.133	-1.160	2.513	2.186	39.905	37.241
915	-1.298	-1.138	-2.495	-2.174	37.758	35.100
935	2.628	2.298	-0.019	-0.013	27.869	25.235

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.

Diferencia de porcentaje en Modelo 1 y Modelo 2 de las reacciones de la Tabla 6.

Vértice	Fz X (KN)	Fz Y (KN)	Fz Z (KN)
905	2.38%	13.01%	6.68%
915	12.33%	12.87%	7.04%
935	12.56%	31.58%	9.45%

Fuente: Elaboración propia

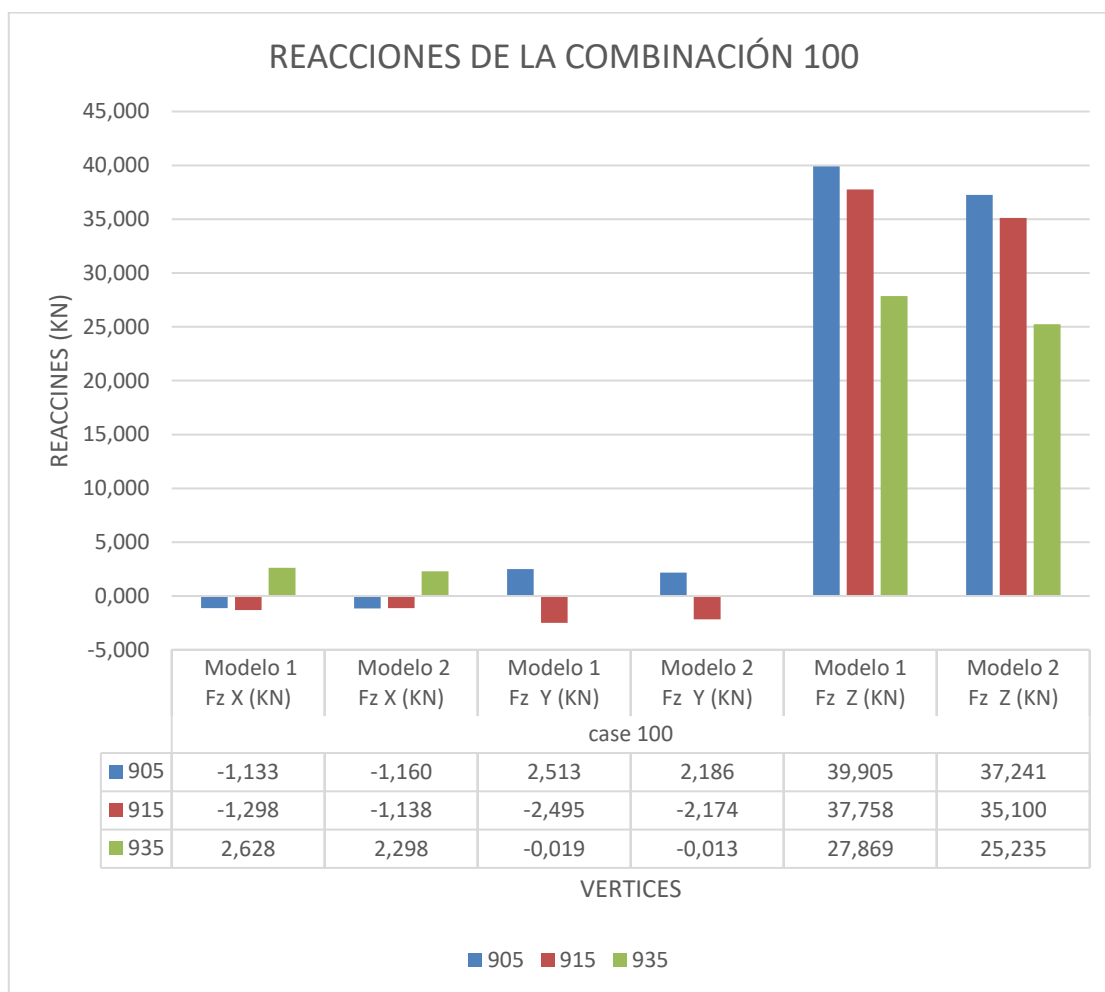


Grafico 6. Reacciones de la torre debido al peso propio y accesorios. Case 100

Para la situación del parámetro de las reacciones, corresponden las fuerzas axiales que se dan, en este caso tracción (-) y compresión (+). Y en las reacciones con respecto a la carga permanente de la torre (peso propio de la torre y accesorios) en el Modelo 1 y Modelo 2 (Tabla 6), se aprecia que hay una disminución en los valores de las reacciones de los vértices en el modelo 2, vértice 905 de 2.38%, 13.01%, 6.68% en las fuerzas X; Y, y Z respectivamente, en el vértice 915 de 12.33%, 12.87%, 7.04% y en el vértice 935 de 12.56%, 31.58% y 9.45% , ver tabla 7.

Según el grafico 6 de las tablas 6, se puede determinar que finalmente la hipótesis se acepta, porque la Aplicación del tipo de material (modelo 2) en relación a las

reacciones influye positivamente dado que en este modelo 2 se reduce los valores de las reacciones como se observa en las tablas. Estos valores de las reacciones se utilizarán para el diseño de la cimentación de la torre que no es tema de estudio en este informe.

Tabla 8.

Reacciones de la torre en la combinación 5000. Case 5000

Vértice	Modelo 1 Fz X (KN)	Modelo 2 Fz X (KN)	Modelo 1 Fz Y (KN)	Modelo 2 Fz Y (KN)	Modelo 1 Fz Z (KN)	Modelo 2 Fz Z (KN)
905	46.060	43.178	-49.980	-45.679	-562.624	-540.389
915	44.342	41.407	53.556	49.215	-590.196	-567.961
935	142.320	130.975	-1.157	-1.531	1,247.799	1,196.168

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9.

Diferencia de porcentaje en Modelo 1 y Modelo 2 de las reacciones de la Tabla 8.

Vértice	Fz X (KN)	Fz Y (KN)	Fz Z (KN)
905	6.26%	8.61%	3.95%
915	6.62%	8.11%	3.77%
935	7.97%	32.32%	4.14%

Fuente: Elaboración propia

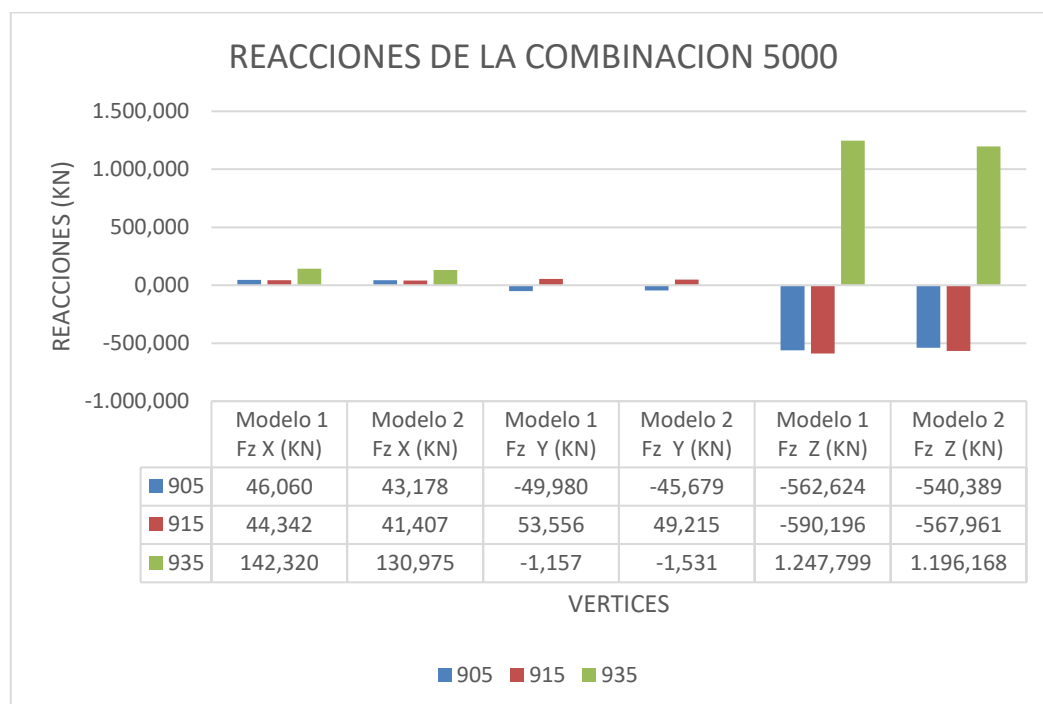


Grafico 7. Reacciones de la combinación 5000. Case 5000

Para la situación del parámetro de las reacciones, corresponden las fuerzas axiales de compresión (+) y tracción (-). En los resultados de desplazamiento máximo y torsión se aprecia que los máximo valores se obtienen en la combinación 5000 (5000) para ambos modelos. Analizando los resultados de las reacciones en la combinación 5000 (Case 5000) Modelo 1 y Modelo 2 (Tabla 8), se aprecia que hay una disminución en los valores de las reacciones en el modelo 2 en el vértice 905 de 6.26%, 8.61% 3.95% en las fuerzas X; Y, y Z respectivamente, en el vértice 915 de 6.62%, 8.11%, 3.77% y en el vértice 935 de 7.97%, 32.32% y 4.14%, ver tabla 9.

Según el grafico 7 de las tablas 8, se puede determinar que finalmente la hipótesis se acepta, porque la Aplicación del tipo de material (modelo 2) en relación a las reacciones influye positivamente dado que en este modelo 2 se reduce los valores de las reacciones como se observa en las tablas.

Tabla 10.
Resultados del peso del Modelo 1 – Acero A36

Cantidad	Perfiles	Fy	Longitud (m)	Peso(kg)
13	STA6X1/2_4X1/2	248	18.04	869.82
14	STA6X1/2_4X3/8	248	36.08	1573.17
28	EA5X5X3/8	248	18.00	329.09
30	EA4X4X1/4	248	81.72	802.91
40	EA3X3X1/4	248	44.34	323.37
46	EA2.5X2.5X3/16	248	127.18	580.99
47	EA2.5X2.5X1/4	248	18.00	108.48
50	EA2X2X3/16	248	146.02	528.76
	PESO TOTAL			5,116.59

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.
Resultados del peso del Modelo 2 – Acero A36 y A572

Cantidad	Perfiles	Fy	Longitud (m)	Peso(kg)
13	EA6X6X1/2	345	36.08	1050.73
14	EA6X6X5/8	345	18.04	649.62
28	EA4X4X3/8	345	18.00	260.72
30	EA4X4X1/4	248	81.72	802.91
40	EA3X3X1/4	248	44.34	323.37
46	EA2.5X2.5X3/16	248	127.18	580.99
47	EA2.5X2.5X1/4	345	18.00	108.48
50	EA2X2X3/16	248	146.02	528.76
	PESO TOTAL			4,305.58

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12.
Resultados del peso del modelo 1 y modelo 2

Torre	Peso (kg)	Diferencia (%)
Modelo 1	5,116.59	16%
Modelo 2	4,305.58	

Fuente: Elaboración propia

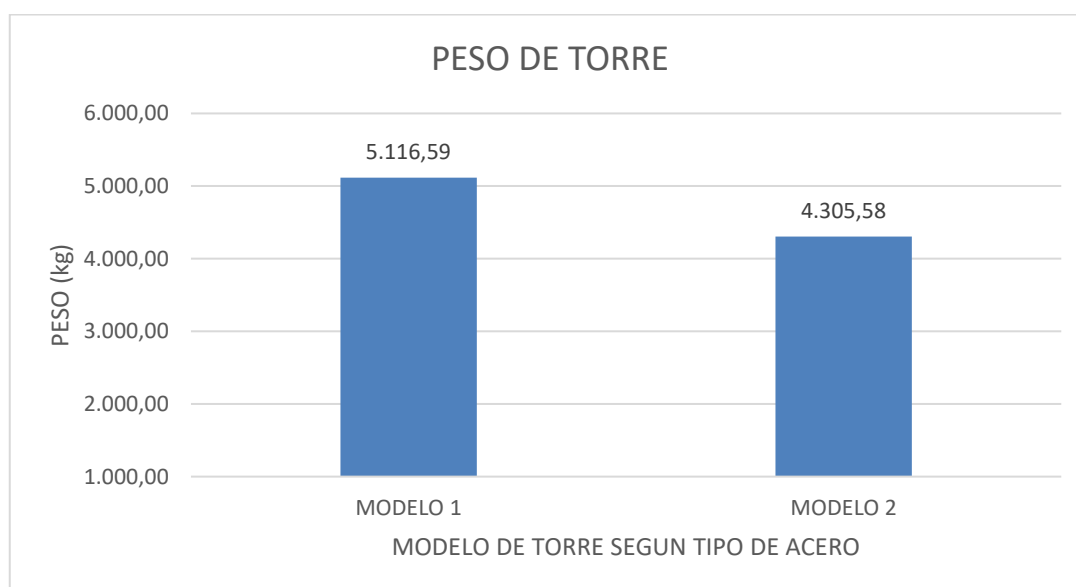


Grafico 8. Peso total de la Torre del Modelo 1 y Modelo 2.

En cuanto al resultado con respecto al peso al acero utilizado en los modelos 1 y 2 se puede apreciar que en el Modelo 2 hay una disminución del peso del acero en comparación al Modelo 1. Es decir que con el Modelo 2 disminuye el peso en 16% material del Modelo 1. En el Modelo 1 se ha considerado todos los elementos de la torre de acero A36 y en el Modelo 2 se ha considerado los montantes de la torre de acero A572 y el resto de elementos de acero A36. En el Modelo 2 la disminución del peso es porque se ha utilizado perfiles de menor sección y con una mayor resistencia en comparación al Modelo 1.

Según el grafico 8 de las tablas 8 y 9, se puede determinar que finalmente la hipótesis se acepta, porque la Aplicación del tipo de material (modelo 2) en relación al peso de la estructura influye positivamente dado que en este modelo 2 se reduce el peso del material en un 16%.

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

4.1.1. Parámetros globales

- **Desplazamiento**

De los resultados obtenidos se ha analizado que el desplazamiento del modelo 1 es 0.134m y del modelo 2 es 0.180m según tabla 3 y gráfico 3. Determinándose que en el modelo 2 el desplazamiento es mayor que el modelo 1 en 33.90%, ningún de los modelos supera los desplazamientos máximos permisibles por el operador y la norma ANSI/TIA 222-G. Finalmente el modelo 1 conformado íntegramente por material A36, presenta mejor comportamiento estructural. De los resultados obtenidos en la presente investigación el máximo desplazamiento ocurre para la combinación 5000 (en la combinación de carga $0.90 DL + 1.60 V0^\circ$) para el modelo 1 y modelo 2. Mejía & Reategui (2017) ha estudiado y obtenido un desplazamiento de 0.0525m para la torre modular a 30m de altura con las características del modelo 1, siendo un valor menor al modelo 1, en un 60.89%. Obteniéndose un resultado diferente por la diferencia en la carga de antenas consideradas para el diseño de la torre. Mientras que Aguirre (2017) obtiene un desplazamiento de 0.4316m para la torre de 60m con las características del modelo 2 y haciendo un cálculo proporcional a 30m se obtiene un desplazamiento de 0.2157m, siendo un valor mayor al modelo 2 en un 19.80%. Obteniéndose un resultado diferente por la carga de antenas consideradas para el diseño de la torre.

- **Torsión**

De los resultados obtenidos se ha analizado que la torsión del modelo 1 es 0.155° y del modelo 2 es 0.183° m según tabla 4 y gráfico 4. Determinándose que en el modelo

2 el valor de la torsión es mayor que el modelo 1 en 18.52%, ningún de los modelos supera los valores de torsión máximos permisibles por el operador y la norma ANSI/TIA 22-G. Finalmente el modelo 1 conformado íntegramente por material A36, presenta mejor comportamiento estructural. De los resultados obtenidos en la presenta investigación que el máximo valor de torsión ocurre para la combinación 5000 (en la combinación de carga $0.90 DL + 1.60 V0^\circ$) para el modelo 1 y modelo 2. Con este parámetro y características del modelo 1 no existe una tesis con estos resultados. Mientras que Aguirre (2017) obtiene una torsión de 0.221° para la torre de 60m con las características del modelo 2, siendo un valor mayor al modelo 2 en un 17.19%. Obteniéndose un resultado diferente por la altura de las torres.

- **Deflexión**

De los resultados obtenidos se ha analizado que la deflexión del modelo 1 es 0.26° y del modelo 2 es 0.34° según tabla 5 y gráfico 5. Determinándose que en el modelo 2 la deflexión es mayor que el modelo 1 en 33.90%, ningún de los modelos supera el valor de deflexión máximo permisible por el operador y la norma ANSI/TIA 22-G. Finalmente, el modelo 1 conformado íntegramente por material A36, presenta mejor comportamiento estructural. De los resultados obtenidos en la presenta investigación que el máximo desplazamiento ocurre para la combinación 5000 (en la combinación de carga $0.90 DL + 1.60 V0^\circ$) para el modelo 1 y modelo 2. Mejía & Reategui (2017) ha estudiado y obtenido una deflexión de 0.22° para la torre modular a 60m de altura con las características del acero del modelo 1, siendo un valor menor al modelo 1, en un 15.38%. Obteniéndose un resultado diferente por la diferencia en la carga de antenas consideradas para el diseño de la torre. Mientras que Aguirre (2017) obtiene una deflexión de 0.412° para la torre de 60m con las características del acero del

modelo 2, siendo un valor mayor al modelo 2 en un 17.47%. Obteniéndose un resultado diferente por la diferencia en la carga de antenas consideradas para el diseño de la torre.

4.1.2. Parámetros locales

- **Reacciones**

De los resultados obtenidos se ha analizado las reacciones de la carga permanente (case 100) del modelo 1, vértice 905: 1.133 Kn, 2.513 Kn, 39.905 Kn, vértice 915: -1.298 Kn, -2.495 Kn, 37.758 Kn, 935: 2.628 Kn, -0.019Kn, 27.869 Kn y del modelo 2, vértice 905: -1.160Kn, 2.186Kn, 37.241Kn, vértice 915: -1.138Kn, -2.174Kn, 35.100Kn y vértice 935: 2.298 Kn, -0.013Kn, 25.235 Kn, según tabla 6 y gráfico 6. Determinándose que en el modelo 2 las reacciones son menores al modelo 1, así tenemos en el vértice 905 de 2.38%, 13.01%, 6.68%, en el vértice 915 de 12.33%, 12.87%, 7.04% y en el vértice 935 de 12.56%, 31.58% y 9.45% según tabla 7. Finalmente, el modelo 2 conformado por acero A572 en las montantes y acero A36 en todos los otros elementos de la estructura, presenta mejor comportamiento estructural. Estos valores no están limitados por la Norma ANSI/TIA 222-G y se utilizan para el diseño de la cimentación de la torre. Con este parámetro y características del modelo 1 y 2 no existe una tesis con estos resultados. De los resultados obtenidos se ha analizado las reacciones de la combinación 5000 (case 5000) del modelo 1, vértice 905: 46.060 Kn, -49.980 Kn, -562.624 Kn, 915: 44.342 Kn, 53.556 Kn, -590.196 Kn, 935: 142.32 Kn, -1.157 Kn, 1247.799 Kn y del modelo 2, vértice 905: 43.178 Kn, -45.679 Kn, -540.389 Kn, vértice 915: 41.407 Kn, 49.215 Kn, -567.961 Kn y vértice 935: 130.975 Kn, -1.531 Kn, 1196.168 Kn, según tabla 8 y gráfico 7. Determinándose que en el modelo 2 las reacciones son menores al modelo 1, así tenemos en el vértice

905 de 6.26%, 8.61%, 3.95%, en el vértice 915 de 6.62%, 8.11%, 3.77% y en el vértice 935 de 7.97%, 32.32% y 4.14%, según tabla 9. Finalmente, el modelo 2 conformado por acero A572 en las montantes y acero A36 en el resto de la estructura, presenta mejor comportamiento estructural. Estos valores no están limitados por la Norma ANSI/TIA 222-G y son parámetros para el diseño de la cimentación de la estructura. Con este parámetro y características del modelo 1 no existe una tesis con estos resultados. Mientras que Aguirre (2017) obtiene las reacciones en la combinación 510 (case 510) en el vértice A: 18.39 Kn, 21.39 Kn, 290.71 Kn, vertice B: 18.39 Kn, 21.39 Kn, 291.48 Kn, y vértice C: 65.87 Kn, 0.00 Kn, 733.77 Kn, para la torre de 60m, con las características del acero del modelo 2, siendo valores menores al modelo 2, así tenemos en el vertice A: 42.59%, 46.83%, 53.80%, vertice B: 44.41%, 43.46%, 51.32% y vertice C: 50.29%, 0.00%, 61.34%. Obteniéndose un resultado diferente por la altura de las torres.

- **Peso**

De los resultados obtenidos se ha analizado que el peso de la estructura de la torre del modelo 1 es 5116.59 kg. y del modelo 2 es 4305.58 kg. según tabla 12 y gráfico 8. Determinándose que en el modelo 2 el peso de la estructura es menor en 16%. Finalmente, el modelo 2, representa un menor costo de la estructura metálica porque tiene un menor peso. Este valor no está limitado por operador ni la Norma ANSI/TIA 222-G. Mejia & Reategui (2017) ha obtenido un peso de 7804.03 kg para la torre modular a 30m con las características del modelo 1, siendo un valor mayor al modelo 1, en un 34.44%. Obteniéndose un resultado diferente porque la torre es cuadrada y la torre del modelo 1 es triangular. Mientras que Aguirre (2017) obtiene un peso de 7,155.68 kg para la torre de 60m con las características del modelo 2, siendo un valor

mayor al modelo 2 en un 39.83%. Obteniéndose un resultado diferente por la diferencia de altura de las torres.

4.2. Conclusiones

Parámetros globales

- De los resultados obtenidos se ha analizado que el desplazamiento del modelo 1 es 0.134m y del modelo 2 es 0.180m según tabla 3 y gráfico 3. Determinándose que el modelo 2 es mayor que el modelo 1 en 33.90%, ninguno de los modelos supera desplazamientos máximos permisibles por el operador y por la norma ANSI/TIA 222-G. Determinándose finalmente que el modelo 1 conformado íntegramente por material A36, presenta mejor comportamiento estructural.
- De los resultados obtenidos se ha analizado que la torsión del modelo 1 es 0.155° y del modelo 2 es 0.183° según tabla 4 y gráfico 4. Determinándose que en el modelo 2 el valor de la torsión es mayor que el modelo 1 en 18.52%, ninguno de los modelos supera la torsión máximo permisible por el operador y por la norma ANSI/TIA 222-G. Determinándose finalmente que el modelo 1 conformado íntegramente por material A36, presenta mejor comportamiento estructural.
- De los resultados obtenidos se ha analizado que la deflexión del modelo 1 es 0.26° y del modelo 2 es 0.34° según tabla 5 y gráfico 5. Determinándose que en el modelo 2 la deflexión es mayor que el modelo 1 en 33.90%, ningún de los modelos supera el valor de deflexión máximo permisible por el operador y por la norma ANSI/TIA 222-G. Determinándose finalmente que el modelo 1 conformado íntegramente por material A36, presenta mejor comportamiento estructural.

Parámetros locales

- De los resultados obtenidos se ha evaluado las reacciones de la carga permanente (case 100) del modelo 1, vértice 905: 1.133 Kn, 2.513 Kn, 39.905 Kn, vértice 915: -1.298 Kn, -2.495 Kn, 37.758 Kn, 935: 2.628 Kn, -0.019Kn, 27.869 Kn y del modelo 2, vértice 905: -1.160Kn, 2.186Kn, 37.241Kn, vértice 915: -1.138Kn, -2.174Kn, 35.100Kn y vértice 935: 2.298 Kn, -0.013Kn, 25.235 Kn, según tabla 6 y gráfico 6. Determinándose que en el modelo 2 las reacciones son menores al modelo 1, así tenemos en el vértice 905 de 2.38%, 13.01%, 6.68%, en el vértice 915 de 12.33%, 12.87%, 7.04% y en el vértice 935 de 12.56%, 31.58% y 9.45% según tabla 7. Determinándose finalmente que el modelo 2 conformado por acero A572 en las montantes y acero A36 en el resto de la estructura, presenta mejor comportamiento estructural. Estos valores no están limitados por la Norma ANSI/TIA 222-G y son parámetros para el diseño de la cimentación de la estructura. De los resultados obtenidos se ha analizado las reacciones de la combinación 5000 (case 5000) del modelo 1, vértice 905: 46.060 Kn, -49.980 Kn, -562.624 Kn, 915: 44.342 Kn, 53.556 Kn, -590.196 Kn, 935: 142.32 Kn, -1.157 Kn, 1247.799 Kn y del modelo 2, vértice 905: 43.178 Kn, -45.679 Kn, -540.389 Kn, vértice 915: 41.407 Kn, 49.215 Kn, -567.961 Kn y vértice 935: 130.975 Kn, -1.531 Kn, 1196.168 Kn, según tabla 8 y gráfico 7. Determinándose que en el modelo 2 las reacciones son menores al modelo 1, así tenemos en el vértice 905 de 6.26%, 8.61%, 3.95%, en el vértice 915 de 6.62%, 8.11%, 3.77% y en el vértice 935 de 7.97%, 32.32% y 4.14%, según tabla 9. Determinándose finalmente que el modelo 2 conformado por acero A572 en las montantes y acero A36 en todos los

otros elementos de la estructura, presenta mejor comportamiento estructural en relación a las reacciones. Estos valores no están limitados por la Norma ANSI/TIA 222-G y son parámetros para el diseño de la cimentación de la estructura.

Costo

- De los resultados obtenidos se ha analizado que el peso de la estructura del modelo 1 es 5116.59 kg. y del modelo 2 es 4305.58 kg. según tabla 12 y gráfico 8. Determinándose que en el modelo 2 el peso es menor en 16%. Finalmente, el modelo 2 conformado por acero A572 en las montantes y acero A36 en todos los otros elementos de la estructura, representa un menor costo de la estructura metálica porque tiene un menor peso. Este valor no está limitado por la Norma ANSI/TIA 222-G.
- De los resultados obtenidos se determina que el tipo de material influye en la respuesta estructural y económica en la torre de telecomunicaciones de 30m. En la respuesta estructural influye de la siguiente manera, si bien los valores de desplazamiento, torsión y deflexión son menores en el modelo 1, el modelo 2 cumple con los valores máximos permitidos por el operador y la norma ANSI/TIA 222-G, siendo una alternativa estructural válida. En la respuesta económica influye el resultado del peso del acero en la estructura, así tenemos que en el modelo 2 disminuye el peso en un 16% con respecto al modelo 1. Teniendo en cuenta este resultado el modelo 2 es válido para su implementación y representa un costo menor en su fabricación y transporte. De esta manera se determina que el tipo de material influye en la respuesta estructural y económica, se incrementan valores de desplazamiento, torsión y deflexión y disminuye el peso respecto a la estructura

de la torre. Definiéndose que el modelo 2 es una mejor alternativa técnica y económica.

4.3. Recomendaciones

Parámetros globales

- Considerar cargas futuras en el diseño de una estructura de telecomunicaciones, para futuras ampliaciones consecuencia del crecimiento poblacional y para reducir el reforzamiento de la estructura de caso ser necesario. Con la finalidad de que los valores del desplazamiento, torsión y deflexión estén dentro de los valores señalados por el operador y/o la entidad y la norma ANSI/TIA 222-G.
- De requerir añadir equipamiento no considerado en el modelo inicial se recomienda realizar el análisis con el equipamiento adicional para verificar si la estructura requiere reforzamiento estructural. Con la finalidad de que los valores del desplazamiento, torsión y deflexión estén dentro de los valores señalados por el operador y/o la entidad y la norma ANSI/TIA 222-G.

Parámetros locales

- Considerar las reacciones de la estructura con las cargas añadidas, con la finalidad de verificar el diseño de la cimentación cumple con un adecuado comportamiento estructural ó requerirá un reforzamiento.

Costo

- Considerar en el diseño de la estructura el uso de acero de alta resistencia (A572). Para disminuir el peso de la estructura. Con la finalidad de reducir el costo de la estructura, transporte y/o acarreo de material.

General

- Efectuar estudios con otras estructuras como monopolo, torres, ventadas, torres arriostradas y mástiles. Así como también analizar su costo ya que es un factor que influye en la factibilidad de su instalación.
- Usar la normativa ANSI/TIA 222-G que es una actualización de la norma ANSI/TIA 222-F. La norma ANSI/TIA 222-G, considera parámetros con respecto a la ubicación geográfica del terreno donde se instalará la torre, así como por el uso de la estructura, y las combinaciones de carga vientos entre otros. Con el uso de esta normativa se evitará que el diseño este sobredimensionado ó por el contrario que pudiese influir en presentar fallas ante algún evento más adelante.
- El diseño de una torre debe buscar usar perfiles comerciales y verificar el stock de materiales ya que estos puntos evitaran un incremento de costo y tiempo en su fabricación. Lo indicado anteriormente no es un condicionante para el diseño de la Torre.

REFERENCIAS

- Acebedo F. (2018-19). *Diseño y cálculo de una torre metálica autosoportada de Telecomunicaciones en Paterna (Trabajo de fin de grado)*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Aguirre A. (2017). *Diseño de una torre autosoportada triangular de 60 metros portadora de antenas* (Tesis de título profesional). Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú
- AHMSA (2013). *Manual de diseño para la construcción con Acero*. Ciudad de México, México.
- ANSI/TIA 222-G (2005). *Structural Standard for Antenna Supporting Structures and Antennas*. USA: Arlington.
- Bernal Cesar Augusto (2010). *Metodología de la investigación*. Colombia: Pearson.
- Betancourth V.A. (2013). *Aplicación norma TIA/EIA 222-G para torres autosoportadas tipo celosía de telecomunicaciones en Guatemala y comparación con norma TIA/EIA 222-G* (Tesis de Maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala.
- Campbell Donald T. & Stanley Julian C. (1966). *Diseños experimentales y cuasi experimentales en la investigación social*. Argentina: Amorrortu editores.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Jean Mejia & Karol Reategui (2017) *Estandarización del modelo de torres autosoportadas cuadradas de altura variable de 24 a 60m a ser usadas en el terreno nacional en telecomunicaciones* (Tesis de título profesional). Universidad Privada Antenor Orrego, La Libertad, Perú.

- Kerlinger Fred N. & Lee Howard (2002). *Investigación del comportamiento*. México: McGraw Hill.
- McCormac Jack C. & Csernak Stephen F. (2013). *Diseño de Estructuras de Acero*. México: Grupo Alfaomega.
- Muñoz Giraldo, J. F.; Quintero Corzo, J. y Munévar M., R. A. (2001). *Cómo desarrollar competencias investigativas en educación*. Bogotá: Magisterio, Aula Abierta.
- MVCS (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma E.090 Estructuras metálicas. Lima, Perú.
- Rodríguez Peñuelas, M. A. (2008). *Diseño de Proyecto de Tesis*. México: Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Sarmiento Ponciano (2015). *Diseño estructural de una torre de telecomunicaciones autosoportada cuadrangular de 120m - Yurimaguas 2014* (Tesis de título profesional). Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Huánuco, Perú.

ANEXOS

ANEXO N° 1. Matriz de consistencia

ANEXO N° 2. Carta MTC N°0450-2020-MTC/26

ANEXO N° 3. Carta MTC N°295-2020-MTC/24-DEYP

ANEXO N° 4. Mapa eólico del Perú

ANEXO N° 5. Ficha técnica N°1 Indicador Desplazamiento - Deflexión

ANEXO N° 6. Ficha técnica N°2 Indicador Torsión

ANEXO N° 7. Ficha técnica N°3 Indicador Reacciones

ANEXO N° 8. Ficha técnica N°4 Indicador peso de la torre

ANEXO N° 9. Juicio de experto N°1

ANEXO N° 10. Juicio de experto N°2

ANEXO N° 11. Juicio de experto N°3

ANEXO N° 12. Geometría del Modelo 1.

ANEXO N° 13. Geometría del Modelo 2.

ANEXO N° 14. Reacciones de combinaciones Modelo 1.

ANEXO N° 15. Reacciones de combinaciones Modelo 2.

ANEXO N° 16. Resultados Modelo 1.

ANEXO N° 17. Resultados Modelo 2.

ANEXO N° 18. Plano de presentación de torre modelo 1.

ANEXO N° 19. Plano de presentación de torre modelo 2

ANEXO N° 20. MStower V6.20.1.11 versión trial

ANEXO N° 1. Matriz de consistencia

APLICACIÓN DEL TIPO DE MATERIAL EN LA RESPUESTA ESTRUCTURAL Y ECONÓMICA CON LA NORMA TIA/EIA 222-G EN LA TORRE DE TELECOMUNICACIONES DE 30M, SULLANA 2020

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<u>PROBLEMA GENERAL:</u> De qué manera la Aplicación del tipo de material influye en la respuesta estructural y económica con la Norma TIA/EIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m.	<u>OBJETIVO GENERAL:</u> Determinar la Aplicación del tipo de material influye en la respuesta estructural y económica con la Norma TIA/EIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m.	<u>HIPÓTESIS GENERAL:</u> La Aplicación del tipo de material influye positivamente en la respuesta estructural y económica con la Norma TIA/EIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m.	<u>VARIABLE INDEPENDIENTE:</u> Aplicación del tipo de material	Evaluación Tipo 01: Acero A36 Evaluación Tipo 02: Acero A36 Y A572	<p><u> Tipo de Material</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Todos los Elementos (10 puntajes) 2. Elementos de conexión (10 puntajes) 3. Componentes de conexión (10 puntajes) 4. Elementos de conexión (10 puntajes) 5. Elementos de conexión (10 puntajes) 6. Elementos de conexión (10 puntajes) 7. Elementos de conexión (10 puntajes) 8. Elementos de conexión (10 puntajes) 9. Elementos de conexión (10 puntajes) 10. Elementos de conexión (10 puntajes) <p><u> Tipo de Material</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Momentos (10 puntajes) A572. 2. Características Estructurales. 3. Características Estructurales. 4. Elementos de conexión (10 puntajes) 5. Elementos de conexión (10 puntajes) 6. Elementos de conexión (10 puntajes) 7. Elementos de conexión (10 puntajes) 8. Elementos de conexión (10 puntajes) 9. Elementos de conexión (10 puntajes) 10. Elementos de conexión (10 puntajes) <p><u> Tipo de Material</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Momentos (10 puntajes) A572. 2. Características Estructurales. 3. Características Estructurales. 4. Elementos de conexión (10 puntajes) 5. Elementos de conexión (10 puntajes) 6. Elementos de conexión (10 puntajes) 7. Elementos de conexión (10 puntajes) 8. Elementos de conexión (10 puntajes) 9. Elementos de conexión (10 puntajes) 10. Elementos de conexión (10 puntajes) <p><u> Tipo de Material</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Momentos (10 puntajes) A572. 2. Características Estructurales. 3. Características Estructurales. 4. Elementos de conexión (10 puntajes) 5. Elementos de conexión (10 puntajes) 6. Elementos de conexión (10 puntajes) 7. Elementos de conexión (10 puntajes) 8. Elementos de conexión (10 puntajes) 9. Elementos de conexión (10 puntajes) 10. Elementos de conexión (10 puntajes) 	<p><u> Investigación:</u></p> <p>Aplicada</p> <p><u> Enfoque:</u></p> <p>Cuantitativo</p> <p><u> Tipo:</u></p> <p>Explicativo</p> <p><u> Modelo de Investigación:</u></p> <p>cuasi experimental</p> <p><u> Muestra:</u></p> <p>no probabilística</p> <p><u> Técnicas de investigación:</u></p> <p>Observación experimental</p> <p><u> Instrumento de investigación:</u></p> <p>Fichas técnicas</p> <p><u> Validación de Instrumentos:</u></p> <p>Juicio de expertos</p> <p><u> Confiabilidad:</u></p> <p>Método</p> <p><u> Análisis de datos:</u></p> <p>Estadística descriptiva</p>
<u>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</u> ¿De qué manera la Aplicación del tipo de material en relación a la subestructura influye en la respuesta estructural y económica con la Norma TIA/EIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m.?	<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</u> Analizar la Aplicación del tipo de material en relación a los parámetros globales influye en la respuesta estructural y económica con la Norma TIA/EIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m.	<u>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</u> La Aplicación del tipo de material en relación a los parámetros globales influye positivamente en la respuesta estructural y económica con la Norma TIA/EIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m.	<u>VARIABLE DEPENDIENTE:</u>	Parámetros globales:	Desplazamiento máximo (cm) Angulo Torsión (grados) Angulo Deflexión ((grados)	
<u>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</u> ¿De qué manera la Aplicación del tipo de material en relación a la subestructura influye en la respuesta estructural y económica con la Norma TIA/EIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m.?	<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</u> Evaluar la Aplicación del tipo de material en relación a los parámetros locales influye en la respuesta estructural y económica con la Norma TIA/EIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m.	<u>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</u> La Aplicación del tipo de material en relación a los parámetros locales influye positivamente en la respuesta estructural y económica con la Norma TIA/EIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m.	Respuesta estructural y económica con la Norma TIA/EIA 222-G en la torre de telecomunicaciones de 30m.	Parámetros locales:	-Reacciones (Esfuerzos axiales) en los puntos de apoyo	
<u>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</u> ¿De qué manera la Aplicación del tipo de material en relación al costo influye en la respuesta estructural y económica con la Norma TIA/EIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m.?	<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</u> Analizar la Aplicación del tipo de material en relación al costo influye en la respuesta estructural y económica con la Norma TIA/EIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m.	<u>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</u> La Aplicación del tipo de material en relación al costo influye positivamente en la respuesta estructural y económica con la Norma TIA/EIA 222-G en la Torre de Telecomunicaciones de 30m.		Costo:	Peso de material	

ANEXO N° 2. Carta MTC N°0450-2020-MTC/26



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

MEMORANDO N° 0450-2020-MTC/26

A : **ROSE MARY RAMÍREZ ESCÁRATE**
Directora de la Oficina de Atención al Ciudadano y Gestión Documental

Asunto : Solicitud de acceso a la información pública

Expediente : Expediente N° T-093562-2020

Fecha : Lima, 29/04/2020

Me dirijo a usted, en atención al expediente de la referencia, mediante el cual se solicitó la siguiente información:

Solicitante	Expediente N°	Detalle de la información solicitada
Quiñones Fernández Esli Yoseck	T-093562-2020	<i>"(...) quisiera saber cuántas estaciones bases celulares para telecomunicaciones (operadores de telecomunicaciones) hay en el Perú y como están distribuidas y cuál es la brecha para cubrir este servicio al 2021".</i>

Sobre el particular, cumpro con remitir la información solicitada en el anexo adjunto al presente memorando.

Muy Atentamente,

JOSÉ AGUILAR REÁTEGUI

Director General de la Dirección General de Políticas y Regulación en Comunicaciones



Jirón Zorritos 1203 – Lima - Perú
T. (511) 615-7800
www.mtc.gob.pe



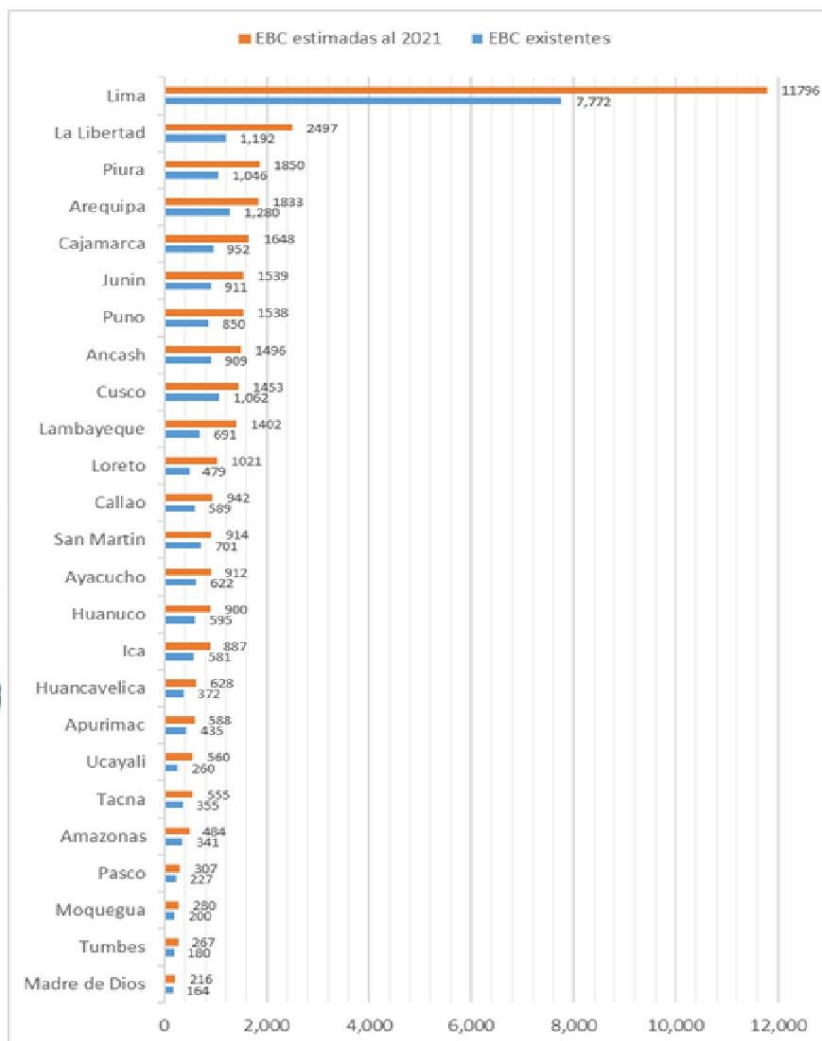
Firmado digitalmente por:
AGUILAR REATEGUI Jose FAU
20131370044 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 29/04/2020 10:37:16-0600





"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

ANEXO



Jirón Zorritos 1203 – Lima - Perú
T. (511) 615-7800
www.mtc.gob.pe



ANEXO N° 3. Carta MTC N°295-2020-MTC/24-DEYP



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Comunicaciones

Programa Nacional de
Telecomunicaciones

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para hombres y mujeres"
"Año de la Universalización de la Salud"

MEMORANDO N° 295-2020-MTC/24-DEYP

A : **CLAUDIA M. ZANINI FERNANDEZ**
Directora de la Oficina de Administración

Asunto : Solicitud de Acceso a la Información Pública
ESLI YOSECK QUIÑONES FERNÁNDEZ

Ref.: Memorando (M) N° 051 - 2020-MTC/24-OA (T-166861-2020)

Fecha : Lima, 28 de agosto de 2020

Tengo el agrado de dirigirme a ustedes, en relación a la solicitud de acceso a la información pública realizada por el administrado Esli Yoseck Quiñones Fernández, quien solicita la siguiente información:

- Qué norma usan para el diseño de las Torres de FITEL que ahora se llama PRONATEL, es la Norma TIA/EIA F ó NORMA TIA/EIA G., cuántas Torres tienen a la fecha y cuántas tienen proyectadas instalar para cerrar la brecha al 2021.

En ese sentido, en el marco de nuestras funciones, damos respuesta a la consulta referida a la norma técnica a utilizar para el diseño de las torres.

Según las Bases Técnicas de nuestros proyectos, para el diseño de la torre y de las estructuras de soporte de antenas, se debe tener en consideración la recomendación de la Norma TIA/EIA 222-F.

Atentamente,



Pedro Edgar Diez Guerrero
Director de la Dirección de Estudios y Proyectos del
PRONATEL

PDG/lrc

www.mtc.gob.pe | Jirón Zorritos 1203
Lima, Lima 01 Perú
(511) 615-7800

EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Comunicaciones

Programa Nacional de
Telecomunicaciones

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

MEMORANDO N° 1646-2020-MTC/24-DSP

A : **CLAUDIA ZANINI FERNÁNDEZ**
Directora de la Oficina de Administración del PRONATEL

Asunto : Solicitud de Acceso a la Información Pública

Ref. : a) Memorando (M) N° 051-2020-MTC/24-OA (T-166861-2020)
b) Expediente T-157149-2020

Fecha : Lima, 28 de agosto de 2020

Es grato dirigirme a usted, con relación al documento de la referencia el cual que se adjunta, mediante el cual el señor ESLI YOSECK QUIÑONES FERNANDEZ, solicita el acceso a la información pública sobre lo siguiente: "*Que norma usan para el diseño de las Torres de FIDEL que ahora se llama PRONATEL, es la Norma TIA/EIA F ó NORMA TIA/EIA G., cuántas Torres tienen a la fecha y cuántas tienen proyectadas instalar para cerrar la brecha al 2021*".

Al respecto, cumplimos con informar lo siguiente:

La norma usada para el diseño de las Torres de FIDEL que ahora se llama PRONATEL, es: la **Norma TIA/EIA 222-F**

Para el Proyecto Regional Lambayeque:

- La cantidad de torres son 246
- No se prevé instalar más nodos en la región Lambayeque pues el proyecto regional solo acota esta cantidad de nodos por contrato

Para el Proyecto Lima

Nodos con Torre: 279
N° de nodos con torre culminados: 257
N° de nodos con torre; no culminados: 22 a culminar a fin del 2020

Para el Proyecto Ica:

Nodos con Torre: 67
N° de nodos con torre culminados: 21
N° de nodos con torre, no culminados: 46 a culminar durante el 2021

Para el Proyecto Regional Junín

- A la fecha no se cuentan con torres instaladas.
- Se tienen proyectadas para instalar : 296



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Comunicaciones

Programa Nacional de
Telecomunicaciones

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

Para el Proyecto Regional Puno

- Respecto a la cantidad de torres a la fecha, mediante el Reporte semanal de actividades del Proyecto Regional Puno, OROCOM **reporta 0% con infraestructura finalizada**, de los cuatrocientos treinta y tres (433) Nodos de la Red de Acceso que deberán construirse para el mencionado Proyecto.

- Respecto a la cantidad proyectada a instalar para cerrar la brecha al 2021 son **cuatrocientos treinta y tres (433) Nodos de la Red de Acceso**, los cuales contarán con una torre en cada uno de los mencionados nodos.

Para el Proyecto Regional Cusco

En el Proyecto Regional Cusco se cuenta con 360 torres ya instaladas en los nodos de la Red de Acceso.

Para los Proyectos Regionales Moquegua y Tacna

- Torres Instaladas: 0
- Torres por Instalar: 53 en Moquegua y 46 en Tacna

Para el Proyecto Regional Huánuco

- Torres a la fecha: 0 torres (Documentación Técnica en evaluación)
- Torres proyectadas a instalar 2021: 330 torres

Para el Proyecto Regional Amazonas

- Respecto a las torres: A la fecha la Propuesta Técnica Actualizada del Proyecto no ha sido aprobada, por lo tanto, no se tiene implementado ninguna torre.

- Respecto a la cantidad de torres a implementarse en el 2021: El Proyecto beneficiará a 268 localidades con servicios de internet a 516 instituciones. Sin embargo, la cantidad exacta de Torres a implementar serán definidas una vez aprobada la Propuesta Técnica Actualizada.

Para los cuatro Proyectos Regionales con la empresa YOFC Perú S.A.C.

- Cantidad de torres:

ANCASH	422
AREQUIPA	245
LA LIBERTAD	583
SAN MARTÍN	212

(*) De acuerdo con la Propuesta Técnica Actualizada



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Comunicaciones

Programa Nacional de
Telecomunicaciones

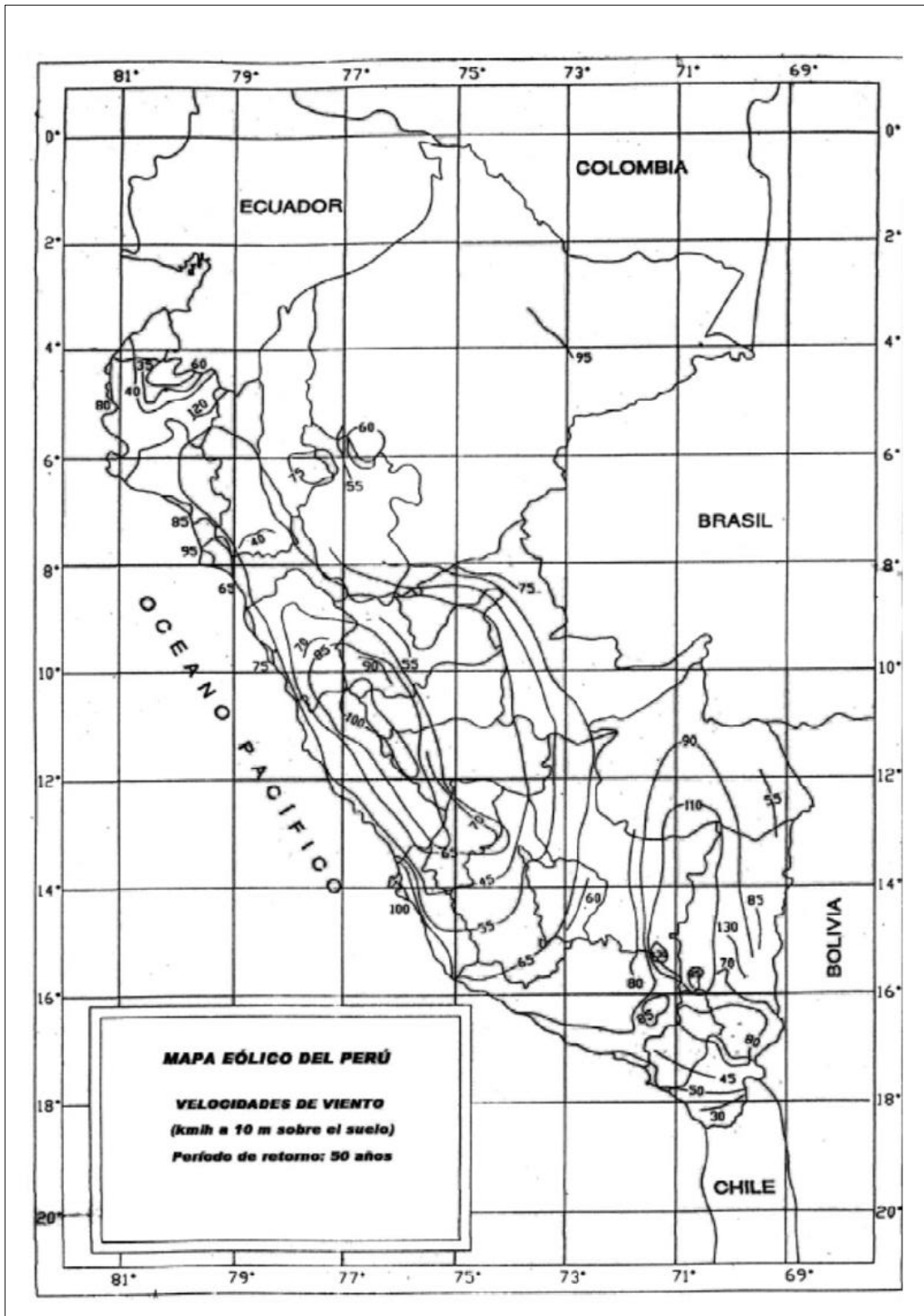
"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

La información proporcionada no se encuentra dentro de los alcances de excepciones al ejercicio del derecho de información reservada o confidencial o no, de conformidad con lo establecido en los artículos 16 y 17 del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM.

Atentamente,


ING. LUIS AMORÓS JIMÉNEZ
Director de Supervisión de Proyectos
PROGRAMA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES
PRONATEL - MTC

ANEXO N° 4. Mapa eólico del Perú

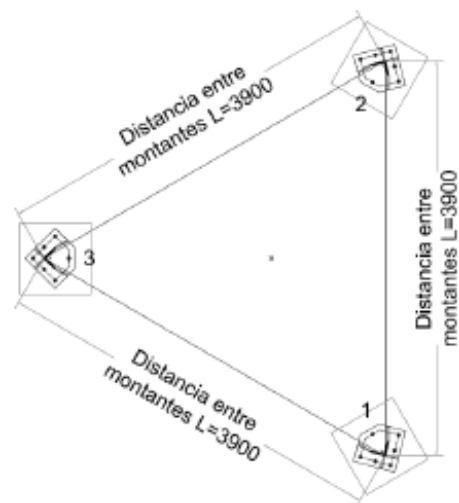
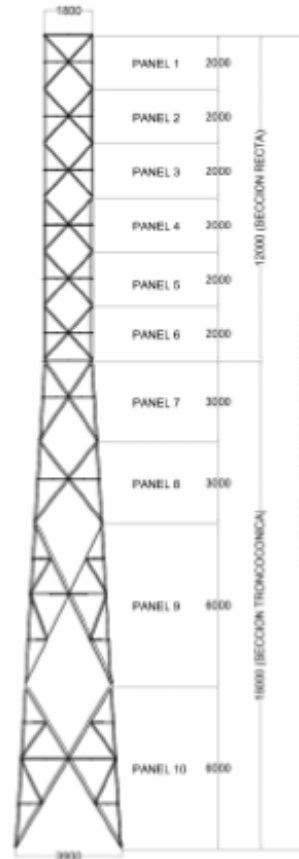


ANEXO N° 5. Ficha técnica N°1 Indicador Desplazamiento - Deflexión

FICHA TÉCNICA N°1:

INDICADOR DESPLAZAMIENTO (m) – DEFLEXIÓN

PANEL	CASE	NODO		NODO		NODO		D. MAX	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1									

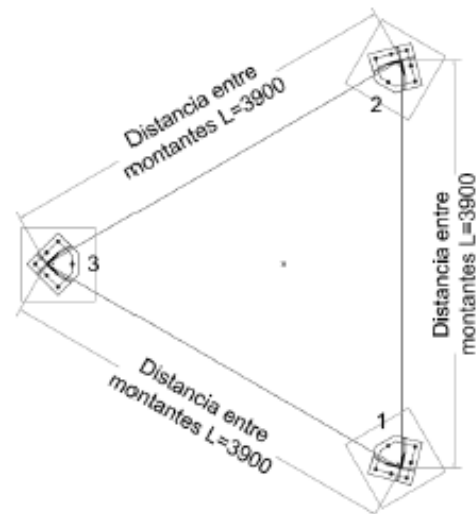
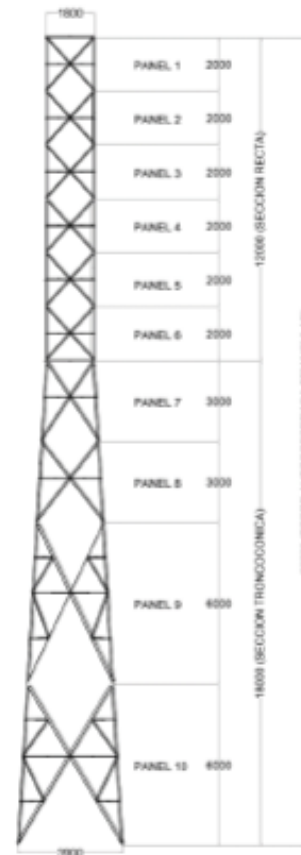


ANEXO N° 6. Ficha técnica N°2 Indicador Torsión

FICHA TÉCNICA N°2:

INDICADOR TORSIÓN (rad)

PANEL	CASE	NODO		NODO		NODO		T. MAX	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1									



ANEXO N° 7. Ficha técnica N°3 Indicador Reacciones

FICHA TÉCNICA N°3:

INDICADOR REACCIONES

Case 100. Reacciones debido al peso propio de la torre y accesorios (KN)

Vértice	Fz X (KN)	Fz Y (KN)	Fz Z (KN)
905			
915			
935			

Case 1000. Reacciones con viento en dirección a 0°

Vértice	Fz X (KN)	Fz Y (KN)	Fz Z (KN)
905			
915			
935			

Case 1010. Reacciones con viento en dirección a 60°

Vértice	Fz X (KN)	Fz Y (KN)	Fz Z (KN)
905			
915			
935			

Case 1020. Reacciones con viento en dirección a 90°

Vértice	Fz X (KN)	Fz Y (KN)	Fz Z (KN)
905			
915			
935			

Case 1030. Reacciones con viento en dirección a 120°

Vértice	Fz X (KN)	Fz Y (KN)	Fz Z (KN)
905			
915			
935			

ANEXO N° 9. Juicio de experto N°1



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS: "APLICACIÓN DEL TIPO DE MATERIAL EN LA RESPUESTA ESTRUCTURAL Y ECONÓMICA CON LA NORMA ANSI/TIA 222-G EN LA TORRE DE TELECOMUNICACIONES DE 30M, SULLANA 2020"

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

- 1.1. **Nombre y apellidos:** Ricardo Alcahuaman Mamani
- 1.2. **Grado académico:** Ingeniero Civil
- 1.3. **Especialidad:** Estructuras
- 1.4. **Institución laboral:** Consultor independiente
- 1.5. **Cargo:** Gerente de empresa propia
- 1.6. **Tipo de instrumento:** Fichas técnicas de recolección de datos de Desplazamientos, Torsión, Deflexión, Reacciones y peso de torre
- 1.7. **Lugar y fecha:** Lima – Noviembre 2020

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los formatos y la encuesta, instrumentos (Esto depende de los instrumentos que desees evaluar, si solamente es la encuesta, simplemente indicarás la encuesta nada más) que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)

5: Excelente. 4: Muy bien. 3: Bien. 2: Regular. 1: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

N°	ASPECTOS A VALIDAR	INSTRUMENTOS / VALORACIÓN
		Formato
1	Pertinencia de indicadores	5
2	Formulado con lenguaje apropiado	5
3	Adecuado para el objeto de estudio	5
4	Facilita la prueba de hipótesis	5
5	Suficiencia para medir las variables	4
6	Facilita la interpretación del instrumento	4
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	5
8	Expresado en hechos perceptibles	5
9	Tiene secuencia lógica	4
10	Basado en aspectos teóricos	4
	Total	46


 RICARDO
 ALCAHUAMAN MAMANI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 148525

Firma

ANEXO N° 10. Juicio de experto N°2



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS: "APLICACIÓN DEL TIPO DE MATERIAL EN LA RESPUESTA ESTRUCTURAL Y ECONÓMICA CON LA NORMA ANSI/TIA 222-G EN LA TORRE DE TELECOMUNICACIONES DE 30M, SULLANA 2020"

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

- 1.1. **Nombre y apellidos:** Eimer Adrian Borda Galindo
- 1.2. **Grado académico:** Ingeniero Civil
- 1.3. **Especialidad:** Ingeniería Estructural
- 1.4. **Institución laboral:** Freelancer
- 1.5. **Cargo:** Ingeniero Estructural
- 1.6. **Tipo de instrumento:** Fichas técnicas de recolección de datos de Desplazamientos, Torsión, Deflexión, Reacciones y peso de torre
- 1.7. **Lugar y fecha:** Lima – Noviembre 2020


II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los formatos y la encuesta, instrumentos (Esto depende de los instrumentos que deseas evaluar, si solamente es la encuesta, simplemente indicarás la encuesta nada más) que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)

5: Excelente. 4: Muy bien. 3: Bien. 2: Regular. 1: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

N°	ASPECTOS A VALIDAR	INSTRUMENTOS / VALORACIÓN
		Formato
1	Pertinencia de indicadores	5
2	Formulado con lenguaje apropiado	5
3	Adecuado para el objeto de estudio	4
4	Facilita la prueba de hipótesis	4
5	Suficiencia para medir las variables	5
6	Facilita la interpretación del instrumento	4
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	4
8	Expresado en hechos perceptibles	5
9	Tiene secuencia lógica	4
10	Basado en aspectos teóricos	5
Total		45


EIMER ADRIAN
BORDA GALINDO
INGENIERO CIVIL
.....Reg. CIP. N° 127928.....

Firma

ANEXO N° 11. Juicio de experto N°3



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS: "APLICACIÓN DEL TIPO DE MATERIAL EN LA RESPUESTA ESTRUCTURAL Y ECONÓMICA CON LA NORMA ANSI/TIA 222-G EN LA TORRE DE TELECOMUNICACIONES DE 30M, SULLANA 2020"

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

- 1.1. Nombre y apellidos: Paul Delgado Ortiz
- 1.2. Grado académico: Ingeniería Civil (Estudio de Maestría en Ingeniería Estructural)
- 1.3. Especialidad: Construcción, Estructuras, Minería
- 1.4. Institución laboral: Consultor independiente
- 1.5. Cargo: Gerente de empresa propia
- 1.6. Tipo de instrumento: Fichas técnicas de recolección de datos de Desplazamientos, Torsión, Deflexión, Reacciones y peso de torre
- 1.7. Lugar y fecha: Lima – Noviembre 2020

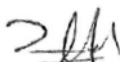
II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los formatos y la encuesta, instrumentos (Esto depende de los instrumentos que deseas evaluar, si solamente es la encuesta, simplemente indicarás la encuesta nada más) que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)

5: Excelente. 4: Muy bien. 3: Bien. 2: Regular. 1: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

N°	ASPECTOS A VALIDAR	INSTRUMENTOS / VALORACIÓN
		Formato
1	Pertinencia de indicadores	4
2	Formulado con lenguaje apropiado	5
3	Adecuado para el objeto de estudio	4
4	Facilita la prueba de hipótesis	4
5	Suficiencia para medir las variables	5
6	Facilita la interpretación del instrumento	4
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	4
8	Expresado en hechos perceptibles	4
9	Tiene secuencia lógica	4
10	Basado en aspectos teóricos	4
	Total	42


PAUL DELGADO ORTIZ
INGENIERO CIVIL
Reg. C I P N° 8504R

FIRMA

ANEXO N° 12. Geometría del Modelo 1

```

UNITS 1      $ 1=metric, 4=US
PROFILE
FACES 3
WBASE 3.9
RLBAS 0.0000
$ TODO:
$   Remove '$' and replace '?' with appropriate
$   section numbers in following PANEL blocks.
PANEL 1 HT 2.000 TW 1.800
  FACE X LEG 47 BR1 50 H1 50
  PLAN PT2 PB1 50 PB2 50 XIP
  BOLT LEG 4 A325-5/8 BR1 1 A325-5/8 H1 1 A325-5/8
  BOLT PB1 1 A325-5/8 PB2 1 A325-5/8
PANEL 2 HT 2.000
  FACE XH1 LEG 47 BR1 50 H1 50 $ R1 ? R2 ?
  PLAN PT2 PB1 0 PB2 50 XIP
  BOLT LEG 4 A325-5/8 BR1 1 A325-5/8 H1 1 A325-5/8
  BOLT PB2 1 A325-5/8
PANEL 3 HT 2.000
  FACE XH1 LEG 47 BR1 50 H1 50 $ R1 ? R2 ?
  PLAN PT2 PB1 0 PB2 50 XIP
  BOLT LEG 4 A325-5/8 BR1 1 A325-5/8 H1 1 A325-5/8
  BOLT PB2 1 A325-5/8
PANEL 4 HT 2.000
  FACE XH1 LEG 22 BR1 46 H1 50 $ R1 ? R2 ?
  PLAN PT2 PB1 0 PB2 50 XIP
  BOLT LEG 8 A325-5/8 BR1 1 A325-5/8 H1 1 A325-5/8
  BOLT PB2 1 A325-5/8
PANEL 5 HT 2.000
  FACE XH1 LEG 22 BR1 46 H1 50 $ R1 ? R2 ?
  PLAN PT2 PB1 0 PB2 50 XIP
  BOLT LEG 8 A325-5/8 BR1 1 A325-3/4 H1 1 A325-5/8
  BOLT PB2 1 A325-5/8
PANEL 6 HT 2.000
  FACE XH1 LEG 22 BR1 46 H1 50 $ R1 ? R2 ?
  PLAN PT2 PB1 0 PB2 50 XIP
  BOLT LEG 12 A325-5/8 BR1 1 A325-3/4 H1 1 A325-5/8
  BOLT PB2 1 A325-5/8
$ TRAMO RECTO -----
PANEL 7 HT 3.000 TW 1.800
  FACE X LEG 11 BR1 40 H1 50
  PLAN PT2 PB1 50 PB2 50 XIP
  BOLT LEG 10 A325-3/4 BR1 1 A325-3/4 H1 1 A325-5/8
  BOLT PB2 1 A325-5/8
PANEL 8 HT 3.000
  FACE XH1 LEG 11 BR1 40 H1 50 $ R1 ? R2 ?
  PLAN PT2 PB1 0 PB2 50 XIP
  BOLT LEG 12 A325-3/4 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8
  BOLT PB2 1 A325-5/8
PANEL 9 HT 6.000
  FACE XH3 LEG 11 BR1 30 H1 46 R1 46 R2 46 R3 46 R4 46
  PLAN PT2 PB1 0 PB2 50 XIP
  HIP HS HP1 50 HP2 0 HP3 50
  BOLT LEG 16 A325-3/4 BR1 3 A325-5/8 H1 1 A325-5/8
  BOLT PB2 1 A325-5/8
  BOLT R1 1 A325-1/2 R2 1 A325-1/2 R3 1 A325-1/2 R4 1 A325-1/2
  BOLT HP1 1 A325-5/8 HP3 1 A325-5/8
PANEL 10 HT 6.000
  FACE XH3 LEG 10 BR1 30 H1 46 R1 46 R2 46 R3 46 R4 46
  PLAN PT2 PB1 0 PB2 50 XIP
  HIP HS HP1 50 HP2 0 HP3 50
$ FACE @M1
  BOLT LEG 16 A325-3/4 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8
  BOLT PB2 1 A325-5/8
  BOLT R1 1 A325-1/2 R2 1 A325-1/2 R3 1 A325-1/2 R4 1 A325-1/2
  BOLT HP1 1 A325-5/8 HP3 1 A325-5/8
END

```


ANEXO N° 13. Geometría del Modelo 2

```

UNITS 1      $ 1=metric, 4=US
PROFILE
FACES 3
WBASE 3.9
RLBAS 0.0000
$ TODO:
$ Remove '$' and replace '?' with appropriate
$ section numbers in following PANEL blocks.
PANEL 1 HT 2.000 TW 1.800
FACE X LEG 47 BR1 50 H1 50
PLAN PT2 PB1 50 PB2 50 XIP
BOLT LEG 4 A325-5/8 BR1 1 A325-5/8 H1 1 A325-5/8
BOLT PB1 1 A325-5/8 PB2 1 A325-5/8
PANEL 2 HT 2.000
FACE XH1 LEG 47 BR1 50 H1 50 $ R1 ? R2 ?
PLAN PT2 PB1 0 PB2 50 XIP
BOLT LEG 4 A325-5/8 BR1 1 A325-5/8 H1 1 A325-5/8
BOLT PB2 1 A325-5/8
PANEL 3 HT 2.000
FACE XH1 LEG 47 BR1 50 H1 50 $ R1 ? R2 ?
PLAN PT2 PB1 0 PB2 50 XIP
BOLT LEG 4 A325-5/8 BR1 1 A325-5/8 H1 1 A325-5/8
BOLT PB2 1 A325-5/8
PANEL 4 HT 2.000
FACE XH1 LEG 28 BR1 46 H1 50 $ R1 ? R2 ?
PLAN PT2 PB1 0 PB2 50 XIP
BOLT LEG 8 A325-5/8 BR1 1 A325-5/8 H1 1 A325-5/8
BOLT PB2 1 A325-5/8
PANEL 5 HT 2.000
FACE XH1 LEG 28 BR1 46 H1 50 $ R1 ? R2 ?
PLAN PT2 PB1 0 PB2 50 XIP
BOLT LEG 8 A325-5/8 BR1 1 A325-3/4 H1 1 A325-5/8
BOLT PB2 1 A325-5/8
PANEL 6 HT 2.000
FACE XH1 LEG 28 BR1 46 H1 50 $ R1 ? R2 ?
PLAN PT2 PB1 0 PB2 50 XIP
BOLT LEG 12 A325-5/8 BR1 1 A325-3/4 H1 1 A325-5/8
BOLT PB2 1 A325-5/8
$ TRAMO RECTO -----
PANEL 7 HT 3.000 TW 1.800
FACE X LEG 13 BR1 40 H1 50
PLAN PT2 PB1 50 PB2 50 XIP
BOLT LEG 10 A325-3/4 BR1 1 A325-3/4 H1 1 A325-5/8
BOLT PB2 1 A325-5/8
PANEL 8 HT 3.000
FACE XH1 LEG 13 BR1 40 H1 50 $ R1 ? R2 ?
PLAN PT2 PB1 0 PB2 50 XIP
BOLT LEG 12 A325-3/4 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8
BOLT PB2 1 A325-5/8
PANEL 9 HT 6.000
FACE XH3 LEG 13 BR1 30 H1 46 R1 46 R2 46 R3 46 R4 46
PLAN PT2 PB1 0 PB2 50 XIP
HIP HS HP1 50 HP2 0 HP3 50
BOLT LEG 16 A325-3/4 BR1 3 A325-5/8 H1 1 A325-5/8
BOLT PB2 1 A325-5/8
BOLT R1 1 A325-1/2 R2 1 A325-1/2 R3 1 A325-1/2 R4 1 A325-1/2
BOLT HP1 1 A325-5/8 HP3 1 A325-5/8
PANEL 10 HT 6.000
FACE XH3 LEG 14 BR1 30 H1 46 R1 46 R2 46 R3 46 R4 46
PLAN PT2 PB1 0 PB2 50 XIP
HIP HS HP1 50 HP2 0 HP3 50
$ FACE @M1
BOLT LEG 16 A325-3/4 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8
BOLT PB2 1 A325-5/8
BOLT R1 1 A325-1/2 R2 1 A325-1/2 R3 1 A325-1/2 R4 1 A325-1/2
BOLT HP1 1 A325-5/8 HP3 1 A325-5/8
END

```

ANEXO N° 14. Modelo 1. Reacciones de combinaciones

```

Nodes ..... 151
Members ..... 372
Spring supports ..... 0
Sections ..... 8
Materials ..... 1
Primary load cases ..... 8
Combination load cases ..... 22

Analysis: Linear elastic
NODE TABLE NOT PRINTED
MEMBER TABLE NOT PRINTED
SECTION PROPERTY TABLE NOT PRINTED
MATERIAL TABLE NOT PRINTED

C O N D I T I O N   N U M B E R
Maximum condition number: 1.224E+02 at node: 906 DOFN: 6

S U P P O R T   R E A C T I O N S
CASE 100: WEIGHT OF TOWER PLUS ANCILLARIES

Node   Force-X   Force-Y   Force-Z   Moment-X   Moment-Y   Moment-Z
      kN      kN      kN      kNm      kNm      kNm
905   -1.330    2.513    39.905    0.573      0.367     -0.003
915   -1.298   -2.495    37.758   -0.522      0.345      0.004
935    2.628   -0.019    27.869    0.006     -0.374     -0.001
SUM:    0.000    0.000   105.532 (all nodes)
Max. residual: 2.906E-13 at DOFN: 21 3
(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T   R E A C T I O N S
CASE 1000: WIND AT 0 TO X AXIS

Node   Force-X   Force-Y   Force-Z   Moment-X   Moment-Y   Moment-Z
      kN      kN      kN      kNm      kNm      kNm
905    29.535  -32.651  -374.086  -4.434      1.967     -0.469
915    28.444   34.876  -390.112   4.280      1.289      0.419
935    87.471   -0.971   764.198   0.303     -5.918     -0.023
SUM:   145.451   1.253    0.000 (all nodes)
Max. residual: 1.361E-11 at DOFN: 1 9
(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T   R E A C T I O N S
CASE 1010: WIND AT 60 TO X AXIS

Node   Force-X   Force-Y   Force-Z   Moment-X   Moment-Y   Moment-Z
      kN      kN      kN      kNm      kNm      kNm
905   -10.383   35.856   335.222    0.730      4.685     -0.417
915    37.193   67.458  -695.695   4.849     -3.314     -0.031
935    40.773    4.800   360.473   -2.332     -2.882      0.314
SUM:    67.583  108.114    0.000 (all nodes)
Max. residual: 7.534E-12 at DOFN: 4 4
(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T   R E A C T I O N S
CASE 1020: WIND AT 90 TO X AXIS

Node   Force-X   Force-Y   Force-Z   Moment-X   Moment-Y   Moment-Z
      kN      kN      kN      kNm      kNm      kNm
905   -27.599   61.254   602.636    3.063      4.786     -0.280
915    27.175   60.786  -598.309    3.025     -4.828     -0.285
935   -0.617    5.236   -4.327   -2.616      0.012      0.366
SUM:   -1.040  127.276    0.000 (all nodes)

```


Max. residual: 5.639E-12 at DOFN: 4 4

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

SUPPORT REACTIONS

CASE 1030: WIND AT 120 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-39.781	72.095	727.099	4.764	3.320	-0.035
915	12.027	40.042	-367.112	0.678	-4.979	-0.471
935	-41.636	5.880	-359.987	-2.767	2.709	0.380
SUM:	-69.389	118.017	0.000	(all nodes)		

Max. residual: 7.513E-12 at DOFN: 4 4

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

SUPPORT REACTIONS

CASE 1040: WIND AT 180 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-26.567	30.460	353.639	4.169	-1.446	0.391
915	-25.242	-30.783	348.408	-3.892	-1.125	-0.360
935	-78.944	0.660	-702.047	-0.212	5.695	0.016
SUM:	-130.753	0.337	0.000	(all nodes)		

Max. residual: -1.606E-11 at DOFN: 8 5

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

SUPPORT REACTIONS

CASE 1050: WIND AT 240 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	12.128	-41.371	-381.983	-0.756	-5.254	0.486
915	-40.396	-74.177	752.821	-4.984	3.636	0.048
935	-42.547	-5.443	-370.838	2.643	2.853	-0.370
SUM:	-70.815	-120.991	0.000	(all nodes)		

Max. residual: -1.005E-11 at DOFN: 4 4

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

SUPPORT REACTIONS

CASE 1060: WIND AT 300 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	37.613	-68.239	-705.833	-4.952	-3.392	0.032
915	-10.968	-36.877	348.774	-0.877	4.775	0.417
935	40.483	-4.881	357.059	2.368	-2.837	-0.316
SUM:	67.128	-109.997	0.000	(all nodes)		

Max. residual: 9.969E-12 at DOFN: 1 9

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

SUPPORT REACTIONS

CASE 3000: MAX. TOWER WEIGHT

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-1.596	3.016	47.885	0.687	0.441	-0.004
915	-1.558	-2.994	45.310	-0.626	0.414	0.004
935	3.154	-0.022	33.443	0.008	-0.449	-0.001
SUM:	0.000	0.000	126.638	(all nodes)		

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

SUPPORT REACTIONS

CASE 4000: MAX DL + WIND AT 0 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	45.660	-49.226	-550.653	-6.407	3.588	-0.754
915	43.953	52.808	-578.869	6.222	2.477	0.675
935	143.108	-1.576	1256.160	0.492	-9.918	-0.037

SUM: 232.721 2.005 126.638 (all nodes)
(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 4010: MAX DL + WIND AT 60 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-18.210	60.386	584.240	1.855	7.937	-0.671
915	57.952	104.939	-1067.803	7.133	-4.888	-0.046
935	68.391	7.658	610.200	-3.724	-5.060	0.501
SUM:	108.133	172.982	126.638	(all nodes)		

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 4020: MAX DL + WIND AT 90 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-45.754	101.022	1012.103	5.589	8.098	-0.452
915	41.923	94.264	-911.984	4.213	-7.311	-0.451
935	2.167	8.355	26.519	-4.178	-0.430	0.586
SUM:	-1.664	203.641	126.638	(all nodes)		

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 4030: MAX DL + WIND AT 120 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-65.245	118.368	1211.244	8.309	5.752	-0.060
915	17.686	61.074	-542.070	0.458	-7.552	-0.749
935	-63.464	9.386	-542.537	-4.419	3.885	0.607
SUM:	-111.023	188.828	126.638	(all nodes)		

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 4040: MAX DL + WIND AT 180 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-44.103	51.752	613.707	7.358	-1.873	0.622
915	-41.946	-52.247	602.763	-6.854	-1.386	-0.572
935	-123.156	1.034	-1089.832	-0.332	8.663	0.024
SUM:	-209.205	0.539	126.638	(all nodes)		

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 4050: MAX DL + WIND AT 240 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	17.808	-63.177	-563.288	-0.522	-7.966	0.773
915	-66.192	-121.678	1249.824	-8.601	6.232	0.080
935	-64.920	-8.730	-559.898	4.237	4.115	-0.593
SUM:	-113.304	-193.585	126.638	(all nodes)		

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 4060: MAX DL + WIND AT 300 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	58.584	-106.166	-1081.447	-7.236	-4.986	0.048
915	-19.107	-61.997	603.348	-2.029	8.054	0.672
935	67.927	-7.831	604.737	3.797	-4.988	-0.507
SUM:	107.404	-175.995	126.638	(all nodes)		

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 5000: MIN DL + WIND AT 0 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	46.060	-49.980	-562.624	-6.579	3.478	-0.753
915	44.342	53.556	-590.196	6.379	2.373	0.674
935	142.320	-1.571	1247.799	0.490	-9.806	-0.037

SUM: 232.721 2.005 94.979 (all nodes)

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 5010: MIN DL + WIND AT 60 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-17.811	59.632	572.269	1.683	7.827	-0.670
915	58.341	105.687	-1079.130	7.289	-4.991	-0.047
935	67.603	7.663	601.840	-3.726	-4.947	0.501

SUM: 108.133 172.982 94.978 (all nodes)

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 5020: MIN DL + WIND AT 90 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-45.355	100.268	1000.132	5.417	7.988	-0.451
915	42.312	95.012	-923.312	4.370	-7.415	-0.452
935	1.378	8.360	18.159	-4.180	-0.318	0.586

SUM: -1.664 203.641 94.978 (all nodes)

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 5030: MIN DL + WIND AT 120 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-64.846	117.614	1199.273	8.138	5.642	-0.059
915	18.075	61.822	-553.397	0.615	-7.655	-0.750
935	-64.252	9.392	-550.897	-4.421	3.997	0.607

SUM: -111.023 188.828 94.978 (all nodes)

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 5040: MIN DL + WIND AT 180 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-43.704	50.998	601.736	7.186	-1.983	0.623
915	-41.556	-51.498	591.436	-6.697	-1.490	-0.573
935	-123.945	1.039	-1098.193	-0.334	8.775	0.025

SUM: -209.205 0.539 94.978 (all nodes)

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 5050: MIN DL + WIND AT 240 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	18.207	-63.931	-575.259	-0.694	-8.076	0.774
915	-65.802	-120.929	1238.496	-8.445	6.128	0.079
935	-65.709	-8.725	-568.259	4.235	4.227	-0.593

SUM: -113.304 -193.585 94.978 (all nodes)

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 5060: MIN DL + WIND AT 300 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	58.984	-106.920	-1093.419	-7.408	-5.096	0.049
915	-18.718	-61.249	592.021	-1.873	7.951	0.671
935	67.138	-7.826	596.376	3.795	-4.876	-0.507

SUM: 107.404 -175.995 94.978 (all nodes)

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 6000: CARGA: WIND AT 0 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	28.205	-30.138	-334.182	-3.861	2.335	-0.472
915	27.146	32.381	-352.354	3.758	1.634	0.423
935	90.100	-0.990	792.067	0.309	-6.292	-0.023

SUM: 145.451 1.253 105.532 (all nodes)

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 6010: CARGA: WIND AT 60 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-11.714	38.370	375.126	1.302	5.053	-0.420
915	35.895	64.963	-657.937	4.327	-2.969	-0.028
935	43.402	4.781	388.342	-2.326	-3.256	0.313

SUM: 67.583 108.114 105.532 (all nodes)

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 6020: CARGA: WIND AT 90 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-28.929	63.767	642.541	3.636	5.153	-0.283
915	25.877	58.291	-560.551	2.503	-4.483	-0.281
935	2.011	5.217	23.542	-2.610	-0.362	0.366

SUM: -1.040 127.276 105.532 (all nodes)

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 6030: CARGA: WIND AT 120 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-41.111	74.608	767.004	5.337	3.687	-0.038
915	10.729	37.547	-329.354	0.156	-4.634	-0.467
935	-39.008	5.862	-332.118	-2.760	2.335	0.379

SUM: -69.389 118.017 105.532 (all nodes)

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 6040: CARGA: WIND AT 180 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-27.897	32.973	393.543	4.742	-1.079	0.388
915	-26.541	-33.278	386.167	-4.414	-0.780	-0.357
935	-76.316	0.641	-674.178	-0.206	5.321	0.015

SUM: -130.753 0.337 105.532 (all nodes)

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 6050: CARGA: WIND AT 240 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	10.797	-38.857	-342.079	-0.183	-4.887	0.483
915	-41.694	-76.672	790.579	-5.506	3.981	0.051
935	-39.918	-5.461	-342.969	2.650	2.478	-0.371

SUM: -70.815 -120.991 105.532 (all nodes)

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 6060: CARGA: WIND AT 300 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	36.283	-65.726	-665.928	-4.379	-3.024	0.029
915	-12.266	-39.372	386.532	-1.399	5.120	0.421
935	43.111	-4.899	384.928	2.375	-3.211	-0.317

SUM: 67.128 -109.997 105.532 (all nodes)

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

ANEXO N° 15. Modelo 2. Reacciones de combinaciones.

Nodes 159
 Members 372
 Spring supports 0
 Sections 8
 Materials 1
 Primary load cases 8
 Combination load cases 22

Analysis: Linear elastic
 NODE TABLE NOT PRINTED
 MEMBER TABLE NOT PRINTED
 SECTION PROPERTY TABLE NOT PRINTED
 MATERIAL TABLE NOT PRINTED

CONDITION NUMBER

Maximum condition number: 1.224E+02 at node: 906 DOFN: 6

SUPPORT REACTIONS

CASE 100: WEIGHT OF TOWER PLUS ANCILLARIES

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-1.160	2.186	37.241	0.498	0.312	-0.002
915	-1.138	-2.174	35.100	-0.456	0.292	0.003
935	2.298	-0.013	25.235	0.004	-0.327	0.000
SUM:	0.000	0.000	97.576	(all nodes)		

Max. residual: -3.138E-13 at DOFN: 13 9
 (Reactions act on structure in positive global axis directions.)

SUPPORT REACTIONS

CASE 1000: WIND AT 0 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	27.638	-29.779	-358.691	-4.158	0.487	-0.326
915	26.520	31.982	-374.719	4.105	-0.013	0.291
935	80.567	-0.950	733.410	0.208	-6.918	-0.016
SUM:	134.725	1.253	0.000	(all nodes)		

Max. residual: 2.259E-11 at DOFN: 7 3
 (Reactions act on structure in positive global axis directions.)

SUPPORT REACTIONS

CASE 1010: WIND AT 60 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-8.969	33.341	322.865	1.669	3.726	-0.291
915	34.313	62.528	-671.072	5.588	-3.587	-0.022
935	37.949	4.814	348.207	-1.456	-3.325	0.216
SUM:	63.293	100.683	0.000	(all nodes)		

Max. residual: 1.164E-11 at DOFN: 7 4
 (Reactions act on structure in positive global axis directions.)

SUPPORT REACTIONS

CASE 1020: WIND AT 90 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-25.028	56.726	579.944	4.106	4.344	-0.196
915	24.608	56.253	-575.608	4.067	-4.365	-0.200
935	-0.620	5.179	-4.337	-1.614	0.023	0.252
SUM:	-1.040	118.159	0.000	(all nodes)		

Max. residual: -1.241E-11 at DOFN: 20 6
(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 1030: WIND AT 120 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-36.287	66.136	696.235	5.626	3.647	-0.025
915	10.488	36.892	-351.653	1.757	-3.944	-0.328
935	-38.227	5.700	-344.582	-1.709	3.202	0.262
SUM:	-64.027	108.728	0.000	(all nodes)		

Max. residual: 8.008E-12 at DOFN: 15 2
(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 1040: WIND AT 180 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-25.105	28.020	341.351	3.936	-0.204	0.273
915	-23.797	-28.350	336.123	-3.728	0.007	-0.250
935	-73.270	0.666	-677.474	-0.147	6.538	0.011
SUM:	-122.172	0.337	0.000	(all nodes)		

Max. residual: -1.689E-11 at DOFN: 4 9
(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 1050: WIND AT 240 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	10.534	-38.214	-366.523	-1.859	-4.165	0.338
915	-36.871	-68.172	721.957	-5.864	3.915	0.034
935	-39.114	-5.315	-355.434	1.626	3.343	-0.255
SUM:	-65.452	-111.702	0.000	(all nodes)		

Max. residual: 1.256E-11 at DOFN: 20 6
(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 1060: WIND AT 300 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	34.705	-63.301	-681.212	-5.692	-3.661	0.023
915	-9.533	-34.342	336.420	-1.815	3.814	0.291
935	37.666	-4.922	344.792	1.483	-3.281	-0.218
SUM:	62.837	-102.565	0.000	(all nodes)		

Max. residual: 1.252E-11 at DOFN: 1 9
(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 3000: MAX. TOWER WEIGHT

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-1.392	2.623	44.689	0.598	0.374	-0.003
915	-1.365	-2.608	42.120	-0.547	0.350	0.003
935	2.757	-0.015	30.282	0.005	-0.393	-0.001
SUM:	0.000	0.000	117.091	(all nodes)		

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 4000: MAX DL + WIND AT 0 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	42.830	-45.023	-529.217	-6.055	1.154	-0.525
915	41.066	48.563	-557.431	6.021	0.330	0.468
935	131.664	-1.535	1203.738	0.338	-11.462	-0.027

SUM: 215.560 2.005 117.091 (all nodes)
(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 4010: MAX DL + WIND AT 60 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-15.741	55.969	561.273	3.268	6.335	-0.469
915	53.535	97.436	-1031.596	8.395	-5.389	-0.032
935	63.475	7.687	587.413	-2.326	-5.713	0.346

SUM: 101.269 161.093 117.091 (all nodes)
(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 4020: MAX DL + WIND AT 90 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-41.437	93.385	972.600	7.168	7.324	-0.316
915	38.007	87.397	-878.853	5.960	-6.634	-0.316
935	1.765	8.272	23.343	-2.577	-0.356	0.403

SUM: -1.664 189.054 117.091 (all nodes)
(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 4030: MAX DL + WIND AT 120 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-59.452	108.441	1158.665	9.600	6.210	-0.043
915	15.415	56.419	-520.525	2.264	-5.961	-0.521
935	-58.406	9.105	-521.050	-2.729	4.731	0.418

SUM: -102.442 173.965 117.091 (all nodes)
(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 4040: MAX DL + WIND AT 180 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-41.559	47.456	590.851	6.896	0.048	0.434
915	-39.441	-47.968	579.916	-6.511	0.362	-0.397
935	-114.476	1.050	-1053.675	-0.231	10.069	0.018

SUM: -195.476 0.539 117.091 (all nodes)
(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 4050: MAX DL + WIND AT 240 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	15.462	-58.519	-541.748	-2.376	-6.291	0.538
915	-60.359	-111.684	1197.252	-9.929	6.614	0.058
935	-59.826	-8.519	-538.413	2.607	4.956	-0.408

SUM: -104.723 -178.723 117.091 (all nodes)
(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 4060: MAX DL + WIND AT 300 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	54.137	-98.658	-1045.251	-8.510	-5.483	0.034
915	-16.619	-57.556	580.392	-3.451	6.452	0.470
935	63.022	-7.890	581.949	2.377	-5.643	-0.350

SUM: 100.540 -164.105 117.091 (all nodes)
(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 5000: MIN DL + WIND AT 0 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	43.178	-45.679	-540.389	-6.205	1.060	-0.524
915	41.407	49.215	-567.961	6.157	0.242	0.468
935	130.975	-1.531	1196.168	0.337	-11.363	-0.027
SUM:	215.560	2.005	87.818	(all nodes)		

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 5010: MIN DL + WIND AT 60 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-15.393	55.313	550.101	3.119	6.241	-0.468
915	53.876	98.088	-1042.126	8.532	-5.477	-0.033
935	62.786	7.691	579.843	-2.327	-5.615	0.346
SUM:	101.269	161.093	87.818	(all nodes)		

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 5020: MIN DL + WIND AT 90 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-41.089	92.729	961.428	7.018	7.231	-0.316
915	38.349	88.049	-889.383	6.097	-6.722	-0.317
935	1.076	8.276	15.773	-2.578	-0.257	0.403
SUM:	-1.664	189.054	87.818	(all nodes)		

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 5030: MIN DL + WIND AT 120 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-59.104	107.785	1147.493	9.451	6.116	-0.043
915	15.756	57.071	-531.055	2.401	-6.049	-0.522
935	-59.095	9.109	-528.620	-2.730	4.829	0.418
SUM:	-102.442	173.965	87.818	(all nodes)		

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 5040: MIN DL + WIND AT 180 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-41.211	46.800	579.678	6.746	-0.045	0.434
915	-39.100	-47.316	569.386	-6.374	0.274	-0.398
935	-115.165	1.054	-1061.246	-0.232	10.167	0.018
SUM:	-195.476	0.539	87.818	(all nodes)		

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 5050: MIN DL + WIND AT 240 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	15.810	-59.175	-552.920	-2.526	-6.384	0.539
915	-60.018	-111.032	1186.722	-9.793	6.527	0.057
935	-60.515	-8.516	-545.983	2.606	5.055	-0.408
SUM:	-104.723	-178.723	87.818	(all nodes)		

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 5060: MIN DL + WIND AT 300 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	54.485	-99.314	-1056.423	-8.659	-5.577	0.035
915	-16.278	-56.904	569.862	-3.314	6.364	0.469
935	62.333	-7.886	574.379	2.376	-5.545	-0.350
SUM:	100.540	-164.105	87.818	(all nodes)		

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 6000: CARGA: WIND AT 0 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	26.479	-27.593	-321.450	-3.660	0.799	-0.329
915	25.382	29.808	-339.619	3.649	0.279	0.293
935	82.865	-0.962	758.645	0.212	-7.245	-0.017
SUM:	134.725	1.253	97.576	(all nodes)		

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 6010: CARGA: WIND AT 60 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-10.128	35.527	360.106	2.167	4.037	-0.294
915	33.175	60.354	-635.972	5.133	-3.295	-0.019
935	40.246	4.801	373.442	-1.453	-3.652	0.216
SUM:	63.293	100.683	97.576	(all nodes)		

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 6020: CARGA: WIND AT 90 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-26.188	58.912	617.185	4.604	4.656	-0.198
915	23.470	54.080	-540.508	3.611	-4.073	-0.197
935	1.678	5.167	20.898	-1.610	-0.304	0.252
SUM:	-1.040	118.159	97.576	(all nodes)		

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 6030: CARGA: WIND AT 120 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-37.447	68.322	733.476	6.125	3.959	-0.028
915	9.350	34.719	-316.553	1.301	-3.653	-0.325
935	-35.929	5.687	-319.347	-1.705	2.875	0.261
SUM:	-64.027	108.728	97.576	(all nodes)		

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 6040: CARGA: WIND AT 180 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	-26.264	30.207	378.592	4.435	0.108	0.270
915	-24.935	-30.523	371.222	-4.183	0.299	-0.247
935	-70.973	0.653	-652.238	-0.143	6.211	0.011
SUM:	-122.172	0.337	97.576	(all nodes)		

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 6050: CARGA: WIND AT 240 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	9.374	-36.028	-329.283	-1.361	-3.854	0.336
915	-38.009	-70.346	757.057	-6.320	4.207	0.037
935	-36.817	-5.328	-330.199	1.630	3.016	-0.255
SUM:	-65.452	-111.702	97.576	(all nodes)		

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

S U P P O R T R E A C T I O N S

CASE 6060: CARGA: WIND AT 300 TO X AXIS

Node	Force-X kN	Force-Y kN	Force-Z kN	Moment-X kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
905	33.546	-61.115	-643.971	-5.194	-3.349	0.021
915	-10.671	-36.516	371.520	-2.271	4.105	0.294
935	39.963	-4.934	370.027	1.487	-3.609	-0.219
SUM:	62.837	-102.565	97.576	(all nodes)		

(Reactions act on structure in positive global axis directions.)

ANEXO N° 16. Modelo 1. Resultados

LOAD CASES

Case	Y/N	Title
100	N	WEIGHT OF TOWER PLUS ANCILLARIES
1000	N	WIND AT 0 TO X AXIS
1010	N	WIND AT 60 TO X AXIS
1020	N	WIND AT 90 TO X AXIS
1030	N	WIND AT 120 TO X AXIS
1040	N	WIND AT 180 TO X AXIS
1050	N	WIND AT 240 TO X AXIS
1060	N	WIND AT 300 TO X AXIS
3000	Y	MAX. TOWER WEIGHT
4000	Y	MAX DL + WIND AT 0 TO X AXIS
4010	Y	MAX DL + WIND AT 60 TO X AXIS
4020	Y	MAX DL + WIND AT 90 TO X AXIS
4030	Y	MAX DL + WIND AT 120 TO X AXIS
4040	Y	MAX DL + WIND AT 180 TO X AXIS
4050	Y	MAX DL + WIND AT 240 TO X AXIS
4060	Y	MAX DL + WIND AT 300 TO X AXIS
5000	Y	MIN DL + WIND AT 0 TO X AXIS
5010	Y	MIN DL + WIND AT 60 TO X AXIS
5020	Y	MIN DL + WIND AT 90 TO X AXIS
5030	Y	MIN DL + WIND AT 120 TO X AXIS
5040	Y	MIN DL + WIND AT 180 TO X AXIS
5050	Y	MIN DL + WIND AT 240 TO X AXIS
5060	Y	MIN DL + WIND AT 300 TO X AXIS
6000	Y	CARGA: WIND AT 0 TO X AXIS
6010	Y	CARGA: WIND AT 60 TO X AXIS
6020	Y	CARGA: WIND AT 90 TO X AXIS
6030	Y	CARGA: WIND AT 120 TO X AXIS
6040	Y	CARGA: WIND AT 180 TO X AXIS
6050	Y	CARGA: WIND AT 240 TO X AXIS
6060	Y	CARGA: WIND AT 300 TO X AXIS

Y = Cases to be checked
N = Not Used

Report Units:

Dims., lengths, areas ... mm, mm²
Forces kN
StressesN/mm² (MPa)

Design strengths to TIA-222-G

Resistance factors:

Compression, $\phi = 0.90$ 4.5.4.2
Tension - yielding, $\phi = 0.90$ 4.6.3
Tension - fracture, $\phi = 0.75$ 4.6.3
Bolts - tension, $\phi = 0.75$ 4.9.6.1
Bolts - bearing, $\phi = 0.80$ 4.9.6.2
Bolts - shear, $\phi = 0.75$ 4.9.6.3
Guys, $\phi = 0.60$ 7.6.2

Symbols:

fy = yield stress
nb = no. bolts in end connection.
KL/r = Effective slenderness ratio, 3.3.4.
Fu = Force due to factored loads.
 ϕF_n = Design strength.
* = Factored load/Design strength > 1.0
† = Exceeds slenderness recommendations, TIA-222-G, 4.4.2.

Note:

- * Members are checked for axial force only; additional member checks are required if members are subject to significant bending moments.
- * Buckling restraints assume fully triangulated bracing patterns; additional checks of member capacity and buckling restraints may be required if non-triangulated bracing is used.
- * Members are not checked for manloads or maintenance loads.

Pnl	Members	Typ	Dsize	fy	nb	-Compression-			-Tension-			-Joint-										
						Case	Fu	Curve	KL/r	ϕF_n	Fu/ ϕF_n	Case	Fu	ϕF_n	Fu/ ϕF_n	Dia	Grade	Type	ϕF_n	ϕF_n		
1	56-	57	LEG EA2.5X2.5X1/4	248	4	4030	15	Leg	80v	122	0.124	5060	13	172	0.074	4030	15	16	A325	1S	196	0.077
1	58-	59	LEG EA2.5X2.5X1/4	248	4	4050	18	Leg	80v	122	0.143	5010	12	172	0.069	4050	18	16	A325	1S	196	0.089
1	60-	61	LEG EA2.5X2.5X1/4	248	4	4000	19	Leg	80v	122	0.157	5040	10	172	0.058	4000	19	16	A325	1S	196	0.098
1	2-	3	XBR EA2X2X3/16	248	1	4050	7	b4	134v	40	0.179	5020	8	103	0.075	5020	8	16	A325	1S	49	0.156
1	4-	5	XBR EA2X2X3/16	248	1	4030	9	b4	134v	40	0.221	5060	8	103	0.077	4030	9	16	A325	1S	49	0.179
1	22-	23	XBR EA2X2X3/16	248	1	4010	15	b4	134v	40	0.384	5050	16	103	0.151	5050	16	16	A325	1S	49	0.357
1	24-	25	XBR EA2X2X3/16	248	1	4050	15	b4	134v	40	0.381	5010	15	103	0.145	4050	15	16	A325	1S	49	0.309
1	42-	43	XBR EA2X2X3/16	248	1	4030	13	b4	134v	40	0.338	5060	12	103	0.118	4030	13	16	A325	1S	49	0.274
1	44-	45	XBR EA2X2X3/16	248	1	4060	14	b4	134v	40	0.344	5030	13	103	0.125	4060	14	16	A325	1S	49	0.279
1	6	7	HOR EA2X2X3/16	248	1	5040	3	b4	180v	22	0.157	4000	4	103	0.036	4000	4	16	A325	1S	49	0.075
1	26	27	HOR EA2X2X3/16	248	1	5060	4	b4	180v	22	0.181	4030	4	103	0.037	5060	4	16	A325	1S	49	0.082
1	46	47	HOR EA2X2X3/16	248	1	5010	4	b4	180v	22	0.170	4050	4	103	0.042	4050	4	16	A325	1S	49	0.089
1	47-	48	HOR EA2X2X3/16	248	1	5030	0	r1	90v	67	0.006	4010	0	103	0.003	5030	0	16	A325	1S	49	0.008
1	49-	50	HOR EA2X2X3/16	248	1	5000	0	r1	90v	67	0.005	4040	0	103	0.003	5000	0	16	A325	1S	49	0.007
1	51-	52	HOR EA2X2X3/16	248	1	5000	0	r1	90v	67	0.006	4040	0	103	0.003	5000	0	16	A325	1S	49	0.008
1	53	54	PBR EA2X2X3/16	248	1	4050	0	r1	90v	67	0.006	4050	0	103	0.004	4050	0	16	A325	1S	49	0.008
1	54	55	PBR EA2X2X3/16	248	1	4050	0	r1	90v	67	0.006	4050	0	103	0.004	4050	0	16	A325	1S	49	0.008
1	55	56	PBR EA2X2X3/16	248	1	4060	0	r1	90v	67	0.005	4030	0	103	0.004	4030	0	16	A325	1S	49	0.008
2	101-	102	LEG EA2.5X2.5X1/4	248	4	4030	50	Leg	80v	122	0.406	5060	44	172	0.255	4030	50	16	A325	1S	196	0.253
2	121-	122	LEG EA2.5X2.5X1/4	248	4	4050	55	Leg	80v	122	0.452	5010	44	172	0.259	4050	55	16	A325	1S	196	0.281
2	141-	142	LEG EA2.5X2.5X1/4	248	4	4000	56	Leg	80v	122	0.460	5040	44	172	0.256	4000	56	16	A325	1S	196	0.287
2	105-	106	XBR EA2X2X3/16	248	1	5060	12	b4	134v	40	0.300	4030	13	103	0.128	4030	13	16	A325	1S	49	0.268
2	107-	108	XBR EA2X2X3/16	248	1	5020	13	b4	134v	40	0.318	4060	12	103	0.114	5020	13	16	A325	1S	49	0.257
2	125-	126	XBR EA2X2X3/16	248	1	4010	17	b4	134v	40	0.420	5050	17	103	0.163	5050	17	16	A325	1S	49	0.342
2	127-	128	XBR EA2X2X3/16	248	1	4050	19	b4	134v	40	0.481	5010	18	103	0.174	4050	19	16	A325	1S	49	0.389
2	145-	146	XBR EA2X2X3/16	248	1	5030	16	b4	134v	40	0.396	4060	16	103	0.153	4060	16	16	A325	1S	49	0.321
2	147-	148	XBR EA2X2X3/16	248	1	5060	13	b4	134v	40	0.332	4030	15	103	0.141	4030	15	16	A325	1S	49	0.295
2	103-	104	HOR EA2X2X3/16	248	1	5030	2	r1	90v	67	0.033	4030	2	103	0.021	5030	2	16	A325	1S	49	0.045
2	123-	124	HOR EA2X2X3/16	248	1	5000	2	r1	90v	67	0.024	4040	2	103	0.015	5000	2	16	A325	1S	49	0.033
2	143-	144	HOR EA2X2X3/16	248	1	4000	1	r1	90v	67	0.009	4000	1	103	0.006	4000	1	16	A325	1S	49	0.012
2	155	156	PBR EA2X2X3/16	248	1	5050	0	r1	90v	67	0.007	5050	0	103	0.004	5050	0	16	A325	1S	49	0.009
2	156	157	PBR EA2X2X3/16	248	1	5050	0	r1	90v	67	0.007	5050	0	103	0.004	5050	0	16	A325	1S	49	0.009
2	157	158	PBR EA2X2X3/16	248	1	5030	0	r1	90v	67	0.006	5030	0	103	0.004	5030	0	16	A325	1S	49	0.008
3	201-	202	LEG EA2.5X2.5X1/4	248	4	4030	107	Leg	80v	122	0.872	5060	86	172	0.500	4030	107	16	A325	1S	196	0.543
3	221-	222	LEG EA2.5X2.5X1/4	248	4	4050	105	Leg	80v	122	0.860	5010	91	172	0.531	4050	105	16	A325	1S	196	0.535
3	241-	242	LEG EA2.5X2.5X1/4	248	4	4000	105	Leg	80v	122	0.858	5040	90	172	0.523	4000	105	16	A325	1S	196	0.534
3	205-	206	XBR EA2X2X3/16	248	1	4050	32	b4	134v	40	0.817	5010	30	103	0.290	4050	32	16	A325	1S	49	0.662
3	207-	208	XBR EA2X2X3/16	248	1	4020	29	b4	134v	40	0.730	5060	31	103	0.304	5060	31	16	A325	1S	49	0.637
3	225-	226	XBR EA2X2X3/16	248	1	4000	19	b4	134v	40	0.475	5040	19	103	0.186	5040	19	16	A325	1S	49	0.391
3	227-	228	XBR EA2X2X3/16	248	1	4050	24	b4	134v	40	0.603	5010	20	103	0.196	4050	24	16	A325	1S	49	0.488
3	245-	246	XBR EA2X2X3/16	248	1	4030	24	b4	134v	40	0.611	5000	23	103	0.225	4030	24	16	A325	1S	49	0.495
3	247-	248	XBR EA2X2X3/16	248	1	4000	29	b4	134v	40	0.726	5040	26	103	0.249	4000	29	16	A325	1S	49	0.588
3	203-	204	HOR EA2X2X3/16	248	1	4030	3	r1	90v	67	0.017	4030	1	103	0.011	4030	1	16	A325	1S	49	0.023
3	223-	224	HOR EA2X2X3/16	248	1	5050	3	r1	90v	67	0.041	4050	3	103	0.024	5050	3	16	A325	1S	49	0.057
3	243-	244	HOR EA2X2X3/16	248	1	5030	2	r1	90v	67	0.032	4060	2	103	0.024	4060	2	16	A325	1S	49	0.051
3	255	256	PBR EA2X2X3/16	248	1	4020	1	r1	90v	67	0.011	4020	1	103	0.007	4020	1	16	A325	1S	49	0.015
3	256	257	PBR EA2X2X3/16	248	1	4030	1	r1	90v	67	0.009	4030	1	103	0.006	4030	1	16	A325	1S	49	0.012
3	257	258	PBR EA2X2X3/16	248	1	4020	1	r1	90v	67	0.011	4020	1	103	0.007	4020	1	16	A325	1S	49	0.015
4	301-	302	LEG EA5X5X3/8	248	8	4030	195	Leg	40v	479	0.407	5060	169	520	0.324	4030	195	16	A325	1S	393	0.496
4	321-	322	LEG EA5X5X3/8	248	8	4050	200	Leg	40v	479	0.419	5010	171	520	0.328	4050	200	16	A325	1S	393	0.510
4	341-	342	LEG EA5X5X3/8	248	8	4000	168	Leg	40v	479	0.393	5040	160	520	0.307	4000	168	16	A325	1S	393	0.479
4	305-	306	XBR EA2.5X2.5X3/16	248	1	4050	45	b2														

4	323-	324	HOR	EA2X2X3/16	248	1	5010	2	r1	90v	67	0.030	4050	3	103	0.024	4050	3	16	A325	18	49	0.051
4	343-	344	HOR	EA2X2X3/16	248	1	5060	2	r1	90v	67	0.030	4030	2	103	0.024	4030	2	16	A325	18	49	0.050
4	355		FBR	EA2X2X3/16	248	1	4020	1	r1	90v	67	0.016	4020	1	103	0.010	4020	1	16	A325	18	49	0.022
4	356		FBR	EA2X2X3/16	248	1	4030	1	r1	90v	67	0.013	4030	1	103	0.008	4030	1	16	A325	18	49	0.018
4	357		FBR	EA2X2X3/16	248	1	4020	1	r1	90v	67	0.016	4020	1	103	0.010	4020	1	16	A325	18	49	0.022
5	401-	402	LEG	EA5X5X3/8	248	8	4030	310	Leg	40v	479	0.647	5060	275	520	0.529	4030	310	16	A325	18	393	0.789
5	421-	422	LEG	EA5X5X3/8	248	8	4050	322	Leg	40v	479	0.673	5010	275	520	0.528	4050	322	16	A325	18	393	0.820
5	441-	442	LEG	EA5X5X3/8	248	8	4000	292	Leg	40v	479	0.611	5040	264	520	0.507	4000	292	16	A325	18	393	0.745
5	405-	406	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4050	52	b2	110v	69	0.764	5020	54	130	0.416	5020	54	19	A325	18	71	0.764
5	407-	408	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4020	55	b2	110v	69	0.796	5050	51	130	0.389	4020	55	19	A325	18	71	0.772
5	425-	426	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4000	39	b2	110v	69	0.566	5040	37	130	0.283	4000	39	19	A325	18	71	0.549
5	427-	428	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4050	37	b2	110v	69	0.547	5000	37	130	0.286	4050	37	19	A325	18	71	0.530
5	445-	446	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4040	43	b2	110v	69	0.629	5000	46	130	0.355	4040	46	19	A325	18	71	0.653
5	447-	448	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4000	48	b2	110v	69	0.706	5040	44	130	0.335	4000	48	19	A325	18	71	0.684
5	403-	404	HOR	EA2X2X3/16	248	1	5020	7	r1	90v	67	0.101	4020	7	103	0.069	4020	7	16	A325	18	49	0.144
5	423-	424	HOR	EA2X2X3/16	248	1	5030	7	r1	90v	67	0.100	4060	7	103	0.068	4060	7	16	A325	18	49	0.142
5	443-	444	HOR	EA2X2X3/16	248	1	5050	7	r1	90v	67	0.103	4010	7	103	0.068	4010	7	16	A325	18	49	0.142
5	455		FBR	EA2X2X3/16	248	1	4020	1	r1	90v	67	0.020	4020	1	103	0.013	4020	1	16	A325	18	49	0.028
5	456		FBR	EA2X2X3/16	248	1	4040	1	r1	90v	67	0.016	4040	1	103	0.010	4040	1	16	A325	18	49	0.022
5	457		FBR	EA2X2X3/16	248	1	4020	1	r1	90v	67	0.020	4020	1	103	0.013	4020	1	16	A325	18	49	0.028
6	501-	502	LEG	EA5X5X3/8	248	12	4030	427	Leg	40v	479	0.892	5060	386	520	0.742	4030	427	16	A325	18	589	0.725
6	521-	522	LEG	EA5X5X3/8	248	12	4050	446	Leg	40v	479	0.931	5010	382	520	0.735	4050	446	16	A325	18	589	0.756
6	541-	542	LEG	EA5X5X3/8	248	12	4000	407	Leg	40v	479	0.851	5040	375	520	0.720	4000	407	16	A325	18	589	0.691
6	505-	506	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4050	62	b2	110v	69	0.904	5020	58	130	0.450	4050	62	19	A325	18	71	0.877
6	507-	508	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4020	60	b2	110v	69	0.930	5050	57	130	0.450	4020	60	19	A325	18	71	0.846
6	525-	526	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4000	48	b2	110v	69	0.707	5040	45	130	0.350	4000	48	19	A325	18	71	0.685
6	527-	528	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4050	46	b2	110v	69	0.675	5010	43	130	0.331	4050	46	19	A325	18	71	0.655
6	545-	546	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4030	46	b2	110v	69	0.677	5000	46	130	0.350	4030	46	19	A325	18	71	0.656
6	547-	548	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4000	58	b2	110v	69	0.842	5040	52	130	0.401	4000	58	19	A325	18	71	0.817
6	503-	504	HOR	EA2X2X3/16	248	1	5000	4	r1	90v	67	0.060	4050	5	103	0.047	4050	5	16	A325	18	49	0.098
6	523-	524	HOR	EA2X2X3/16	248	1	5020	5	r1	90v	67	0.078	4050	6	103	0.054	4050	6	16	A325	18	49	0.130
6	543-	544	HOR	EA2X2X3/16	248	1	5050	5	r1	90v	67	0.102	4020	6	103	0.056	4020	6	16	A325	18	49	0.138
6	555		FBR	EA2X2X3/16	248	1	4020	1	r1	90v	67	0.022	4020	1	103	0.015	4020	1	16	A325	18	49	0.030
6	556		FBR	EA2X2X3/16	248	1	4030	1	r1	90v	67	0.017	4030	1	103	0.011	4030	1	16	A325	18	49	0.024
6	557		FBR	EA2X2X3/16	248	1	4020	1	r1	90v	67	0.022	4020	1	103	0.015	4020	1	16	A325	18	49	0.030
7	656-	657	LEG	STA6X1/2_4X3/8	248	10	4030	552	Leg	43v	1093	0.505	5060	504	1241	0.406	4030	552	19	A325	18	707	0.800
7	658-	659	LEG	STA6X1/2_4X3/8	248	10	4050	576	Leg	43v	1093	0.527	5010	498	1241	0.401	4050	576	19	A325	18	707	0.814
7	660-	661	LEG	STA6X1/2_4X3/8	248	10	4000	539	Leg	43v	1093	0.494	5040	490	1241	0.395	4000	539	19	A325	18	707	0.763
7	602-	603	XBR	EA3X3X1/4	248	1	4050	65	b4	130v	85	0.763	5010	57	208	0.275	4050	65	19	A325	18	71	0.919
7	604-	605	XBR	EA3X3X1/4	248	1	4030	60	b4	130v	85	0.706	5060	58	208	0.281	4030	60	19	A325	18	71	0.851
7	622-	623	XBR	EA3X3X1/4	248	1	4000	52	b4	130v	85	0.614	5040	48	208	0.229	4000	52	19	A325	18	71	0.739
7	624-	625	XBR	EA3X3X1/4	248	1	4050	48	b4	130v	85	0.566	5010	44	208	0.213	4050	48	19	A325	18	71	0.682
7	642-	643	XBR	EA3X3X1/4	248	1	4030	49	b4	130v	85	0.577	5060	45	208	0.217	4030	49	19	A325	18	71	0.695
7	644-	645	XBR	EA3X3X1/4	248	1	4000	64	b4	130v	85	0.745	5040	54	208	0.262	4000	64	19	A325	18	71	0.898
7	606		HOR	EA2X2X3/16	248	1	5000	2	b4	180v	22	0.081	4040	2	103	0.015	5000	2	16	A325	18	49	0.036
7	626		HOR	EA2X2X3/16	248	1	4030	1	b4	180v	22	0.072	4030	1	103	0.012	4030	1	16	A325	18	49	0.030
7	646		HOR	EA2X2X3/16	248	1	4050	2	b4	180v	22	0.071	5010	1	103	0.012	4050	2	16	A325	18	49	0.032
7	647-	648	HOR	EA2X2X3/16	248	1	4050	9	r1	98v	62	0.139	4050	9	103	0.084	4050	9	16	A325	18	49	0.176
7	649-	650	HOR	EA2X2X3/16	248	1	4050	9	r1	98v	62	0.139	4050	9	103	0.084	4050	9	16	A325	18	49	0.176
7	651-	652	HOR	EA2X2X3/16	248	1	4030	8	r1	98v	62	0.133	4030	8	103	0.080	4030	8	16	A325	18	49	0.169
7	653		FBR	EA2X2X3/16	248	1	4030	2	r1	98v	62	0.024	4030	2	103	0.015	4030	2	16	A325	18	49	0.031
7	654		FBR	EA2X2X3/16	248	1	4030	1	r1	98v	62	0.020	4030	1	103	0.012	4030	1	16	A325	18	49	0.025
7	655		FBR	EA2X2X3/16	248	1	4030	2	r1	98v	62	0.020	4030	2	103	0.015	4030	2	16	A325	18	49	0.031
8	701-	702	LEG	STA6X1/2_4X3/8	248	12	4030	705	Leg	43v	1095	0.644	5060	638	1241	0.514	4030	706	19	A325	18	849	0.832
8	721-	722	LEG	STA6X1/2_4X3/8	248	12	4050	734	Leg	43v	1095	0.670	5010	629	1241	0.509	4050	735	19	A325	18	849	0.865
8	741-	742	LEG	STA6X1/2_4X3/8	248	12	4000	694	Leg	43v	1095	0.634	5040	632	1241	0.509	4000	695	19	A325	18	849	0.819
8	705-	706	XBR	EA3X3X1/4	248	2	4050	62	b6	130v	86	0.722	5020	64	208	0.310	5020	64	16	A325	18	98	0.656
8	707-	708	XBR	EA3X3X1/4	248	2	4020	65	b6	130v	86	0.764	5050	56	208	0.272	4020	65	16	A325	18	98	0.666
8	725-	726	XBR	EA3X3X1/4	248	2	4000	52	b6	130v	86	0.612	5040	47	208	0.225	4000	52	16	A325	18	98	0.534
8	727-	728	XBR	EA3X3X1/4	248	2	5040	43	b6	130v	86	0.503	4000	47	208	0.228	4000	47	16	A325	18	98	0.481
8	745-	746	XBR	EA3X3X1/4	248	2	4040	46	b6	130v	86	0.682	5060	46	208	0.269	4040	46	16	A325	18	98	0.567
8	747-	748	XBR	EA3X3X1/4	248	2	4000	61	b6	130v	86	0.711	5040	53	208	0.253	4000						

10	1118	HIP	EA2X2X3/16	248	1 5030	2	r1	88v	69	0.022	5030	2	103	0.015	5030	2	16	A325	1S
10	1120	HIP	EA2X2X3/16	248	1 4000	3	r1	88v	69	0.039	4000	3	103	0.026	4000	3	16	A325	1S
10	1109	FBR	EA2X2X3/16	248	1 4020	2	r4	176v	23	0.078	5050	2	103	0.019	5050	2	16	A325	1S
10	1110	FBR	EA2X2X3/16	248	1 4000	2	r4	176v	23	0.067	5000	2	103	0.019	5000	2	16	A325	1S
10	1111	FBR	EA2X2X3/16	248	1 4020	2	r4	176v	23	0.078	5030	2	103	0.019	5030	2	16	A325	1S
10	1015	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 5060	21	r1	70v	101	0.205	4030	23	130	0.178	4030	23	13	A325	1S
10	1016	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 4030	25	r4	132v	52	0.479	5060	22	130	0.169	4030	25	13	A325	1S
10	1017	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 4030	16	r4	145v	43	0.381	4030	16	130	0.126	4030	16	13	A325	1S
10	1018	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 4030	16	r1	70v	101	0.159	4030	16	130	0.123	4030	16	13	A325	1S
10	1019	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 5010	20	r1	70v	101	0.203	4050	24	130	0.184	4050	24	13	A325	1S
10	1020	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 4050	26	r4	132v	52	0.496	5010	22	130	0.167	4050	26	13	A325	1S
10	1021	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 4050	17	r4	145v	43	0.394	4050	17	130	0.130	4050	17	13	A325	1S
10	1022	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 4050	17	r1	70v	101	0.165	4050	17	130	0.127	4050	17	13	A325	1S
10	1055	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 5010	20	r1	70v	101	0.199	4050	24	130	0.181	4050	24	13	A325	1S
10	1056	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 4050	25	r4	132v	52	0.487	5010	21	130	0.164	4050	25	13	A325	1S
10	1057	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 4050	18	r4	145v	43	0.413	4050	17	130	0.130	4050	18	13	A325	1S
10	1058	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 4050	17	r1	70v	101	0.165	4050	17	130	0.127	4050	17	13	A325	1S
10	1059	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 5040	20	r1	70v	101	0.204	4000	23	130	0.180	4000	23	13	A325	1S
10	1060	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 4000	25	r4	132v	52	0.485	5040	22	130	0.168	4000	25	13	A325	1S
10	1061	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 4000	17	r4	145v	43	0.393	4000	17	130	0.130	4000	17	13	A325	1S
10	1062	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 4000	17	r1	70v	101	0.165	4000	17	130	0.127	4000	17	13	A325	1S
10	1095	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 5040	21	r1	70v	101	0.205	4000	24	130	0.184	4000	24	13	A325	1S
10	1096	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 4000	26	r4	132v	52	0.494	5040	22	130	0.169	4000	26	13	A325	1S
10	1097	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 4000	17	r4	145v	43	0.393	4000	17	130	0.130	4000	17	13	A325	1S
10	1098	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 4000	17	r1	70v	101	0.165	4000	17	130	0.127	4000	17	13	A325	1S
10	1099	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 5060	20	r1	70v	101	0.203	4030	23	130	0.175	4030	23	13	A325	1S
10	1100	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 4030	25	r4	132v	52	0.473	5060	22	130	0.167	4030	25	13	A325	1S
10	1101	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 4020	17	r4	145v	43	0.400	4030	16	130	0.126	4020	17	13	A325	1S
10	1102	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1 4030	16	r1	70v	101	0.159	4030	16	130	0.123	4030	16	13	A325	1S

Warnings

Redundant members that are not triangulated have been detected
and the restraint offered by them has been neglected, see Fig 4-2 in TIA-222-G

Mass Summary

Sect	Size	fy	L (m)	M (kg)
10	STA6X1/2_4X1/2	Y 248	18.04	869.82
11	STA6X1/2_4X3/8	Y 248	36.08	1573.17
22	EA5X5X3/8	Y 248	18.00	329.09
30	EA4X4X1/4	Y 248	81.72	802.91
40	EA3X3X1/4	Y 248	44.34	323.37
46	EA2.5X2.5X3/16	Y 248	127.18	580.99
47	EA2.5X2.5X1/4	Y 248	18.00	108.48
50	EA2X2X3/16	Y 248	146.02	528.76

				5116.59

ANEXO N° 17. Modelo 2. Resultados

LOAD CASES

Case	Y/N	Title
100	N	WEIGHT OF TOWER PLUS ANCILLARIES
1000	N	WIND AT 0 TO X AXIS
1010	N	WIND AT 60 TO X AXIS
1020	N	WIND AT 90 TO X AXIS
1030	N	WIND AT 120 TO X AXIS
1040	N	WIND AT 180 TO X AXIS
1050	N	WIND AT 240 TO X AXIS
1060	N	WIND AT 300 TO X AXIS
3000	Y	MAX. TOWER WEIGHT
4000	Y	MAX DL + WIND AT 0 TO X AXIS
4010	Y	MAX DL + WIND AT 60 TO X AXIS
4020	Y	MAX DL + WIND AT 90 TO X AXIS
4030	Y	MAX DL + WIND AT 120 TO X AXIS
4040	Y	MAX DL + WIND AT 180 TO X AXIS
4050	Y	MAX DL + WIND AT 240 TO X AXIS
4060	Y	MAX DL + WIND AT 300 TO X AXIS
5000	Y	MIN DL + WIND AT 0 TO X AXIS
5010	Y	MIN DL + WIND AT 60 TO X AXIS
5020	Y	MIN DL + WIND AT 90 TO X AXIS
5030	Y	MIN DL + WIND AT 120 TO X AXIS
5040	Y	MIN DL + WIND AT 180 TO X AXIS
5050	Y	MIN DL + WIND AT 240 TO X AXIS
5060	Y	MIN DL + WIND AT 300 TO X AXIS
6000	Y	CARGA: WIND AT 0 TO X AXIS
6010	Y	CARGA: WIND AT 60 TO X AXIS
6020	Y	CARGA: WIND AT 90 TO X AXIS
6030	Y	CARGA: WIND AT 120 TO X AXIS
6040	Y	CARGA: WIND AT 180 TO X AXIS
6050	Y	CARGA: WIND AT 240 TO X AXIS
6060	Y	CARGA: WIND AT 300 TO X AXIS

Y = Cases to be checked
N = Not Used

Report Units:

Dims., lengths, areas ... mm, mm²
Forces kN
StressesN/mm² (MPa)

Design strengths to TIA-222-G

Resistance factors:

Compression, $\phi = 0.90$ 4.5.4.2
Tension - yielding, $\phi = 0.90$ 4.6.3
Tension - fracture, $\phi = 0.75$ 4.6.3
Bolts - tension, $\phi = 0.75$ 4.9.6.1
Bolts - bearing, $\phi = 0.80$ 4.9.6.2
Bolts - shear, $\phi = 0.75$ 4.9.6.3
Guys, $\phi = 0.60$ 7.6.2

Symbols:

f_y = yield stress
 n_b = no. bolts in end connection.
KL/r = Effective slenderness ratio, 3.3.4.
 P_u = Force due to factored loads.
 ϕP_n = Design strength.
* = Factored load/Design strength > 1.0
= Exceeds slenderness recommendations, TIA-222-G, 4.4.2.

Note:

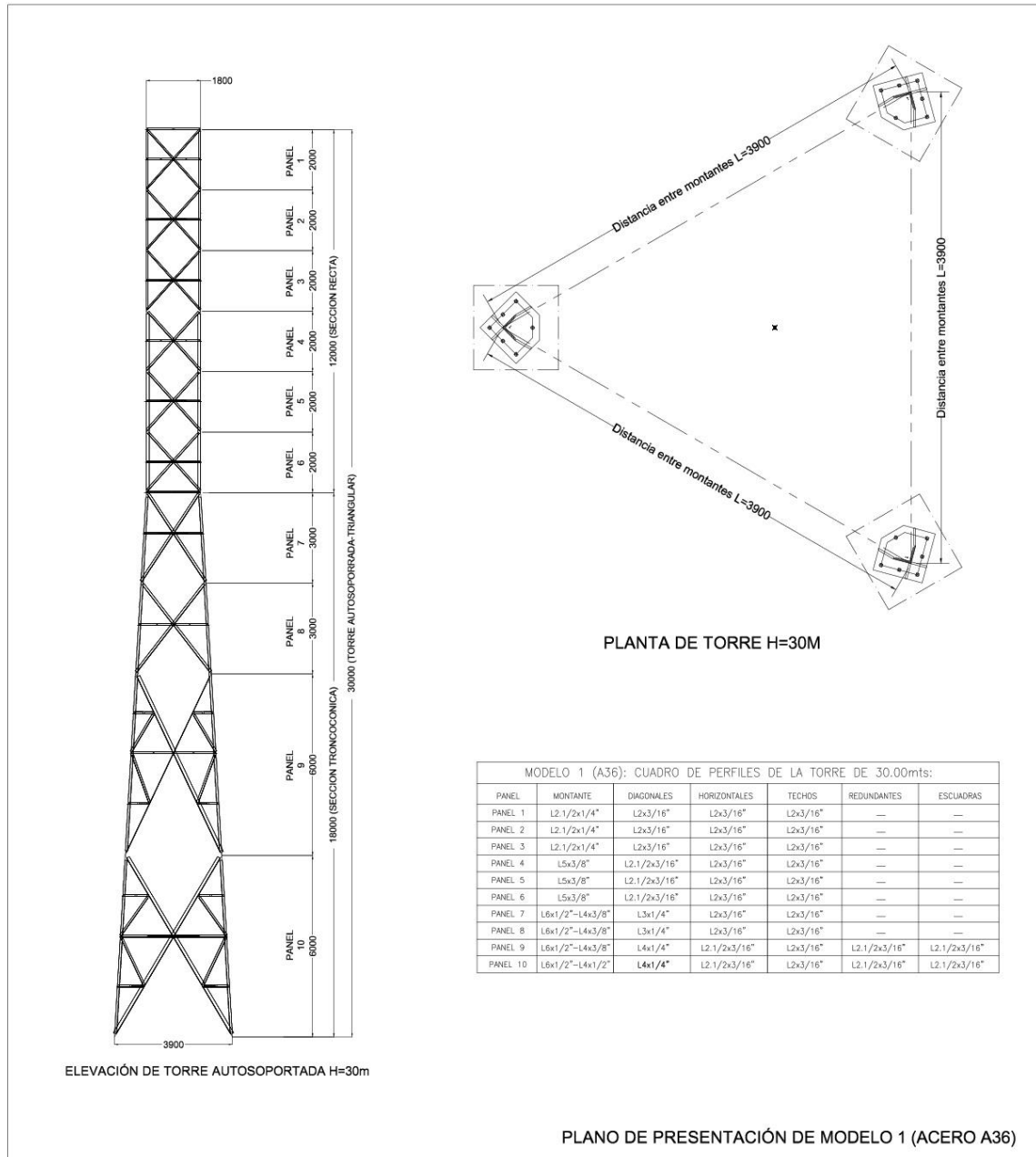
- * Members are checked for axial force only; additional member checks are required if members are subject to significant bending moments.
- * Buckling restraints assume fully triangulated bracing patterns; additional checks of member capacity and buckling restraints may be required if non-triangulated bracing is used.
- * Members are not checked for manloads or maintenance loads.

Pnl	Members	Typ	Size	f_y	nb	Case	Compression			Tension			Joint									
							P_u	Curve	KL/r	ϕP_n	$P_u/\phi P_n$	Case	P_u	Dia	Grade	Type	ϕP_n	$P_u/\phi P_n$				
1	56-	57	LEG EA2.5X2.5X1/4	345	4	4030	16	Leg	80v	149	0.105	5060	13	235	0.055	4030	16	16	A325	1S	196	0.080
1	58-	59	LEG EA2.5X2.5X1/4	345	4	4050	18	Leg	80v	149	0.121	5010	12	235	0.052	4050	18	16	A325	1S	196	0.091
1	60-	61	LEG EA2.5X2.5X1/4	345	4	4000	20	Leg	80v	149	0.132	5040	10	235	0.043	4000	20	16	A325	1S	196	0.100
1	2-	3	XBR EA2X2X3/16	248	1	4060	7	b4	134v	40	0.178	5020	8	103	0.075	5020	8	16	A325	1S	49	0.157
1	4-	5	XBR EA2X2X3/16	248	1	4030	9	b4	134v	40	0.215	5060	8	103	0.076	4030	9	16	A325	1S	49	0.174
1	22-	23	XBR EA2X2X3/16	248	1	4010	16	b4	134v	40	0.390	5050	16	103	0.154	5050	16	16	A325	1S	49	0.324
1	24-	25	XBR EA2X2X3/16	248	1	4050	15	b4	134v	40	0.372	5010	15	103	0.143	4050	15	16	A325	1S	49	0.302
1	42-	43	XBR EA2X2X3/16	248	1	4030	13	b4	134v	40	0.329	5060	12	103	0.116	4030	13	16	A325	1S	49	0.267
1	44-	45	XBR EA2X2X3/16	248	1	4060	14	b4	134v	40	0.350	5030	13	103	0.128	4060	14	16	A325	1S	49	0.284
1	6	HOR	EA2X2X3/16	248	1	5040	4	b4	180v	22	0.171	4000	4	103	0.038	4000	4	16	A325	1S	49	0.080
1	26	HOR	EA2X2X3/16	248	1	5060	4	b4	180v	22	0.197	4030	4	103	0.039	5060	4	16	A325	1S	49	0.089
1	46	HOR	EA2X2X3/16	248	1	5010	4	b4	180v	22	0.186	4050	5	103	0.045	4050	5	16	A325	1S	49	0.095
1	47-	48	HOR EA2X2X3/16	248	1	5030	0	r1	90v	67	0.005	4020	0	103	0.003	5030	0	16	A325	1S	49	0.007
1	49-	50	HOR EA2X2X3/16	248	1	5000	0	r1	90v	67	0.005	4050	0	103	0.003	5000	0	16	A325	1S	49	0.007
1	51-	52	HOR EA2X2X3/16	248	1	5000	0	r1	90v	67	0.005	4040	0	103	0.003	5000	0	16	A325	1S	49	0.007
1	53	PBR	EA2X2X3/16	248	1	4010	0	r1	90v	67	0.005	4050	0	103	0.004	4050	0	16	A325	1S	49	0.008
1	54	PBR	EA2X2X3/16	248	1	4010	0	r1	90v	67	0.005	4000	0	103	0.004	4000	0	16	A325	1S	49	0.008
1	55	PBR	EA2X2X3/16	248	1	4060	0	r1	90v	67	0.005	4030	0	103	0.004	4030	0	16	A325	1S	49	0.008
2	101-	102	LEG EA2.5X2.5X1/4	345	4	4030	49	Leg	80v	149	0.330	5060	43	235	0.185	4030	49	16	A325	1S	196	0.250
2	121-	122	LEG EA2.5X2.5X1/4	345	4	4050	55	Leg	80v	149	0.368	5010	44	235	0.187	4050	55	16	A325	1S	196	0.279
2	141-	142	LEG EA2.5X2.5X1/4	345	4	4000	56	Leg	80v	149	0.375	5040	44	235	0.186	4000	56	16	A325	1S	196	0.284
2	105-	106	XBR EA2X2X3/16	248	1	5060	12	b4	134v	40	0.296	4030	13	103	0.125	4030	13	16	A325	1S	49	0.263
2	107-	108	XBR EA2X2X3/16	248	1	5020	13	b4	134v	40	0.319	4060	12	103	0.115	5020	13	16	A325	1S	49	0.258
2	125-	126	XBR EA2X2X3/16	248	1	4000	17	b4	134v	40	0.419	5050	16	103	0.159	4000	17	16	A325	1S	49	0.339
2	127-	128	XBR EA2X2X3/16	248	1	4050	20	b4	134v	40	0.491	5010	18	103	0.177	4050	20	16	A325	1S	49	0.397
2	145-	146	XBR EA2X2X3/16	248	1	5030	16	b4	134v	40	0.405	4060	16	103	0.156	5030	16	16	A325	1S	49	0.328
2	147-	148	XBR EA2X2X3/16	248	1	5060	13	b4	134v	40	0.325	4030	14	103	0.137	4030	14	16	A325	1S	49	0.288
2	103-	104	HOR EA2X2X3/16	248	1	5030	2	r1	90v	67	0.033	4030	2	103	0.021	5030	2	16	A325	1S	49	0.046
2	123-	124	HOR EA2X2X3/16	248	1	5000	2	r1	90v	67	0.024	4040	2	103	0.015	5000	2	16	A325	1S	49	0.033
2	143-	144	HOR EA2X2X3/16	248	1	4000	1	r1	90v	67	0.009	4000	1	103	0.006	4000	1	16	A325	1S	49	0.012
2	155	PBR	EA2X2X3/16	248	1	5050	0	r1	90v	67	0.007	5050	0	103	0.004	5050	0	16	A325	1S	49	0.009
2	156	PBR	EA2X2X3/16	248	1	5050	0	r1	90v	67	0.007	5050	0	103	0.004	5050	0	16	A325	1S	49	0.009
2	157	PBR	EA2X2X3/16	248	1	5030	0	r1	90v	67	0.006	5030	0	103	0.004	5030	0	16	A325	1S	49	0.008
3	201-	202	LEG EA2.5X2.5X1/4	345	4	4030	107	Leg	80v	149	0.720	5060	86	235	0.366	4030	107	16	A325	1S	196	0.545
3	221-	222	LEG EA2.5X2.5X1/4	345	4	4050	106	Leg	80v	149	0.710	5010	91	235	0.389	4050	106	16	A325	1S	196	0.538
3	241-	242	LEG EA2.5X2.5X1/4	345	4	4000	105	Leg	80v	149	0.708	5040	90	235	0.383	4000	105	16	A325	1S	196	0.537
3	205-	206	XBR EA2X2X3/16	248	1	4050	32	b4	134v	40	0.808	5010	30	103	0.288	4050	32	16	A325	1S	49	0.654

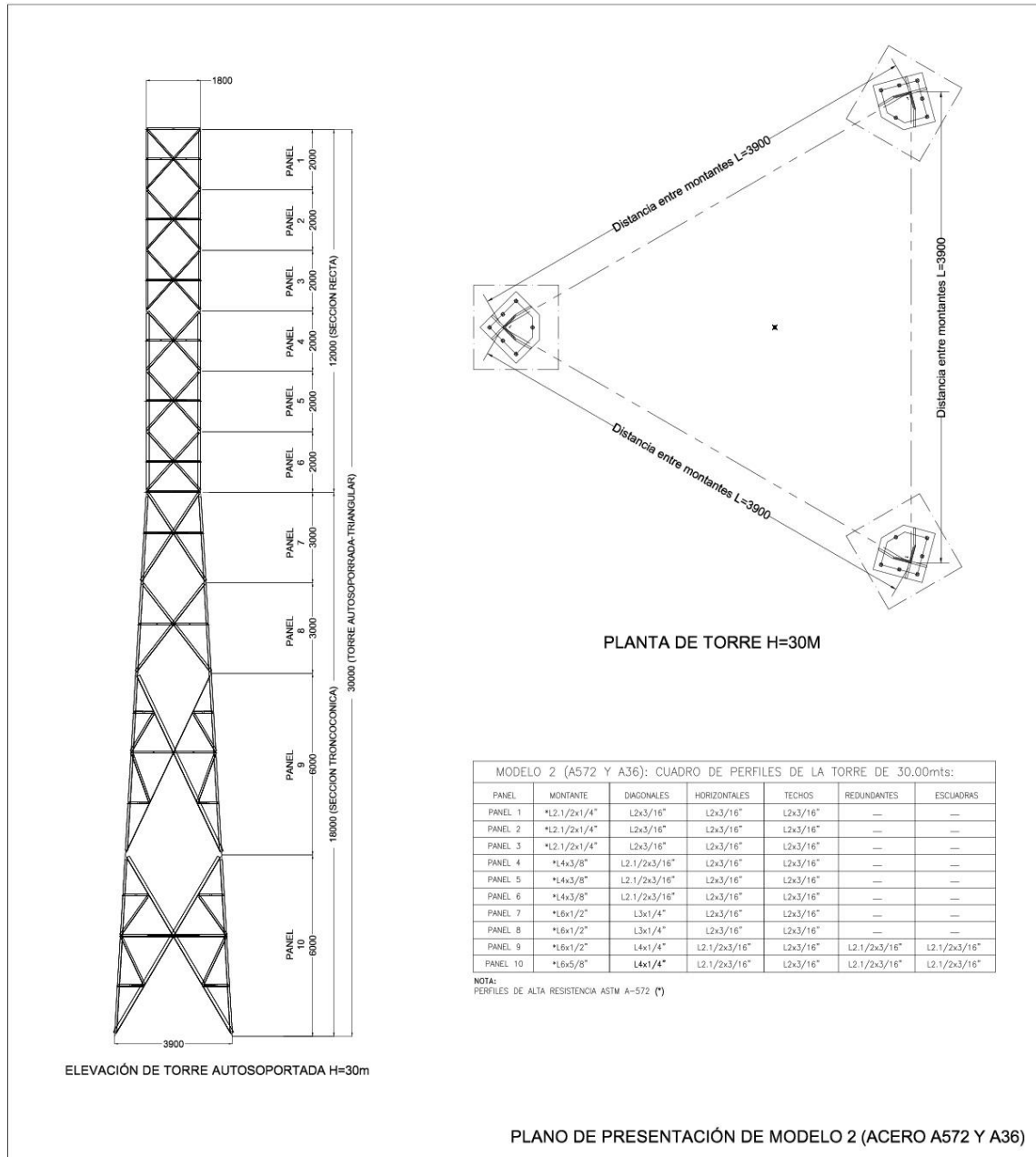
3	207-	208	XBR	EA2X2X3/16	248	1	4020	29	b4	134v	40	0.728	5060	31	103	0.302	5060	31	16	A325	18	49	0.633
3	225-	226	XBR	EA2X2X3/16	248	1	4000	19	b4	134v	40	0.467	5040	19	103	0.183	5040	19	16	A325	18	49	0.385
3	227-	228	XBR	EA2X2X3/16	248	1	4050	24	b4	134v	40	0.591	5010	20	103	0.192	4050	24	16	A325	18	49	0.479
3	245-	246	XBR	EA2X2X3/16	248	1	4030	24	b4	134v	40	0.599	5000	24	103	0.229	4030	24	16	A325	18	49	0.485
3	247-	248	XBR	EA2X2X3/16	248	1	4000	28	b4	134v	40	0.716	5040	25	103	0.247	4000	28	16	A325	18	49	0.580
3	203-	204	HOR	EA2X2X3/16	248	1	4030	1	r1	90v	67	0.017	4030	1	103	0.011	4030	1	16	A325	18	49	0.023
3	223-	224	HOR	EA2X2X3/16	248	1	5050	3	r1	90v	67	0.041	4050	3	103	0.024	5050	3	16	A325	18	49	0.056
3	243-	244	HOR	EA2X2X3/16	248	1	5030	2	r1	90v	67	0.031	4060	2	103	0.024	4060	2	16	A325	18	49	0.050
3	255-	PBR	EA2X2X3/16	248	1	4020	1	r1	90v	67	0.011	4020	1	103	0.007	4020	1	16	A325	18	49	0.015	
3	256-	PBR	EA2X2X3/16	248	1	4030	1	r1	90v	67	0.009	4030	1	103	0.006	4030	1	16	A325	18	49	0.012	
3	257-	PBR	EA2X2X3/16	248	1	4020	1	r1	90v	67	0.011	4020	1	103	0.007	4020	1	16	A325	18	49	0.015	
4	301-	302	LEG	EA4X4X3/8	345	8	4030	194	Leg	50v	477	0.408	5060	169	572	0.294	4030	194	16	A325	18	393	0.495
4	321-	322	LEG	EA4X4X3/8	345	8	4050	200	Leg	50v	477	0.419	5010	171	572	0.298	4050	200	16	A325	18	393	0.509
4	341-	342	LEG	EA4X4X3/8	345	8	4000	188	Leg	50v	477	0.394	5040	159	572	0.279	4000	188	16	A325	18	393	0.478
4	305-	306	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4050	45	b2	110v	69	0.651	5020	43	130	0.327	4050	45	16	A325	18	49	0.909
4	307-	308	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4020	43	b2	110v	69	0.624	5060	43	130	0.335	5060	43	16	A325	18	49	0.886
4	325-	326	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4000	32	b2	110v	69	0.462	5040	31	130	0.238	4000	32	16	A325	18	49	0.646
4	327-	328	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4050	34	b2	110v	69	0.503	5010	31	130	0.235	4050	34	16	A325	18	49	0.702
4	345-	346	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4030	35	b2	110v	69	0.509	5000	36	130	0.276	5000	36	16	A325	18	49	0.732
4	347-	348	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4000	41	b2	110v	69	0.593	5040	38	130	0.294	4000	41	16	A325	18	49	0.828
4	303-	304	HOR	EA2X2X3/16	248	1	4050	2	r1	90v	67	0.026	4050	2	103	0.017	4050	2	16	A325	18	49	0.035
4	323-	324	HOR	EA2X2X3/16	248	1	4050	2	r1	90v	67	0.026	4050	2	103	0.018	4050	2	16	A325	18	49	0.038
4	343-	344	HOR	EA2X2X3/16	248	1	4030	2	r1	90v	67	0.025	4030	2	103	0.018	4030	2	16	A325	18	49	0.038
4	355-	PBR	EA2X2X3/16	248	1	4020	1	r1	90v	67	0.016	4020	1	103	0.010	4020	1	16	A325	18	49	0.022	
4	356-	PBR	EA2X2X3/16	248	1	4030	1	r1	90v	67	0.013	4030	1	103	0.008	4030	1	16	A325	18	49	0.018	
4	357-	PBR	EA2X2X3/16	248	1	4020	1	r1	90v	67	0.016	4020	1	103	0.010	4020	1	16	A325	18	49	0.022	
5	401-	402	LEG	EA4X4X3/8	345	8	4030	311	Leg	50v	477	0.652	5060	276	572	0.483	4030	311	16	A325	18	393	0.792
5	421-	422	LEG	EA4X4X3/8	345	8	4050	323	Leg	50v	477	0.678	5010	276	572	0.482	4050	323	16	A325	18	393	0.823
5	441-	442	LEG	EA4X4X3/8	345	8	4000	294	Leg	50v	477	0.615	5040	265	572	0.463	4000	294	16	A325	18	393	0.747
5	405-	406	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4050	51	b2	110v	69	0.743	5020	54	130	0.414	5020	54	19	A325	18	71	0.762
5	407-	408	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4020	54	b2	110v	69	0.790	5050	51	130	0.394	4020	54	19	A325	18	71	0.766
5	425-	426	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4000	37	b2	110v	69	0.545	5040	36	130	0.274	4000	37	19	A325	18	71	0.529
5	427-	428	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4040	36	b2	110v	69	0.529	5000	38	130	0.291	5000	38	19	A325	18	71	0.535
5	445-	446	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4040	43	b2	110v	69	0.634	5000	47	130	0.360	5000	47	19	A325	18	71	0.661
5	447-	448	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4000	47	b2	110v	69	0.685	5040	42	130	0.326	4000	47	19	A325	18	71	0.664
5	403-	404	HOR	EA2X2X3/16	248	1	5020	7	r1	90v	67	0.100	4020	7	103	0.066	4020	7	16	A325	18	49	0.138
5	423-	424	HOR	EA2X2X3/16	248	1	5030	6	r1	90v	67	0.088	4060	6	103	0.058	4060	6	16	A325	18	49	0.122
5	443-	444	HOR	EA2X2X3/16	248	1	5050	6	r1	90v	67	0.091	4010	6	103	0.059	5050	6	16	A325	18	49	0.124
5	455	PBR	EA2X2X3/16	248	1	4050	1	r1	90v	67	0.019	4050	1	103	0.012	4050	1	16	A325	18	49	0.026	
5	456	PBR	EA2X2X3/16	248	1	4000	1	r1	90v	67	0.017	4000	1	103	0.011	4000	1	16	A325	18	49	0.024	
5	457	PBR	EA2X2X3/16	248	1	4050	1	r1	90v	67	0.019	4050	1	103	0.012	4050	1	16	A325	18	49	0.026	
6	501-	502	LEG	EA4X4X3/8	345	12	4030	426	Leg	50v	477	0.894	5060	386	572	0.674	4030	426	16	A325	18	589	0.724
6	521-	522	LEG	EA4X4X3/8	345	12	4050	445	Leg	50v	477	0.933	5010	382	572	0.668	4050	445	16	A325	18	589	0.756
6	541-	542	LEG	EA4X4X3/8	345	12	4000	407	Leg	50v	477	0.853	5040	375	572	0.655	4000	407	16	A325	18	589	0.690
6	505-	506	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4050	61	b2	110v	69	0.890	5020	58	130	0.444	4050	61	19	A325	18	71	0.863
6	507-	508	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4020	59	b2	110v	69	0.859	5060	56	130	0.432	4020	59	19	A325	18	71	0.833
6	525-	526	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4000	47	b2	110v	69	0.692	5040	45	130	0.343	4000	47	19	A325	18	71	0.671
6	527-	528	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4050	45	b2	110v	69	0.658	5010	42	130	0.323	4050	45	19	A325	18	71	0.638
6	545-	546	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4030	45	b2	110v	69	0.827	5000	45	130	0.346	4030	45	19	A325	18	71	0.640
6	547-	548	XBR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4000	57	b2	110v	69	0.828	5040	51	130	0.395	4000	57	19	A325	18	71	0.803
6	503-	504	HOR	EA2X2X3/16	248	1	4050	4	r1	90v	67	0.057	4050	4	103	0.037	4050	4	16	A325	18	49	0.078
6	523-	524	HOR	EA2X2X3/16	248	1	5020	4	r1	90v	67	0.062	4050	4	103	0.041	4050	4	16	A325	18	49	0.087
6	543-	544	HOR	EA2X2X3/16	248	1	5050	4	r1	90v	67	0.059	4020	5	103	0.044	4020	5	16	A325	18	49	0.093
6	555	PBR	EA2X2X3/16	248	1	4020	1	r1	90v	67	0.022	4020	1	103	0.014	4020	1	16	A325	18	49	0.030	
6	556	PBR	EA2X2X3/16	248	1	4000	1	r1	90v	67	0.018	4000	1	103	0.012	4000	1	16	A325	18	49	0.024	
6	557	PBR	EA2X2X3/16	248	1	4020	1	r1	90v	67	0.022	4020	1	103	0.014	4020	1	16	A325	18	49	0.030	
7	656-	657	LEG	EA6X6X1/2	345	10	4030	543	Leg	55v	926	0.587	5060	498	1151	0.433	4030	543	19	A325	18	707	0.768
7	658-	659	LEG	EA6X6X1/2	345	10	4050	567	Leg	55v	926	0.612	5010	492	1151	0.428	4050	567	19	A325	18	707	0.802
7	660-	661	LEG	EA6X6X1/2	345	10	4000	531	Leg	55v	926	0.573	5040	484	1151	0.420	4000	531	19	A325	18	707	0.751
7	602-	603	XBR	EA3X3X1/4	248	1	4050	67	b4	130v	85	0.782	5010	58	208	0.281	4050	67	19	A325	18	71	0.942
7	604-	605	XBR	EA3X3X1/4	248	1	4030	62	b4	130v	85	0.723	5060	59	208	0.286	4030	62	19	A325	18	71	0.871
7	622-	623	XBR	EA3X3X1/4	248	1	4000	54	b4	130v	85	0.629	5040	49	208	0.235	4000	54	19	A325	18		

9	910	FBR	EA2X2X3/16	248	1	4000	2	r4	140v	37	0.050	4000	2	103	0.018	4000	2	16	A325	18	49	0.037
9	911	FBR	EA2X2X3/16	248	1	4020	2	r4	140v	37	0.055	4020	2	103	0.019	4020	2	16	A325	18	49	0.041
9	915	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	5060	15	r1	56v	110	0.136	4030	16	130	0.126	4030	16	13	A325	18	31	0.522
9	916	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4030	23	r4	122v	60	0.393	5060	21	130	0.162	4030	23	13	A325	18	31	0.747
9	917	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4030	23	r4	142v	45	0.514	5060	21	130	0.160	4030	23	13	A325	18	31	0.731
9	918	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	5000	13	r1	56v	110	0.116	4030	14	130	0.107	4030	14	13	A325	18	31	0.443
9	919	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	5010	15	r1	56v	110	0.134	4050	17	130	0.132	4050	17	13	A325	18	31	0.546
9	920	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4050	24	r4	122v	60	0.410	5010	21	130	0.160	4050	24	13	A325	18	31	0.779
9	921	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4050	24	r4	142v	45	0.529	5010	21	130	0.158	4050	24	13	A325	18	31	0.753
9	922	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	5000	13	r1	56v	110	0.114	4050	14	130	0.110	4050	14	13	A325	18	31	0.455
9	925	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	5010	14	r1	56v	110	0.125	4050	16	130	0.121	4050	16	13	A325	18	31	0.500
9	956	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4050	23	r4	122v	60	0.392	5010	20	130	0.152	4050	23	13	A325	18	31	0.726
9	957	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4050	25	r4	142v	45	0.566	5020	23	130	0.180	4050	25	13	A325	18	31	0.806
9	958	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	5020	15	r1	56v	110	0.136	4050	16	130	0.120	4050	16	13	A325	18	31	0.495
9	959	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	5040	14	r1	56v	110	0.130	4000	16	130	0.122	4000	16	13	A325	18	31	0.505
9	960	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4000	23	r4	122v	60	0.384	5040	20	130	0.157	4000	23	13	A325	18	31	0.730
9	961	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4000	24	r4	142v	45	0.538	5040	22	130	0.166	4000	24	13	A325	18	31	0.766
9	962	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	5040	13	r1	56v	110	0.118	4000	15	130	0.113	4000	15	13	A325	18	31	0.468
9	995	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	5040	15	r1	56v	110	0.133	4000	17	130	0.127	4000	17	13	A325	18	31	0.527
9	996	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4000	24	r4	122v	60	0.398	5040	21	130	0.160	4000	24	13	A325	18	31	0.755
9	997	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4000	24	r4	142v	45	0.527	5040	21	130	0.161	4000	24	13	A325	18	31	0.751
9	998	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	5040	13	r1	56v	110	0.114	4000	14	130	0.110	4000	14	13	A325	18	31	0.457
9	999	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	5060	14	r1	56v	110	0.127	4030	15	130	0.118	4030	15	13	A325	18	31	0.486
9	900	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4030	22	r4	122v	60	0.372	5060	20	130	0.155	4030	22	13	A325	18	31	0.706
9	901	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4020	25	r4	142v	45	0.563	5060	22	130	0.168	4020	25	13	A325	18	31	0.801
9	902	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	5050	14	r1	56v	110	0.123	4020	16	130	0.125	4020	16	13	A325	18	31	0.516
10	1001-1004	LEG	EA6X6X5/8	345	16	4030	1032	Leg	55v	1140	0.905	5060	942	1423	0.662	4030	1032	19	A325	18	1131	0.912
10	1041-1044	LEG	EA6X6X5/8	345	16	4050	1068	Leg	55v	1140	0.937	5010	929	1423	0.653	4050	1068	19	A325	18	1131	0.944
10	1081-1084	LEG	EA6X6X5/8	345	16	4000	1066	Leg	55v	1140	0.935	5040	944	1423	0.663	4000	1066	19	A325	18	1131	0.942
10	1007-1010	XBR	EA4X4X1/4	248	2	4050	82	b4	121y	129	0.634	5020	75	280	0.269	4050	82	16	A325	18	98	0.835
10	1011-1014	XBR	EA4X4X1/4	248	2	4030	79	b4	121y	129	0.611	5060	73	280	0.259	4030	79	16	A325	18	98	0.804
10	1047-1050	XBR	EA4X4X1/4	248	2	4000	78	b4	121y	129	0.602	5040	68	280	0.244	4000	78	16	A325	18	98	0.793
10	1051-1054	XBR	EA4X4X1/4	248	2	4050	69	b4	121y	129	0.536	5010	63	280	0.226	4050	69	16	A325	18	98	0.706
10	1087-1090	XBR	EA4X4X1/4	248	2	4030	69	b4	121y	129	0.535	5060	64	280	0.228	4030	69	16	A325	18	98	0.705
10	1091-1094	XBR	EA4X4X1/4	248	2	4000	83	b4	121y	129	0.644	5040	72	280	0.257	4000	83	16	A325	18	98	0.848
10	1005-1006	HOR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4050	9	r5	135v	50	0.185	4050	9	130	0.070	4050	9	16	A325	18	49	0.187
10	1045-1046	HOR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4050	9	r5	135v	50	0.185	4050	9	130	0.070	4050	9	16	A325	18	49	0.187
10	1085-1086	HOR	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4000	9	r5	135v	50	0.184	4000	9	130	0.070	4000	9	16	A325	18	49	0.186
10	1112	HIP	EA2X2X3/16	248	1	4000	2	r1	88v	69	0.025	4000	2	103	0.017	4000	2	16	A325	18	49	0.035
10	1114	HIP	EA2X2X3/16	248	1	4030	2	r1	88v	69	0.033	4030	2	103	0.022	4030	2	16	A325	18	49	0.046
10	1115	HIP	EA2X2X3/16	248	1	5020	2	r1	88v	69	0.025	5020	2	103	0.017	5020	2	16	A325	18	49	0.035
10	1117	HIP	EA2X2X3/16	248	1	4050	2	r1	88v	69	0.034	4050	2	103	0.023	4050	2	16	A325	18	49	0.048
10	1118	HIP	EA2X2X3/16	248	1	5040	1	r1	88v	69	0.019	4000	1	103	0.014	4000	1	16	A325	18	49	0.029
10	1120	HIP	EA2X2X3/16	248	1	4000	2	r1	88v	69	0.035	4000	2	103	0.023	4000	2	16	A325	18	49	0.049
10	1109	FBR	EA2X2X3/16	248	1	4020	2	r4	176v	23	0.072	4020	2	103	0.016	4020	2	16	A325	18	49	0.034
10	1110	FBR	EA2X2X3/16	248	1	4000	2	r4	176v	23	0.066	4000	2	103	0.015	4000	2	16	A325	18	49	0.031
10	1111	FBR	EA2X2X3/16	248	1	4020	2	r4	176v	23	0.072	4020	2	103	0.016	4020	2	16	A325	18	49	0.034
10	1015	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	5060	18	r1	70v	101	0.177	4030	20	130	0.153	4030	20	13	A325	18	31	0.632
10	1016	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4030	23	r4	132v	52	0.438	5060	20	130	0.155	4030	23	13	A325	18	31	0.725
10	1017	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4030	15	r4	145v	43	0.358	5060	14	130	0.109	4030	15	13	A325	18	31	0.490
10	1018	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	5060	11	r1	70v	101	0.105	4030	12	130	0.089	4030	12	13	A325	18	31	0.369
10	1019	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	5010	18	r1	70v	101	0.176	4050	21	130	0.158	4050	21	13	A325	18	31	0.655
10	1020	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4050	24	r4	132v	52	0.453	5010	20	130	0.154	4050	24	13	A325	18	31	0.751
10	1021	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4050	16	r4	145v	43	0.367	5010	14	130	0.108	4050	16	13	A325	18	31	0.503
10	1022	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	5010	10	r1	70v	101	0.103	4050	12	130	0.091	4050	12	13	A325	18	31	0.377
10	1055	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	5020	18	r1	70v	101	0.179	4050	20	130	0.157	4050	20	13	A325	18	31	0.650
10	1056	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4050	23	r4	132v	52	0.450	5010	20	130	0.152	4050	23	13	A325	18	31	0.746
10	1057	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4050	18	r4	145v	43	0.408	5020	15	130	0.117	4050	18	13	A325	18	31	0.559
10	1058	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	5020	12	r1	70v	101	0.117	4050	13	130	0.104	4050	13	13	A325	18	31	0.429
10	1059	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	5040	18	r1	70v	101	0.177	4000	20	130	0.155	4000	20	13	A325	18	31	0.642
10	1060	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4000	23	r4	132v	52	0.445	5040	20	130	0.155	4000	23	13	A325	18	31	0.737
10	1061	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	4000	17	r4	145v	43	0.388	5040	15	130	0.115	4000	17	13	A325	18	31	0.532
10	1062	RED	EA2.5X2.5X3/16	248	1	5040	11	r1	70v	101	0.112	4000	13	130								

ANEXO N° 18. Plano de presentación de torre modelo 1.



ANEXO N° 19. Plano de presentación de torre modelo 2



ANEXO N° 20. MStower V6.20.1.11 versión trial

